

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Tema: “EMISIÓN DE GASES Y SU RELACIÓN EN LA CALIDAD DEL AIRE DE
LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Trabajo de Investigación, previo a la obtención del Grado Académico de
Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

Autor: Ing. Laura Susana Cocha Telenchana

Director (a): Ing. Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto PhD.

Ambato – Ecuador

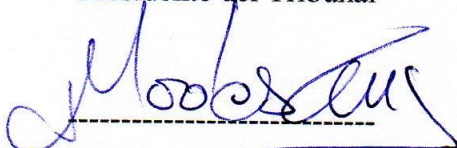
2017

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

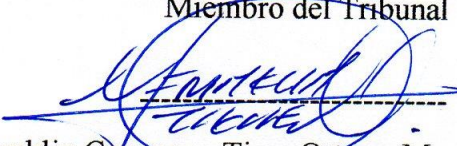
El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magíster, e integrado por los señores: Ingeniero Luis Alberto Morales Perrazo, Magíster; Ingeniero Franklin Geovanny Tigre Ortega, Magíster; Ingeniero Víctor Rodrigo Espín Guerrero, Magíster; designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “EMISIÓN DE GASES Y SU RELACIÓN EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, elaborado y presentado por la señora Ingeniera Laura Susana Cocha Telenchana, para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Mg.
Presidente del Tribunal



Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg
Miembro del Tribunal



Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg
Miembro del Tribunal



Ing. Víctor Rodrigo Espín Guerrero, Mg
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

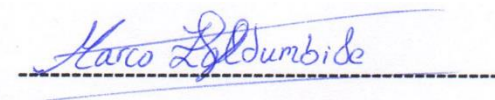
La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Investigación presentado con el tema: “EMISIÓN DE GASES Y SU RELACIÓN EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, le corresponde exclusivamente a: la Ingeniera Laura Susana Cocha Telenchana, Autora bajo la Dirección de Ingeniero, Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto, PhD, Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Laura Susana Cocha Telenchana

C.C. 180382791-2

AUTORA



Ing. Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto, PhD

C.C. 171090660-1

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Laura Susana Cocha Telenchana

C.C. 180382791-2

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
A la Unidad Académica de Titulación.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
AGRADECIMIENTO.....	xiv
DEDICATORIA	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
EXECUTIVE SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1 El PROBLEMA.....	3
1.1 Tema de investigación.....	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.2 Análisis crítico.....	8
1.2.3 Prognosis	9
1.2.4 Formulación del problema	10
1.2.5 Interrogantes.....	10
1.2.6 Delimitación del objetivo de la investigación	10
1.3 Justificación.....	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo general	12
1.4.2 Objetivo específicos	12
CAPÍTULO II	13
2 MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes investigativos	13
2.2 Fundamentación filosófica	15
2.3 Fundamentación legal	15

2.4	Fundamentación teórica	19
2.4.1	Categorías fundamentales.....	19
2.4.2	Contaminación ambiental.....	22
2.4.3	Contaminación del aire.....	22
2.4.4	Factores que influyen en la contaminación atmosférica.	29
2.4.5	Contaminantes del aire	30
2.4.6	Contaminantes criterio y no convencionales.....	32
2.4.7	Características de los contaminantes principales del aire	32
2.4.8	Otros efectos de la contaminación atmosférica.....	42
2.4.9	Principales repercusiones económicas de la contaminación del aire	43
2.4.10	La calidad del aire ambiente.....	44
2.4.11	Niveles de contaminación	46
2.4.12	Monitoreo atmosférico	47
2.4.13	Metodologías para monitoreo atmosférico.....	48
2.4.14	Norma Nacional de calidad del aire y Guías Internacionales	52
2.5	Hipótesis.....	54
2.6	Señalamiento de Variables	55
CAPÍTULO III.....		56
3	METODOLOGÍA	56
3.1	Modalidad básica de la investigación.....	56
3.2	Tipos o niveles de investigación	57
3.3	Población y muestra	59
3.4	Operacionalización de variables.....	60
3.5	Recolección de la información	62
3.6	Procesamiento de la información	63
3.6.1	Revisión crítica de la información recogida.....	63
3.6.2	Tabulación, estudio estadístico y revaloración de datos.	68
CAPÍTULO IV.....		71
4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.1	Información de la zona de estudio.....	71

4.1.1	Ubicación geográfica y localización de las estaciones de monitoreo	73
4.2	Análisis de los resultados de calidad del aire	77
4.2.1	Estadística descriptiva de dióxido de azufre (SO ₂).	77
4.2.2	Estadística descriptiva de dióxido de nitrógeno (NO ₂)	82
4.3	Análisis de varianza del dióxido de azufre (SO ₂) y dióxido de nitrógeno (NO ₂)	94
4.4	Conteo vehicular	99
4.5	Concentraciones horarias estimadas en la ciudad de Riobamba	104
4.6	Correlación movilidad vehicular Vs concentración horaria de 07H00 a 20H00 horas	112
4.7	Tendencia de la contaminación en la zona de estudio.....	114
4.8	Distribución de la contaminación de SO ₂ y NO ₂ por punto de monitoreo....	115
4.8.1	Verificación de la hipótesis	122
CAPÍTULO V		127
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
5.1	Conclusiones	127
5.2	Recomendaciones.....	130
CAPÍTULO VI.....		132
6	PROPUESTA	132
6.1	Datos informativos	132
6.2	Antecedentes de la propuesta	133
6.3	Justificación.....	135
6.4	Objetivos	136
6.4.1	Objetivo general	136
6.4.2	Objetivos específicos.....	136
6.5	Análisis de factibilidad.....	137
6.5.1	Política.....	137
6.5.2	Organizacional.....	137
6.5.3	Socio Cultural.....	137
6.5.4	Económica.....	138

6.6	Fundamentación legal	138
6.7	Fundamentación Científico – Técnica.....	140
6.8	Metodología, modelo operativo	141
6.9	Estrategia para el monitoreo en la ciudad de Riobamba	143
6.9.1	Definición de los objetivos del monitoreo atmosférico.....	143
6.9.2	Definición de los parámetros ambientales.....	143
6.9.3	Definición del número y sitios de muestreo	144
6.9.4	Determinación de tiempos de muestreo	148
6.9.5	Selección del equipo o técnica de monitoreo y método de medición	149
6.9.6	Cobertura espacial y territorial de la red de monitoreo atmosférico propuesto	151
6.9.7	Características del rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire	153
6.10	Tipo de Financiamiento.....	155
6.11	Responsables directos	155
6.12	Beneficiarios.....	156
6.13	Procedimiento para el monitoreo de la calidad del aire ambiente.....	156
6.14	Plan de Acción	206
6.14.1	Administración de la propuesta.....	207
6.15	Plan y seguimiento de la propuesta	208
	BIBLIOGRAFÍA.....	209
	ANEXOS.....	213
	ANEXO A. Guías de la entrevista	214
	ANEXO B. Formato conteo vehicular (Riobamba).....	222
	ANEXO C. Fotos conteo vehicular.....	228

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de la gasolina y parámetros del diésel.....	26
Tabla 2. Niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire.	46
Tabla 3. Límites máximos permisibles de los contaminantes convencionales	52
Tabla 4. Límites máximos permisibles de los contaminantes no convencionales	53
Tabla 5. Valores guía de la OMS para contaminantes criterio	53
Tabla 6. Valores guía para contaminantes no cancerígenos recomendados por la OMS	54
Tabla 7. Unidades de observación	59
Tabla 8. Operacionalización de la variable independiente.....	60
Tabla 9. Operacionalización de la variable dependiente.....	61
Tabla 10. Recolección de la información.....	62
Tabla 11. Comparación de SO ₂ (µg/m ³) con la Norma y Guías de la OMS.....	81
Tabla 12. Comparación de NO ₂ (µg/m ³) con Norma Nacional y Guía Internacional	86
Tabla 13. Comparación de Benceno (µg/m ³) con la Norma Nacional.....	89
Tabla 14. Concentración de Tolueno (µg/m ³).....	91
Tabla 15. Concentración de Xileno (µg/m ³)	92
Tabla 16. Concentración de Etilbenceno (µg/m ³).....	94
Tabla 17. Análisis de varianza por estaciones de dióxido de azufre (SO ₂).....	95
Tabla 18. Análisis de varianza del dióxido de azufre (SO ₂) en el período de monitoreo	96
Tabla 19. Análisis de Tuckey por año de dióxido de azufre (SO ₂).....	96
Tabla 20. Análisis de Varianza de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en el período de monitoreo	97
Tabla 21. Análisis de varianza por estaciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	98
Tabla 22. Prueba Tuckey para estaciones de dióxido de nitrógeno (NO ₂)	98
Tabla 23. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO ₂) y dióxido de azufre (SO ₂) en el sector norte	112
Tabla 24. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO ₂) y dióxido de azufre (SO ₂) en el sector centro	113

Tabla 25. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO ₂) y dióxido de azufre (SO ₂) en el sector sur	113
Tabla 26. Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas.	146
Tabla 27. Número de estaciones propuestas de muestreo de la calidad del aire.....	146
Tabla 28. Período de medición.....	149
Tabla 29. Técnicas de monitoreo atmosférico	150
Tabla 30. Métodos de medición de concentraciones de contaminantes.....	151
Tabla 31. Sitios de ubicación de las estaciones propuestas	155
Tabla 32. Contaminantes y métodos de medición	206
Tabla 33. Seguimiento y evaluación	208

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problema.....	7
Figura 2. Categorías fundamentales.....	19
Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente	20
Figura 4. Constelación de ideas de la variable dependiente.....	21
Figura 5. Muestreadores Pasivos.....	49
Figura 6. Zona de estudio y localización de los puntos de monitoreo atmosférico	74
Figura 7. Estación R-Norte-AME	75
Figura 8. Estación R-Centro.....	76
Figura 9. R-Sur-EMAPAR.....	76
Figura 10. Promedio anual de dióxido de azufre (SO ₂) µg/m ³ en R-Norte-AME	78
Figura 11. Promedio anual de dióxido azufre (SO ₂) µg/m ³ en R-Centro.	79
Figura 12. Promedio anual de dióxido de azufre (SO ₂) µg/m ³ en R-Sur-EMAPAR. .	80
Figura 13. Promedio anual de dióxido de nitrógeno (NO ₂) µg/m ³ en R-Norte-AME	83
Figura 14. Promedio anual de dióxido de nitrógeno (NO ₂) µg/m ³ en R-Centro.....	84
Figura 15. Promedio de dióxido de nitrógeno (NO ₂) µg/m ³ en R-Sur-EMAPAR	85
Figura 16. Concentración de Ozono (O ₃) µg/m ³	87
Figura 17. Concentración de Benceno (µg/m ³).....	88
Figura 18. Promedios anuales de Tolueno (µg/m ³).....	90
Figura 19. Concentración de Xileno (µg/m ³).....	92
Figura 20. Concentración de Etilbenceno (µg/m ³).....	93
Figura 21. Flujo Vehicular de un día regular	100
Figura 22. Flujo Vehicular de un día feriado	102
Figura 23. Flujo vehicular de un día de vacación	103
Figura 24. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en un día regular	105
Figura 25. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en un día feriado	107
Figura 26. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO ₂) en un día de vacación.....	108
Figura 27. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO ₂) en un día regular	109
Figura 28. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO ₂) en un día feriado.....	110

Figura 29. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO ₂) en un día de vacación	111
Figura 30. Tendencia de la contaminación de dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	114
Figura 31. Tendencia de la contaminación de dióxido de azufre (SO ₂).....	115
Figura 32. Distribución de la contaminación de SO ₂ en el sector R-Norte-AME.....	116
Figura 33. Distribución de la contaminación de NO ₂ en el sector R-Norte-AME....	117
Figura 34. Distribución de la contaminación de SO ₂ en el sector R-Centro	118
Figura 35. Distribución de la contaminación de NO ₂ en el sector R-Centro	119
Figura 36. Distribución de la contaminación de SO ₂ en el sector R-Sur EMAPAR. 120	
Figura 37. Distribución de la contaminación de NO ₂ en el sector R-Sur-EMAPAR 121	
Figura 38. Distribución de probabilidad de (NO ₂).....	123
Figura 39. Distribución de Probabilidad (SO ₂).....	125
Figura 40. Diagrama de actividades para el rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire.....	142
Figura 41. Propuesta de rediseño de la red de monitoreo atmosférico en Riobamba	152

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme siempre en cada paso que doy.

A mis a mis amigos por su apoyo incondicional para cumplir con esta meta.

Al Ing. Marco A. Zaldumbide V. PhD, Director del proyecto, por su ayuda en la finalización de la investigación.

Al GAD del Municipio de Riobamba, por la apertura brindada para la realización de la investigación.

DEDICATORIA

A Dios, que me concede la vida,
salud y fortaleza para continuar
superándome cada día.

A mis padres y hermanos por
apoyarme siempre.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA
E INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

TEMA: “EMISIÓN DE GASES Y SU RELACIÓN EN LA CALIDAD DEL AIRE
DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

AUTOR: Ing. Laura Susana Cocha Telenchana

DIRECTOR: Ing. Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto PhD

FECHA: 2 de Mayo del 2017

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se basa en un análisis de la emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba por medio de la cuantificación de los niveles de concentraciones de los gases dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos, (BTEX) y ozono (O₃) registrados mediante el monitoreo pasivo desde el año 2008 al 2016 en tres estaciones existentes, obteniendo como resultados del análisis que el promedio de SO₂, NO₂, tolueno, xileno y etilbenceno en todos los años de monitoreo no registra un índice mayor al establecido en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, ni supera los estándares establecidos en las Guías de la Organización Mundial para la Salud, en el caso del Benceno, se registró los máximos valores en el año 2009, con una concentración de 6,86 µg/m³ en la estación R-Norte-AME (noroeste de la ciudad) y de 8,36 µg/m³, en la estación R-Sur-EMAPAR (sureste de la ciudad) la más alta del período de monitoreo, superando la norma que establece la legislación Ecuatoriana que es de 5 µg/m³. La importancia del estudio radica en plantear alternativas de prevención y control que permitan mejorar la calidad del aire para lo cual que se plantea un posible

rediseño de la red de monitoreo, que fortalece, amplía la cobertura espacial y territorial del monitoreo atmosférico, proporcionado información base para una gestión adecuada en el recurso aire.

Descriptor: Contaminación del aire, monitoreo atmosférico, monitoreo pasivo, calidad del aire, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, tendencias de contaminación, dispersión de la contaminación, guía de monitoreo atmosférico, red de monitoreo atmosférico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

THEME:

“GAS EMISSION AND ITS RELATIONSHIP TO AIR QUALITY OF THE URBAN
AREA OF THE CITY OF RIOBAMBA”

AUTHOR: Ing. Laura Susana Cocha Telenchana

DIRECTED BY: Ing. Marco Antonio Zaldumbide Verdezoto PhD

DATE: May 2, 2017

EXECUTIVE SUMMARY

The present investigation is based on an analysis of the emission of gases and their relation in the air quality of the urban zone of the city of Riobamba by means of the quantification of the concentration levels of sulfur dioxide (SO₂) gases, Nitrogen dioxide (NO₂), benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes, (BTEX) and ozone (O₃) recorded by passive monitoring from 2008 to 2016 in three existing stations, obtaining as analysis results that the average SO₂, NO₂, toluene, xylene and ethylbenzene in all years of monitoring does not record an index greater than that established in the Ecuadorian Standard of Air Quality, nor does it exceed the standards established in the Guidelines of the World Health Organization, in the case of Benzene, the maximum values were recorded in 2009, with a concentration of 6.86 µg / m³ at the R-Norte-AME station (northwest of the city) and 8.36 µg / m³ at the R-Sur-EMAPAR (southeast of the city) the highest of the monitoring period, surpassing the norm established by the Ecuadorian legislation that is 5 µg / m³. The importance of the study lies in proposing alternatives for prevention and control to improve air quality, which involves a possible redesign of the monitoring network, which strengthens, broadens the spatial

and territorial coverage of atmospheric monitoring, provides basic information for proper management in the air resource.

Keywords: Air pollution, atmospheric monitoring, passive monitoring, air quality, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, pollution trends, pollution dispersion, atmospheric monitoring guide, atmospheric monitoring network.

INTRODUCCIÓN

El Trabajo de investigación tiene como tema: Emisión de Gases y su relación en la Calidad del Aire de la Zona Urbana de la Ciudad de Riobamba. Su importancia radica en el análisis de las concentraciones de los gases contaminantes monitoreados en aire ambiente en la ciudad, identificando los niveles máximos de contaminación comparando con límites o estándares permisibles establecidos para Calidad de Aire Ambiente con la finalidad de proponer acciones en beneficio de la población, preservando la salud y calidad del aire.

Está estructurado por capítulos: EL CAPÍTULO I.- EL PROBLEMA contiene la contextualización que se basa en estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que indican la problemática a nivel mundial de la contaminación y efectos en las ciudades; el capítulo abarca el análisis crítico, la prognosis, la formulación del problema, interrogantes de la investigación, delimitación del objeto de la investigación, justificación y los objetivos general y específicos.

El CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO, compuesto por los antecedentes investigativos de contaminación del aire; la fundamentación filosófica, fundamentación legal, categorías fundamentales descrito de acuerdo a la red de inclusiones conceptuales y la constelación de ideas de las variables dependiente e independiente; hipótesis y señalamiento de variables de la investigación.

El CAPÍTULO III.- METODOLOGÍA, que describe la modalidad básica de la investigación, el nivel o tipo de investigación, población y muestra, operacionalización de las variables independiente y dependiente, el plan de recolección así como el de procesamiento de la información.

El CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, conformado por el análisis de las concentraciones de contaminación del aire, por la identificación de los niveles máximos registrados en los sectores de estudio, interpretación de datos y la verificación de hipótesis.

El CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, contiene las conclusiones del resultado de la investigación y las recomendaciones con el objetivo de mejorar y/o preservar la gestión en la calidad del aire de la Ciudad de Riobamba.

El CAPÍTULO VI.- LA PROPUESTA, conformada por los datos informativos, los antecedentes de la propuesta, la justificación, los objetivos general y específicos de la propuesta, el análisis de factibilidad, la fundamentación científico-técnica, la metodología, la administración de la propuesta.

Finalmente se indica la bibliografía utilizada y los anexos de mayor relevancia de la investigación.

CAPÍTULO I

EI PROBLEMA

1.1 Tema de investigación

Emisión de Gases y su relación en la Calidad del Aire de la Zona Urbana de la Ciudad de Riobamba.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

La contaminación ambiental es la presencia en el ambiente de agentes físico, químico, biológico o de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos (Chile, Instituto de Salud Pública de Chile, 2016).

La contaminación atmosférica es la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Siempre ha existido contaminación atmosférica de origen natural, por erupciones volcánicas, incendios, tormentas de arena, descomposición de la materia orgánica o polen (Aránquez, y otros, 1999).

La contaminación del aire representa un importante riesgo ambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Cuantos más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo (Salud O. M., Organización Mundial de la Salud, 2016).

La Organización Panamericana de la Salud manifiesta que la Calidad del Aire se está deteriorando en varias ciudades del mundo “Datos de las Américas sugieren que el 95% de los residentes en áreas urbanas de países de bajos y medianos recursos estarían expuestos a contaminación del aire que excede los niveles señalados por la OMS” (Salud O. P., 2014).

La calidad del aire en la mayoría de las ciudades del mundo que monitorean su contaminación atmosférica no alcanzan los niveles de seguridad señalados por los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que pone a las personas ante un riesgo adicional de enfermedades respiratorias y otros problemas de salud (Salud O. P., 2014).

La base de datos sobre la calidad del aire de la OMS cubre a 1600 ciudades a lo largo de 91 países y revela que más ciudades en el mundo están monitoreando la calidad del aire, lo cual refleja un reconocimiento creciente de los riesgos para la salud de la contaminación atmosférica. Sólo el 12% de las personas que viven en ciudades que reportan sobre la calidad del aire, residen en ciudades que cumplen con los niveles aceptados por las Directrices de la OMS sobre Calidad del Aire. Cerca de la mitad de la población urbana que está siendo monitoreada está expuesta a contaminación atmosférica que es al menos 2,5 veces más alta que los niveles recomendados por la

OMS, lo cual supone un riesgo adicional y a largo plazo para su salud (Salud O. M., Organización Mundial de la Salud, 2016).

En Ecuador las primeras normas de calidad del aire se expidieron en 1980, el 2003 se incluyeron los límites de emisiones y desde el mismo año se implementó una Ley ambiental en la cual se regula los parámetros de calidad del aire y emisiones.

Ecuador empezó a medir la calidad de su aire, como parte de Panaire, una red promovida por la Organización Panamericana de la Salud, Quito estableció una red de monitoreo en el 2003 con Corpaire. En Cuenca como Cuencaire con el objetivo de poner en marcha un sistema de revisión vehicular.

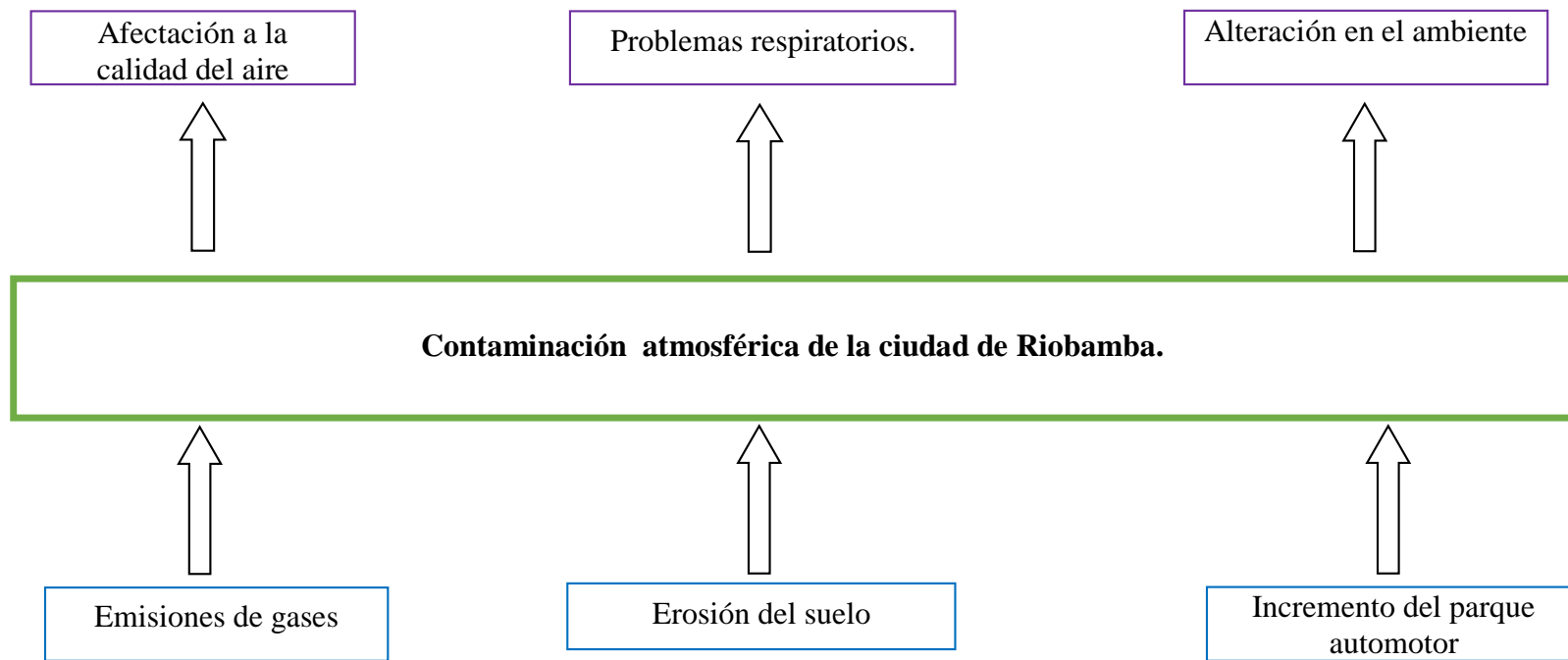
La gestión de la calidad del aire en el país tiene como referente la ciudad de Quito, como resultado de la problemática de la contaminación en la ciudad. La red de monitoreo dispone de información validada mediante respaldo procedimental y documental, compuesta por seis subsistemas que registran la concentración de los contaminantes del aire, las principales variables meteorológicas y ruido ambiental.

En Riobamba, el GAD Municipal de la ciudad en colaboración con varias instituciones ha emprendido estudios relacionados con el medio ambiente, así, en convenio interinstitucional entre la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Universidad Nacional de Chimborazo y el Parque Industrial Riobamba, en el año de 1999 emprendieron un estudio de difusión de contaminantes aéreos en el Parque Industrial Riobamba (Haro, 2016).

Desde el año 2008 se realiza el monitoreo de algunos contaminantes atmosféricos como son SO₂, NO₂ y BTEX, material particulado, PM₁₀, partículas sedimentables en convenio con la Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito.

Sin embargo, a pesar de los resultados obtenidos como línea base del primer año de monitoreo en lo que respecta a los gases (SO₂, NO₂, BTEX) y el problema que puede ser los altos niveles de contaminantes de los parámetros que se han monitoreado en ciudad, hasta la fecha no se conocen a ciencia cierta los niveles que se generan de contaminación.

Figura 1. Árbol de problema



Nota: Muestra la Relación Causa - Efecto de la Contaminación atmosférica en Riobamba
Elaborado por: Investigador, 2016

1.2.2 Análisis crítico

La contaminación atmosférica por dióxido de azufre, ozono, dióxido de nitrógeno, partículas en suspensión, tiene importantes repercusiones en la salud. El aire limpio es uno de los requisitos básicos de la salud y el bienestar humano, sin embargo, la contaminación atmosférica sigue suponiendo una importante amenaza para la salud en todo el mundo.

La OMS estima que un 72% de las defunciones prematuras relacionadas con la contaminación del aire exterior en 2012 se debieron problemas respiratorios como, cardiopatía isquémica y accidente cerebrovascular, mientras que un 14% se debieron a neumopatía obstructiva crónica o infección aguda de las vías respiratorias inferiores, y un 14% a cáncer de pulmón (Salud O. M., Organización Mundial de la Salud, 2005). Una evaluación de 2013 realizada por el Centro Internacional de Investigaciones sobre la temática de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia de la enfermedad en vías urinarias y vejiga (Salud O. M., Organización Mundial de la Salud, 2016).

Según una evaluación de la carga de morbilidad debida a la contaminación atmosférica hecha por la OMS, cada año se producen más de 2 millones de muertes prematuras atribuibles a los efectos de la contaminación atmosférica urbana y de la contaminación del aire de interiores (causada por la utilización de combustibles sólidos). Más de la mitad de esa carga recae sobre la población de los países en desarrollo.

La preservación ambiental, es uno de los aspectos fundamentales para lograr el desarrollo sustentable en las diferentes actividades del ser humano, y a pesar de ser un

problema muy serio que afecta a las actividades normales del hombre, en los últimos años ha concitado la atención a nivel mundial y particularmente en la ciudad de Riobamba.

Debido a la importancia de vivir en ambiente sano, a los episodios de erupción volcánica del Tungurahua, al incremento del parque automotor, a las actividades industriales es imprescindible conocer los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos a los que está expuesta la población, determinando así la calidad del aire lo cual permite proponer alternativas de solución para preservar la salud de las personas, y del ambiente en general en la ciudad.

1.2.3 Prognosis

De continuar con las emisiones de gases: SO₂, NO₂ y BTX, los niveles de riesgo al que está expuesto la población se incrementarían sustancialmente, debido a la no contemplación o adopción de medidas que de acuerdo a los niveles de calidad de aire que se presentan.

De continuar con el incremento del parque automotor, las emisiones gaseosas también se elevan, y, siendo este la principal fuente antropogénica de la emisión de NO₂, SO₂ y Benceno, daría lugar a inflamación del sistema respiratorio, provocan tos, secreción mucosa y agravamiento del asma y la bronquitis crónica, aumenta la propensión de las personas a contraer infecciones del sistema respiratorio. En el caso del dióxido de nitrógeno, a que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumenten con la exposición prolongada, y la disminución del desarrollo de la función pulmonar. El dióxido de azufre puede afectar al sistema respiratorio y las funciones pulmonares, y causa irritación ocular.

El benceno es un contaminante con efectos tóxicos y/o cancerígenos (Norma Ecuatoriana de calidad del Aire, libro VI anexo 4, p.4).

De persistir el desconocimiento de los niveles de contaminación de estos gases en la atmosfera de la ciudad conlleva a que no se pueda realizar una gestión adecuada en este aspecto ambiental por parte de las autoridades de control para preservar y/o mejorar la calidad del aire al que está expuesto los habitantes de la ciudad.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cuáles son los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad de Riobamba?

1.2.5 Interrogantes

Con el objeto de dar respuestas a la premisa anteriormente planteada se formulan las siguientes preguntas que servirán de guía a la investigación:

¿Cuáles son las fuentes de emisión de gases en la zona urbana de la ciudad de Riobamba?

¿Cuál es el estado de la calidad del aire en la zona urbana de la ciudad de Riobamba?

¿Existen alternativas de solución a la problemática planteada?

1.2.6 Delimitación del objetivo de la investigación

Campo: Ambiente

Área: Contaminación Ambiental

Aspecto: Calidad del Aire

Delimitación espacial: Zona Urbana de la Ciudad de Riobamba

Delimitación temporal: Segundo Semestre del Año 2016

Unidades de observación

- Jefe del Departamento de Gestión Ambiental
- Técnico Responsable del Monitoreo de la Calidad del Aire
- Técnico Responsable del Análisis de laboratorio

1.3 Justificación

La contaminación atmosférica se presenta principalmente en centros urbanos e industriales, motivo por el cual es necesario implementar estrategias de control y monitoreo de la calidad del aire, con el fin de proteger el ambiente y la salud de sus habitantes. En la ciudad de Riobamba, los efectos de las afecciones producidas en la atmósfera se sienten ya que en zonas de alta circulación vehicular y donde se ubican las industrias, presenta indicios de contaminación atmosférica puntual, lo cual se empeora debido a procesos contaminantes naturales como los producidos por la erupción del volcán Tungurahua y la erosión de los suelos que lo rodean, esto afecta la salud de sus habitantes y la calidad ambiental de la ciudad, por lo que es de gran **importancia** analizar los gases contaminantes mediante monitoreos que permitan tomar las acciones necesarias y a su vez planificar medidas en beneficio de la población, preservando la salud y calidad del aire ambiente en general, lo que conllevará a un impacto en la Gestión Ambiental de las Autoridades Administrativas y de control de la ciudad.

Riobamba viene monitoreando el aire ambiente desde el año 2008, en el año 2009 se obtuvo un diagnóstico línea base de la emisión de gases contaminantes, sin embargo desde ese entonces no se conocen los resultados obtenidos, el **interés** radica en que el presente trabajo permita conocer los niveles de contaminación del aire ocasionados por los contaminantes SO₂, NO₂ y BTEX, ya que permitirá que la Gestión del GAD de Riobamba continúe y que de paso a la implementación de las medidas acordes a los resultados obtenidos.

Este proyecto es **factible** de realizarse porque se cuenta con los conocimientos del investigador, la bibliografía necesaria y el asesoramiento de profesionales con conocimientos en el tema y con experiencia en monitoreo de calidad del aire en otras ciudades y en la misma ciudad de Riobamba.

De este trabajo investigativo será **beneficiario** el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, que obtendrá un sustento para continuar con la Gestión Ambiental con miras a precautelar un ambiente sano para la ciudad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Analizar la emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

1.4.2 Objetivo específicos

- Cuantificar los niveles de concentración de los gases.
- Establecer las fuentes de emisión de gases en la zona urbana de ciudad de Riobamba.
- Plantear alternativas de solución que permitan mejorar la calidad del aire en la Ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Para el presente trabajo investigativo se basa en Normas Nacionales e Internacionales y otros documentos relacionados con la contaminación del aire que permitan conocer el estado de la calidad del aire y los potenciales efectos causados por la contaminación.

A nivel internacional, el artículo científico publicado por Scielo México con el tema “Calidad del aire y su incorporación en la planeación urbana: Mexicali, Baja California, México”, elaborado por Elva Corona, Rosa Rojas, concluye principalmente que “ El tema de la calidad del aire asociado a los asentamientos humanos y los aspectos inherentes al mismo, requiere ser tratado integralmente en los distintos niveles institucionales, jurídicos, normativos y sociales, ya que su postergación puede no sólo consentir la sobreexplotación de recursos naturales, sino también la descoordinación, duplicación e imprecisión de tareas tanto en la planeación como en la toma de decisiones, así como en el seguimiento y monitoreo de las acciones instrumentadas, lo que traería como consecuencia no sólo el retraso de medidas que pueden ser ya necesarias o urgentes, sino también la agudización de problemas como el de la contaminación atmosférica, amenazando drásticamente la calidad del aire y por ende la salud y el medio ambiente en general de los asentamientos humanos” (Corona Zambrano & Rojas Caldelas, 2009).

Al revisar bibliografía en el tema calidad del aire en el país, se considera el artículo científico publicado por la GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, cuyo tema es “Análisis y Revisión de la Red de Monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador”, elaborado por Rubén Jerves, Freddy Armijos (2016), y menciona en las conclusiones principalmente que: “De conformidad con la información recopilada de las características urbanas y meteorológicas de Cuenca, y con la caracterización de la actual red de monitoreo de calidad del aire de Cuenca, se establece: acorde al tamaño y población de la ciudad, la instalación de una sola estación automática en el centro de urbe, cumple la recomendación a escala urbana y con los requerimientos mínimos de monitoreo. Sin embargo, es suficiente contar con dos monitores activos PM10 a escala urbana” (Jerves & Armijos, 2016).

En el artículo publicado por la Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca, en el tema: “Contaminación del aire exterior. Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud”, elaborado por Elvira Palacios, Claudia Espinoza, en donde concluye: “Los valores de SO₂ y NO₂ en algunos puntos de medición superan el nivel de la guía de la OMS, pero los promedios no los exceden; Las evidencias científicas muestran asociación de la contaminación del aire exterior con daños en la salud, por lo que se requiere profundizar en el análisis del nivel de afección en los habitantes de la ciudad de Cuenca” (Palacios Espinoza & Espinoza Molina, 2014).

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo consta una tesis cuyo tema es: “Aplicación de un Modelo Matemático para determinar la difusión de contaminantes atmosféricos bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba” (2016), elaborado por Nelly Perugachi, entre las conclusiones principales manifiesta que: la caracterización meteorológica establece la dirección del viento, hacia el Suroeste (SW), lo que conlleva a que el contaminante en la ciudad de Riobamba sea trasladado en esa dirección; también determina que la estabilidad atmosférica

predominante en la zona de la ciudad de Riobamba es el estado neutro según la clasificación de Pasquill (Perugachi Cahueñas, 2016).

La importancia de este trabajo investigativo permite que las Autoridades de control implementen las acciones necesarias para prevención y vigilancia de la calidad del aire.

2.2 Fundamentación filosófica

Para realizar el trabajo se acoge los principios filosóficos del paradigma crítico propositivo. Según (Albert, 1997).

“La contaminación ambiental siempre ha existido pues, en parte, es inherente a las actividades del ser humano es importante prestar cada vez mayor atención, ya que han aumentado la frecuencia y gravedad de los incidentes de contaminación en todo el mundo y cada día hay más pruebas de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud...”(p.37).

Con la finalidad de explicar la importancia de los niveles de concentración de gases y su relación con la calidad del aire de la ciudad que muestran si estos están fuera de los límites máximos permisible establecido en las Normas.

2.3 Fundamentación legal

La investigación se sustentará en una estructura legal contemplada en:

Constitución del Ecuador 2008

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

los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El derecho al hábitat y vivienda

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

El Art. 66 reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza. El Art. 396 plantea que el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos.

De acuerdo al Art. 397, en caso de daños ambientales, el Estado deberá actuar de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas, y deberá establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental.

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

Tratados Internacionales

A nivel internacional existen una serie de tratados, de los cuales el Ecuador es suscriptor, y que son parte del marco normativo para la gestión de la calidad del aire.

Se enlistan estos tratados internacionales:

- Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.
- Protocolo de Montreal relativa a las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
- Protocolo de Kyoto, que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.

La Ley de Gestión Ambiental.

Establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Norma de la Calidad del aire

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, El anexo 4 del Libro VI, que tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general, indica en los artículos: 4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente y 4.1.5 Normas generales para concentraciones de contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos en el aire ambiente.

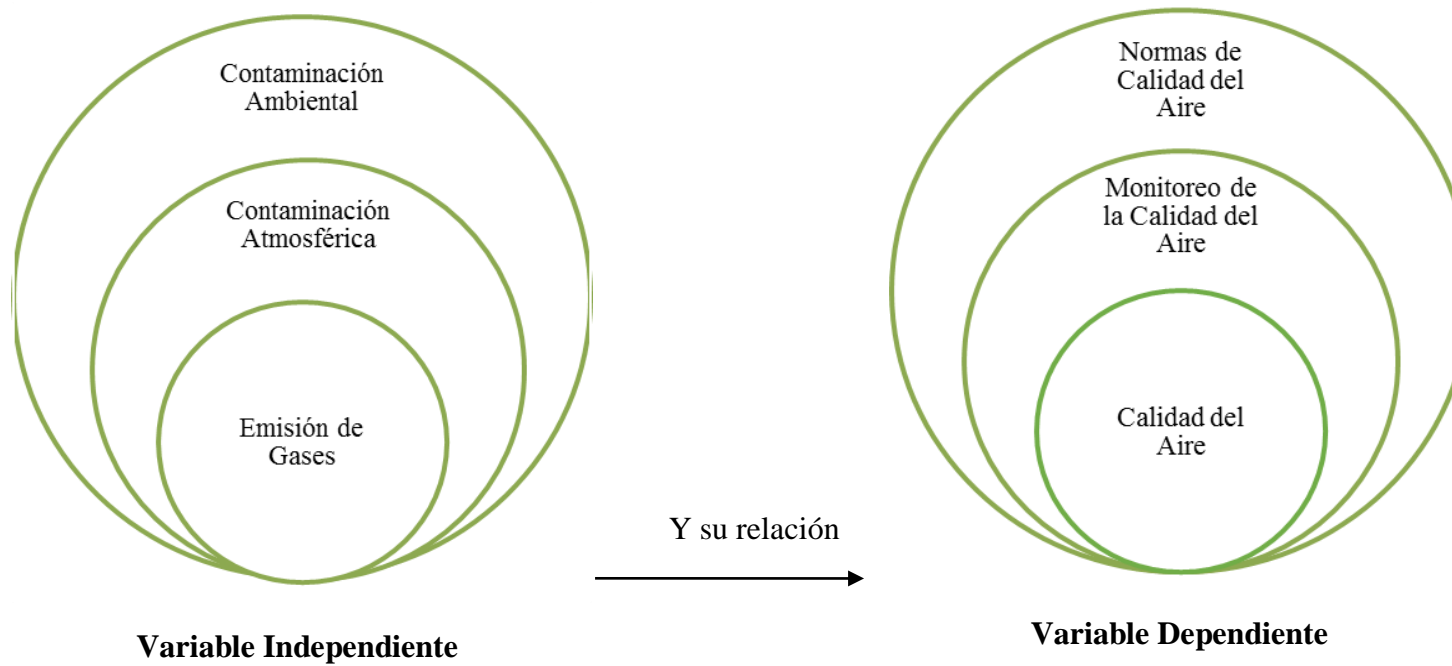
Guías de la Organización Mundial de la Salud

Guía para la calidad del aire creadas por la Organización Mundial de la Salud OMS con el objeto de ofrecer una orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud, recomendar, establece niveles de exposición de la población para reducir riesgos o evitar efectos nocivos.

2.4 Fundamentación teórica

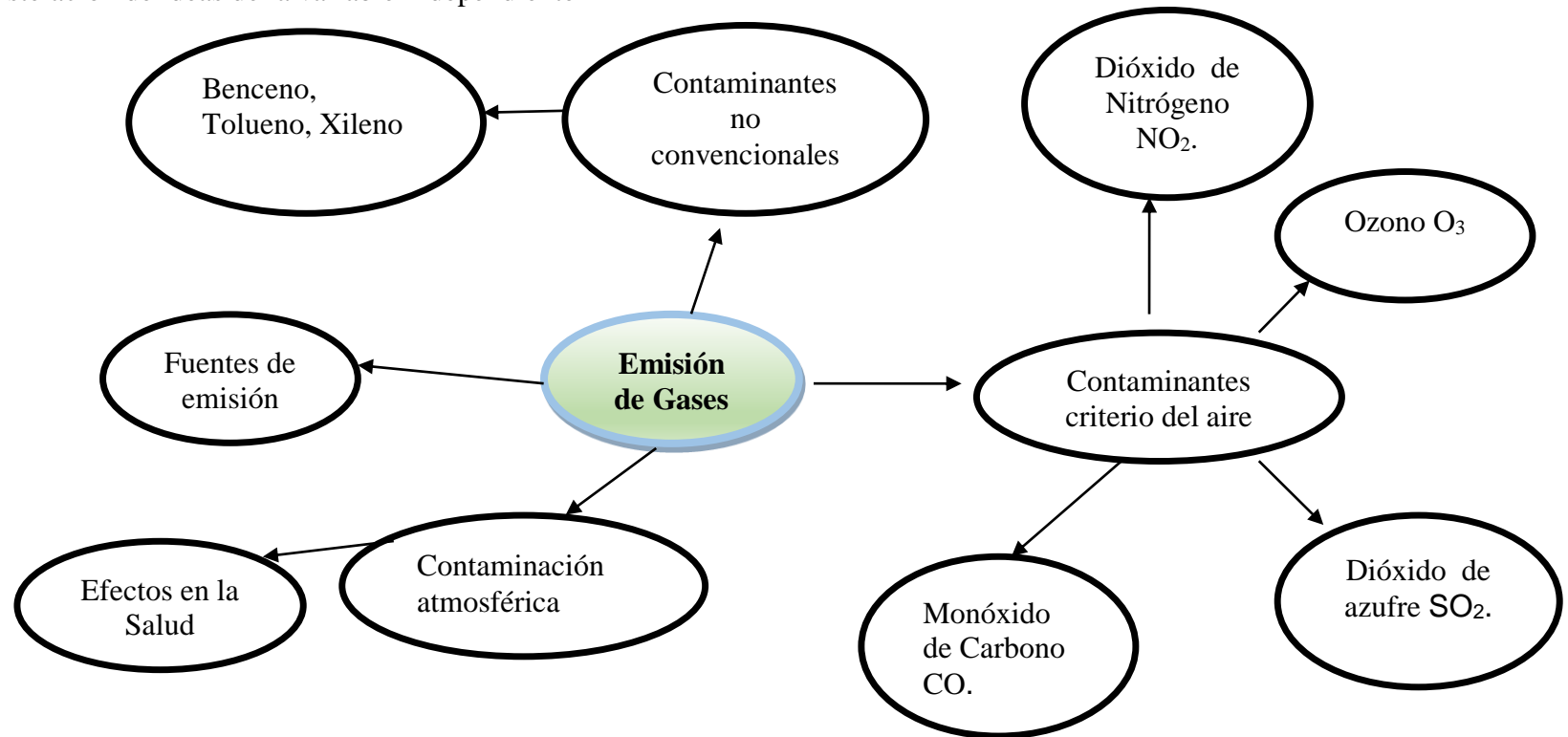
2.4.1 Categorías fundamentales

Figura 2. Categorías fundamentales



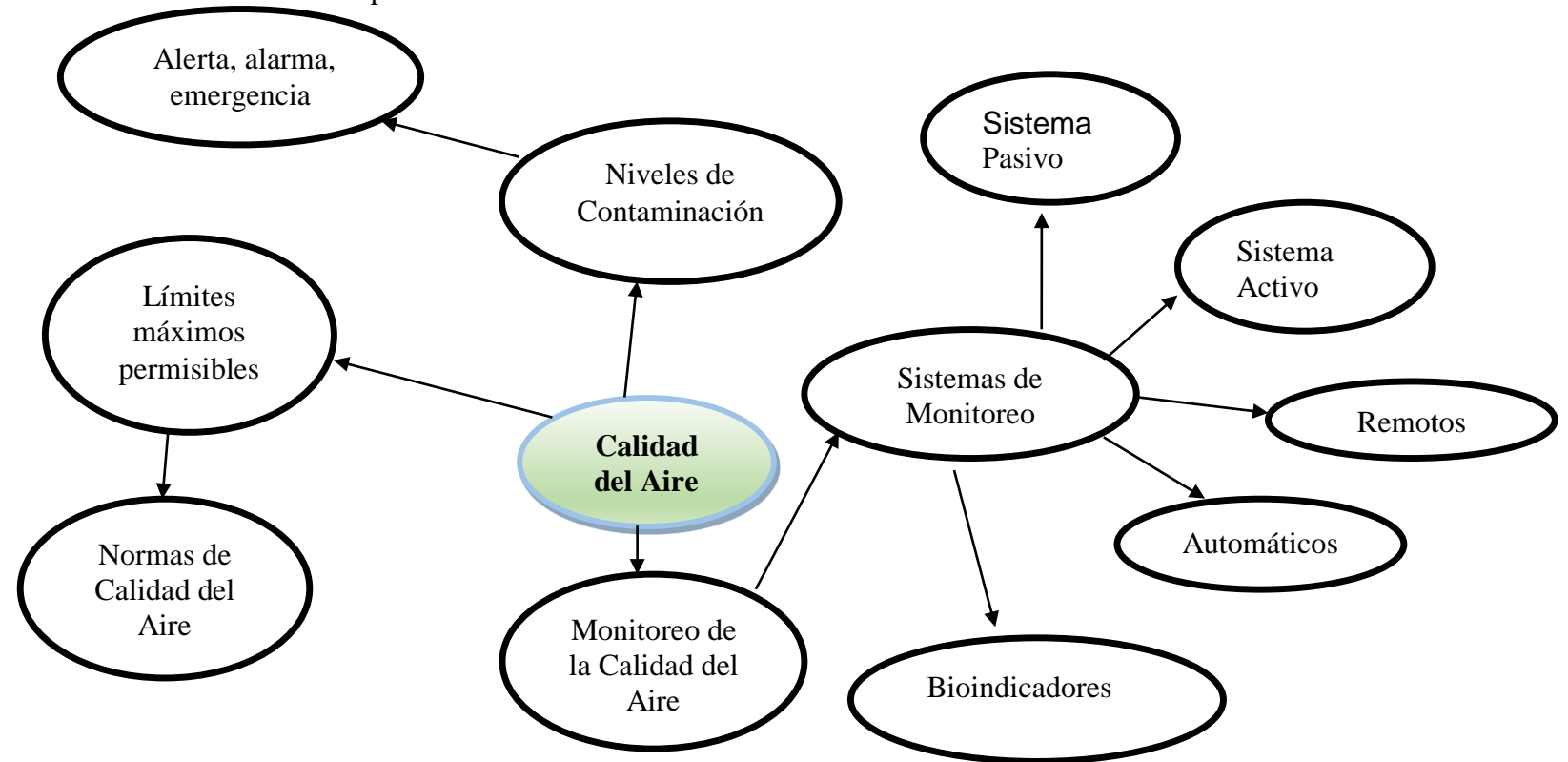
Nota: Permite explicar las variables de estudio
Elaborado por: Investigador, 2016

Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente



Nota: Indica las fuentes de emisión de los gases y tipos de contaminantes son los efectos en la salud
Elaborado por: Investigador, 2016

Figura 4. Constelación de ideas de la variable dependiente.



Nota: Muestra los límites permisibles de la calidad del aire y los métodos de monitoreo de calidad de aire
Elaborado por: Investigador, 2016

2.4.2 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se la define como “cualquier modificación indeseable del ambiente, causada por la introducción a este de agentes físicos, químicos o biológicos (contaminantes) en cantidades superiores a las naturales, que resulta nociva para la salud humana, daña los recursos naturales o altera el equilibrio ecológico” (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste , 2006).

2.4.3 Contaminación del aire

Según las definiciones de la legislación ambiental aprobada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, la Contaminación del aire se define, como la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente (Ministerio del Ambiente, 2012).

Principales fuentes de contaminación atmosférica

Por el origen, las fuentes de emisión se clasifican en: naturales (se debe a causas naturales) y antropogénicas (causadas por las actividades humanas).

Las Fuentes naturales: Resultan fundamentalmente de los volcanes, incendios forestales, descomposición de la materia orgánica en el suelo y en los océanos, presentando a causa de estos procesos contaminantes como partículas, óxidos de azufre; de los fuegos forestales los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, partículas; hidrocarburos y polen de las plantas vivas; metano, sulfuro de

hidrógeno de las plantas en descomposición; del suelo polvo, esporas, polen, bacterias, virus; del mar partículas de sal (Páez Pérez, 2008).

Fuentes antropogénicas de emisión. Esta clasificación tiene a su vez una división en dos grupos: fuentes móviles de emisión y fuentes fijas de emisión. Por lo general, se concentran las emisiones de los contaminantes en áreas urbanas e industriales.

- **Fuentes fijas:** Suelen clasificarse de acuerdo a las características físicas de la emisión en las siguientes: puntuales que son básicamente las chimeneas de los equipos de combustión grandes; superficiales, tales como los depósitos de combustibles y otros compuestos volátiles o los rellenos sanitarios; y dispersas, en el caso de canteras, incendios, procesos de trata de materiales, uso doméstico de solventes o combustibles.
- **Fuentes móviles:** En este caso el criterio que define sus emisiones está relacionado con el ciclo termodinámico bajo el cual operan Otto o Diésel, el criterio práctico de clasificación es el combustible que utilizan los vehículos, por lo que se habla de vehículos a diésel y a gasolina y vehículos movidos por combustibles alternativos.

La mayoría de vehículos pequeños o livianos operan a gasolina, mientras que los vehículos pesados (camiones, buses, trenes e incluso barcos) se mueven generalmente a diésel; el uso de vehículos con otros combustibles es todavía marginal en términos cuantitativos.

Una consideración especial merecen los vehículos que no operan en carreteras o calles, tales como aviones y equipo de mantenimiento y operación de puertos marítimos y fluviales y maquinaria agrícola, a las que se denominan fuentes móviles fuera de ruta (off-road) (Páez Pérez, 2008).

Combustibles y emisiones

La calidad de los combustibles influye significativamente en las emisiones y es importante también considerar dos elementos fundamentales que son la tecnología vehicular y las condiciones de manejo y mantenimiento de las unidades, es decir que un combustible de excelente calidad no es suficiente para reducir los impactos de las fuentes móviles sobre el aire, si es que se disponen de motores obsoletos a prácticas de conducción equivocadas (Páez Pérez, 2008).

Gasolina y diésel

La mayoría de los vehículos a nivel mundial usan gasolina y diésel como combustible y continuarán haciéndolo en el mediano plazo. Esta aseveración no desconoce ni desprecia los significativos avances en materia de combustibles alternativos sino que establece una visión realista del futuro.

El petróleo y su refinación.

El petróleo se origina a partir de la descomposición de organismos de origen vegetal o animal depositados en rocas sedimentarias en ambientes marinos o próximos a ellos, sometidos a enormes presiones y elevadas temperaturas. La palabra petróleo proviene del latín de los vocablos *petra* (piedra) y *óleum* (aceite), es decir, significa aceite de piedra.

En términos químicos, el petróleo al ser una mezcla de hidrocarburos contiene del 76 al 86% de carbono, del 10 al 14 % de hidrogeno y la diferencia, del 0 al 14% corresponde a contaminantes como el nitrógeno, azufre, el oxígeno, así como algunos metales como el sodio, níquel y vanadio, entre otros (Páez Pérez, 2008).

El petróleo se presenta en la naturaleza en un sin fin de características según su composición química o sus propiedades físicas; por lo que ha sido necesario desarrollar criterios para su clasificación orientados en función de las virtudes que tiene el crudo en la perspectiva de su refinación.

Una vez extraído del subsuelo, el petróleo crudo requiere pasar por un proceso de refinación para extraer los combustibles que se utilizan cotidianamente. Este proceso generalmente empieza por la destilación fraccionada, de acuerdo con los rangos de ebullición de los componentes. Las fracciones más ligeras pasan directamente a la producción de gasolina y diésel, por medio de procesos de desulfuración, aditivación y mezcla, para obtener las especificaciones de calidad requeridas. En cambio, las fracciones más pasadas, demandan otras fases más complejas para recuperar los compuestos utilizables y reducir el residuo (Páez Pérez, 2008).

Características de la gasolina y diésel

Al ser derivados del petróleo, la gasolina y el diésel están compuestos principalmente de hidrocarburos, la mayoría de ellos componentes naturales del crudo, con excepción de las oleofinas que se agregan en el proceso de refinación. A estas mezclas es común el aditarlas con una serie de sustancias como el plomo, los oxigenados y los detergentes, que tienen como finalidad incrementar la capacidad energética del combustible o minimizar los impactos de su uso en los motores. Todas estas sustancias afectan de una u otra manera a la calidad del aire a través de las emisiones vehiculares.

Tabla 1. Parámetros de la gasolina y parámetros del diésel

Parámetros de la gasolina	Parámetros del Diésel
Plomo	Densidad,
Benceno	Azufre,
Azufre	Cetano,
Aromáticos	Aromáticos
Oleofinas	Estabilidad (la capacidad del combustible de resistir la formación de gomas y productos de oxidación insolubles)
Alkilates	Pureza (se refiere a la ausencia de contaminación por agua y partículas),
COVs	
Oxígeno	
PVR (la prevención de vapor Reid, es una medida de la volatilidad de la gasolina),	
Aditivos.	

Nota: Parámetros que se consideran que afectan la calidad del aire a través de las emisiones vehiculares.

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente. Texto Gestión de la Calidad del Aire. 2008

La determinación de la calidad de estos combustibles requiere la caracterización de muchas propiedades físicas y químicas, sin embargo, es común destacar entre todas ellas dos indicadores principales, el octanaje y el cetano utilizados para caracterizar a la gasolina y diésel, respectivamente.

El número del octano u octanaje es una medida de la capacidad de la gasolina para resistir la auto-ignición o la detonación del motor. Es una propiedad innata del combustible, que puede ser mejorada a través de aditivos o de procesos de refinación. Los motores están afinados para ciertos valores de octano y menores niveles pueden causar que el motor se estanque o cascabelee con posibles daños severos en los pistones, anillos y válvulas.

El octanaje está relacionado con el contenido de oleofinas, que tienen compuestos con dobles alcances de carbono dentro de la mezcla.

El número de cetano es una medida de calidad de la ignición de diésel y está referida a la habilidad del combustible para reaccionar con el oxígeno bajo condiciones de explosión y, consecuentemente, posibilitar que el motor produzca su potencia. Un valor

elevado del número de cetano incrementara la capacidad del vehículo para arrancar en climas fríos y generar menores emisiones de HC y CO, así como ahorros en el consumo de combustible (Páez Pérez, 2008).

A nivel internacional existe un reconocimiento unánime de la necesidad de mejorar la calidad de los combustibles para mejorar el desempeño ambiental de los automotores, ya que ello tiene impacto no solo en una disminución directa de la cantidad y, muchas veces, la peligrosidad de las emisiones, sino que adicionalmente, mejores combustibles permiten la introducción de opciones tecnológicas de mayor eficiencia y control de la contaminación.

En el caso del Ecuador, lo más importante a destacar es el hecho de que el plomo fue eliminado completamente de las gasolinas en el año 1999, lo que permitió que desde el 2000 se introduzca como un requerimiento nuevo para los vehículos nacionales e importados, el contar con un convertidor catalítico que reduzca las emisiones vehiculares; también es importante señalar que desde el 2006, para Quito y desde el 2008 para Cuenca se distribuyó un diésel de menor contenido de azufre conocido como Premium (Páez Pérez, 2008).

En el 2012 se anunció una mejora en la calidad de la gasolina extra de 81 a 87 octanos, mientras que la súper pasaba de 90 a 92 octanos. Según el Boletín No 0148 emitido por el Ministerio de Hidrocarburos las gasolinas Extra y Súper, se mantienen sobre los 87 y 92 octanos y el contenido de azufre se encuentra en un promedio de 462 partes por millón (Ministerio de Hidrocarburos).

Efectos de la altitud en la combustión

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas, así como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste. La composición del aire afecta a la relación estequiométrica aire/combustible,

y como consecuencia, al volumen de los gases de combustión producidos, lo que se manifiesta en una disminución de la temperatura adiabática de llama y el factor de utilización del combustible cuando la combustión se realiza en localidades situadas en altura sobre el nivel del mar, con referencia a las combustiones en condiciones de presión normal.

La disminución de la presión atmosférica con la altitud, disminuye la concentración de los gases reaccionantes, lo que ocasiona que la reacción de combustión sea más lenta en comparación con la que se tiene a presión normal, y por lo tanto el flujo de energía desde el quemador hacia el medio circundante sea también menor. Debido a la reducción de la densidad de la mezcla aire/ combustible con la presión atmosférica, la potencia térmica de los quemadores atmosféricos se reduce. Puesto que existe una menor disponibilidad de oxígeno a medida que aumenta la altitud, la combustión se hace más lenta y la llama es más fría, y se pueden alcanzar límites críticos de emisiones de monóxido de carbono.

La menor disponibilidad de oxígeno en lugares de altura aumentará la presencia de inquemados y productos de combustión incompleta si no se toman medidas que aseguren un buen contacto aire/combustible, una cantidad suficiente de oxígeno para la combustión y el desarrollo de una combustión estable (Velasco Hurtado & Velasco Villarroel, 2014).

Lapuerta, Armas, Agudelo, & Sánchez, en el artículo denominado “Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna”, manifiesta que la altitud sobre el nivel del mar tiene un notable efecto sobre la densidad del aire y su composición. Dado que los motores de combustión interna tienen sistemas de admisión y de inyección de combustible volumétricos, la altitud modifica el ciclo termodinámico de operación, y en consecuencia las prestaciones, así como las condiciones locales de combustión, y por tanto la formación de contaminantes (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Sánchez, 2006).

2.4.4 Factores que influyen en la contaminación atmosférica.

El transporte y la dispersión de los contaminantes del aire ambiental son influenciados por factores: las variaciones globales y locales del clima y las condiciones topográficas locales. En una escala mundial, las variaciones del clima influyen sobre el movimiento de los contaminantes. La dirección predominante de los vientos en Centroamérica es de este a oeste (vientos alisios) y en Norteamérica y Sudamérica es de Oeste a Este (vientos contralisios). A nivel local los principales factores del transporte y dispersión son el viento y la estabilidad. Las emisiones de una fuente, para la dispersión de contaminantes dependen de la cantidad de turbulencia en la atmosfera cercana, la turbulencia puede ser creada por el movimiento horizontal y vertical de la atmósfera.

Influyen en la contaminación atmosférica factores topográficos y meteorológicos, como: topografía del terreno, edificaciones existentes, vientos, dirección y velocidad, lluvia, presión barométrica, espacio de difusión que es el área sobre la que se mueven los contaminantes y altura máxima a que pueden llegar las corrientes de aire (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste, 2006).

- **El viento.**- Es el movimiento horizontal lo que comúnmente se llama viento. La velocidad de viento puede afectar en gran medida la concentración de contaminantes en un área. Mientras mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de contaminantes, el viento diluye y dispersa rápidamente los contaminantes en el área circundante.
- **La estabilidad atmosférica.**- Las condiciones atmosféricas inestables producen una mezcla vertical. Generalmente, el aire cerca de la superficie de la tierra es más caliente en el día debido a la absorción de la energía solar. Luego, el aire más caliente y liviano de la superficie sube y se mezcla con el aire frío y pesado de la atmosfera superior. Este movimiento constante del aire crea condiciones inestables y dispersa el aire contaminado, generalmente cuando el aire más caliente está por encima del aire frío se presentan condiciones

atmosféricas estables, de ese modo se inhibe la mezcla vertical, esta condición se denomina inversión térmica. Cuando hay una ligera mezcla vertical o no hay mezcla, los contaminantes permanecen en la zona baja y tienden a aparecer en concentraciones mayores.

- **Radiación solar.**- Influyen en la formación de ozono, ya que permiten la reacción de vapores orgánicos con los óxidos de nitrógeno.
- **Precipitación.**- Permite un efecto beneficioso, porque lava las partículas contaminantes del aire y ayuda a minimizar las partículas provenientes de actividades como la construcción y algunos procesos industriales.
- **Topografía.**- Las grandes ciudades rodeadas de una topografía compleja como, valles o cadenas montañosas a menudo experimentan altas concentraciones de contaminantes del aire. Este es el caso de los Ángeles y México que están ubicadas en cuencas rodeadas por montañas y experimentan altos niveles de contaminación (Inche J. , 2004).

2.4.5 Contaminantes del aire

Contaminante del aire es “cualquier sustancia o material emitido a la atmósfera, sea por actividad humana o por procesos naturales, y que afecta adversamente al hombre o al ambiente” (Ministerio del Ambiente, 2012).

Los Contaminantes del aire se pueden clasificar en dos tipos: contaminantes primarios mismos que son difundidos directamente a la atmósfera, su composición química es variada así como su naturaleza física. Y los contaminantes secundarios que no se difunden a la atmósfera directamente, estos son consecuencia de transformaciones y reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios.

- Los contaminantes primarios: Entre estos contaminantes se encuentran, las partículas sedimentables y en suspensión, óxidos de azufre, SO_x, monóxido de carbono, CO, óxidos de nitrógeno, NO_x, hidrocarburos, dióxido de carbono, CO₂, clorofluorocarbonos (CFC), metales pesados y otras (plaguicidas, cetonas, ácidos, etc).
- Los contaminantes secundarios: Aquí se encuentran el ozono (O₃), sulfatos (SO₄), Nitratos (NO₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Flores Rodríguez & Albert Palacios, 1997).

Las principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes secundarios son: la contaminación fotoquímica, acidificación del medio, y la disminución del espesor de la capa de ozono.

La contaminación no sería tan grave, si se emitiera uniformemente sobre toda la superficie terrestre, pero esto no es así, grandes volúmenes de contaminantes se vuelcan en ámbitos reducidos (área ciudadana) y considerado que el tiempo necesario para su dispersión es significativo, se promueven altas concentraciones en el ambiente que respiran millones de personas que pueblan esos conglomerados, Los automotores son un símbolo de mejor vida, paradójicamente contribuyen a minar la salud de quienes los utilizan y a disminuir la calidad de vida (Andrés, Ferrero, & Mackler, 1997).

Los contaminantes descargados a la atmósfera pueden tener diferente comportamiento:

- Desplazamiento en el sentido de la dirección del viento con difusión progresiva lateral y vertical.
- Transformación física y química de los contaminantes primarios dando origen a otros más tóxicos (contaminantes secundarios) por la acción fotoquímica de la fracción ultravioleta de la luz.
- Eliminación de la atmósfera por diversos procesos naturales (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste , 2006).

2.4.6 Contaminantes criterio y no convencionales

Del mismo modo existe la designación de contaminantes criterio. Estas son el conjunto de compuestos químicos que son utilizadas como criterio para determinar si el aire se encuentra contaminado. Estos compuestos son los que normalmente son incluidos para la definición de estándares y normativas en los países.

En Ecuador el Ministerio del Ambiente mediante la Norma de Calidad del Aire establece dos tipos de contaminantes; los contaminantes criterio del aire y contaminantes peligrosos del aire (no convencionales), estableciendo los límites máximos permisibles de concentración a nivel del suelo en el aire ambiente.

- **Los Contaminantes criterio del aire.**- se define a cualquier contaminante del aire para los cuales, se especifica un valor, máximo de concentración permitida a nivel del suelo en el aire ambiente, que afecta a los receptores ya sean personas, animales, vegetación o materiales para diferentes períodos de tiempo. Los compuestos que se consideran son: Partículas Sedimentables, Material Particulado PM₁₀, Material Particulado PM_{2,5}, Dióxido de azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO), Ozono O₃.
- **Contaminante peligroso del aire (no convencionales).**- son aquellos contaminantes del aire que pueden presentar una amenaza de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente. En este grupo se encuentran los siguientes: Benceno (C₆H₆); Cadmio (Cd); Mercurio inorgánico (vapores) (Hg) (Ministerio del Ambiente, 2012).

2.4.7 Características de los contaminantes principales del aire

Dióxido de azufre (SO₂).- Se forma por la oxidación del azufre que contienen los combustibles fósiles es un gas incoloro e irritante no inflamable y no explosivo. Se

emite a la atmósfera en forma de SO_2 durante la quema de combustibles y el procesamiento de los minerales. Durante las horas y días siguientes, el SO_2 se oxida todavía más, convirtiéndose en sulfato y ácido sulfúrico suspendidos en pequeñas partículas que se eliminan del aire mediante precipitación y/o deposición seca.

Fuentes:

La principal fuente antropogénica del SO_2 es la combustión de fósiles que contienen azufre usados para la calefacción doméstica, la generación de electricidad y los vehículos a motor.

Efectos adversos:

- Los grupos más sensibles ante este contaminante son los niños, las personas de edad avanzada; así como los individuos que sufren asma, problemas cardiovasculares o enfermedades crónicas del sistema respiratorio (bronquitis o enfisema).
- Los Óxidos de Azufre causan generalmente problemas en la zona superior del sistema respiratorio, tales como constricciones bronquiales e irritación de ojos y agrava las enfermedades cardiovasculares.
- En contacto con la humedad del aire forma ácido sulfúrico (H_2SO_4), compuesto que se arrastra con la lluvia o se deposita, provocando la acidificación de los suelos, lagunas y ríos; con efectos negativos en la fauna y vegetación, la corrosión de materiales, edificios y monumentos.
- También promueve la formación de partículas secundarias, que además de ser perjudiciales para la salud; dispersan la luz y reducen la visibilidad.

- El mayor perjuicio lo causan cuando junto con la humedad y material particulado existentes en el aire forman nieblas de ácidos sulfúrico y sulfuroso es decir neblinas y lluvias ácidas (Valderrama & Rojas, 1997).

Dióxido de nitrógeno (NO₂).- Gas de color pardo rojizo, altamente tóxico en altas concentraciones, reactivo, irritante, que se forma debido a la oxidación del nitrógeno atmosférico NO, y que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas.

Se utiliza el término óxidos de nitrógeno (NO_x) para denominar principalmente la suma de NO y NO₂. Los NO_x participan en la formación del ozono troposférico cuando reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles, en presencia de radiación solar.

Fuentes:

Las emisiones más importantes de NO_x provienen de los procesos de combustión que ocurren en los motores de los vehículos, en las centrales térmicas y actividades de combustión en industrias.

Efectos adversos:

Los NO_x se hidratan en la atmósfera y forman ácido nítrico (HNO₃), compuesto que se arrastra con la lluvia o se deposita por acción de la gravedad, formando parte de la lluvia o deposición ácida. Promueven la formación de partículas secundarias en la atmósfera.

La Organización Mundial de la salud ha manifiesta que estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada al NO₂. La disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO₂ registradas u observadas

actualmente en ciudades europeas y norteamericanas. Los óxidos de nitrógeno producen trastornos respiratorios en las personas sensibles como los asmáticos y niños de corta edad (Salud O. M., 2005).

Monóxido de carbono (CO).- Gas incoloro, inodoro y tóxico producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles. El CO es el contaminante del aire más abundante y ampliamente distribuido de los que se encuentran en la capa inferior de la atmósfera, denominada troposfera.

Fuente:

Su principal origen natural es la oxidación del CH₄ y, puesto que todo el metano de la atmósfera se produce por descomposición anaerobia de la materia orgánica, cabe afirmar que estos procesos constituyen una fuente natural de CO (Centro de Recursos Ambientales de Navarra (CRANA), 2016).

Efectos adversos:

El CO tiene una afinidad mucho mayor con la hemoglobina, y forma la carboxihemoglobina. Si la cantidad de esta sustancia y el tiempo de exposición son suficientes, la privación de oxígeno puede producir efectos negativos en la salud, como alteraciones del flujo sanguíneo y del ritmo cardíaco, perturbaciones visuales, dolores de cabeza, reducción de la capacidad laboral, reducción de la destreza manual, vómitos, desmayo, convulsiones, coma e inclusive la muerte (Páez Pérez, 2008).

Material particulado.- En la atmosfera urbana pueden identificarse partículas de diferentes características que comprende una mezcla de partículas sólidas y líquidas.

Fuentes:

Se emiten directamente desde fuentes primarias o se forman por la condensación de los contaminantes gaseosos. Una vez en el aire, las partículas pueden cambiar en concentración, de tamaño y forma, afectando potencialmente el balance energético de la atmósfera.

Las partículas secundarias se forman como consecuencia de la condensación o licuefacción de sus precursores gaseosos, principalmente hidrocarburos, NO_x y SO₂.

Algunas partículas suficientemente grandes y oscuras pueden ser visibles (como las corrientes de humo o de hollín). Otras, por su tamaño, pueden ser detectables solamente por medio de un microscopio electrónico. Las partículas más pequeñas pueden desplazarse largas distancias e ingresan fácilmente al organismo mediante la respiración.

Las emisiones de MP₁₀ suelen generarse principalmente por acción del tráfico en vías sin pavimento, por la erosión del viento en áreas desnudas y secas (erosión eólica), por la quema de residuos de cosechas agrícolas y por actividades de construcción.

Las partículas finas aquellas con un diámetro menor 2.5 μm (MP_{2.5}). Se emiten principalmente por la combustión en los motores de vehículos, la generación eléctrica en centrales térmicas, los procesos industriales, desde las chimeneas residenciales y estufas de madera.

Efectos adversos:

- Causan irritación en los ojos, nariz y garganta. Las más grandes (diámetro \geq 10 μm) pueden ingresar hasta la nariz y garganta.
- Las partículas muy pequeñas pueden entrar fácilmente hasta los pulmones y luego ser absorbidas al torrente sanguíneo. Estas partículas suelen tener un diámetro menor de 10 μm (MP₁₀).

- Las partículas finas aquellas con un diámetro menor a 2.5 μm ($\text{MP}_{2.5}$). Pueden ingresar directamente hasta los alvéolos pulmonares

Partículas sedimentables (PS).- Material Particulado sólido o líquido, en general de tamaño mayor a 10 micrones, por su peso tienden a precipitarse con facilidad, razón por la cual pueden permanecer en suspensión temporal en el ambiente.

Estas partículas más grandes no permanecen por mucho tiempo en la atmósfera y se depositan cerca de la fuente de emisión (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2015).

Ozono troposférico (O_3).- También denominado ozono ambiental. Se trata de un gas incoloro que se crea a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) derivados de fuentes como la quema de combustible. Es el compuesto más destacado de los oxidantes fotoquímicos y forma parte del llamado smog fotoquímico. Se encuentra a nivel del suelo, donde tiene lugar la vida en el planeta.

Fuentes:

Su formación empieza a partir de la emisión del dióxido de nitrógeno (NO_2) e hidrocarburos (compuestos que reaccionan en la presencia de calor y luz solar para producir ozono).

Efectos adversos:

Los impactos más importantes pueden ocurrir en sitios ubicados a varios kilómetros desde las fuentes emisión de sus precursores. Los eventos más críticos de exposición pueden ocurrir en zonas suburbanas y rurales. Por su propia naturaleza los procesos de su formación y transporte son complejos.

El O₃ reacciona con el óxido nitroso (NO). En el centro de las grandes ciudades, especialmente en las noches, puede haber menores concentraciones de O₃, en relación a cinturones metropolitanos y áreas rurales circundantes; debido a su consumo por las emisiones de NO nocturno del tráfico vehicular.

El O₃ troposférico es un fuerte irritante que promueve el envejecimiento prematuro y la rigidez de los tejidos pulmonares. Según la OMS, las concentraciones horarias de 200 µg/m³ pueden causar irritación de los ojos, nariz y garganta, dolor pectoral, tos y dolor de cabeza. Los grupos más sensibles constituyen las personas que sufren asma, bronquitis crónica y enfisema. Afecta el normal desarrollo y crecimiento de plantas y produce el deterioro de materiales como el caucho, textiles y pinturas (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2015).

Compuestos orgánicos volátiles.- Los COV corresponden a cualquier compuesto de carbono que participan en la formación de ozono troposférico. En el grupo de compuestos orgánicos volátiles VOC, se encuentran los hidrocarburos aromáticos principalmente el Benceno, Tolueno, y Xilenos. Lo que en la industria petroquímica se conoce como hidrocarburos aromáticos y de mayor importancia en la industria petroquímica.

Estos hidrocarburos se encuentran en la gasolina natural en mínimas concentraciones, por lo que resulta incosteable su extracción, las principales fuentes antropogénicas constituyen los procesos de combustión fundamentalmente el tráfico y las industrias, la evaporación por el movimiento y almacenamiento de combustibles, el suministro en gasolineras y el uso de disolventes. El uso de disolventes y de compuestos químicos perfumes, sustancias para abrillantar muebles, gomas, pinturas, barnices, preservantes de la madera, pesticidas, sustancias para lavado en seco e insecticidas constituye una fuente importante.

Producen irritación de los ojos, nariz y garganta. En casos severos de exposición provocan dolores de cabeza, pérdida de coordinación y náusea. En exposición crónica, algunos afectan el hígado, los riñones y el sistema nervioso central. Algunos COV se clasifican como tóxicos y peligrosos, por su capacidad probada o potencial de ser

cancerígeno o de causar graves daños a la salud (benceno, 1.3 butadieno, cloroformo, Formaldehído, hexaclorobenceno, tetracloroetileno. tetracloruro de carbono) (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2015).

Benceno- El benceno, conocido también como benzol, es un líquido incoloro de olor dulce. El benceno se evapora al aire rápidamente y es sólo ligeramente soluble en agua. El benceno se encuentra en el aire, el agua y el suelo.

Varias industrias usan benceno para fabricar otros productos químicos, como por ejemplo el estireno (plásticos), cumeno (en varias resinas) y ciclohexano (en nylon y fibras sintéticas). El benceno también se usa en la manufactura de ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y plaguicidas.

Fuentes:

- Volcánicas y los incendios forestales, también contribuyen a la presencia de benceno en el ambiente.
- Las principales fuentes de benceno en el ambiente son los procesos industriales. Los niveles de benceno en el aire pueden aumentar por emisiones generadas por la combustión de carbón y petróleo, operaciones que involucran residuos o almacenaje de benceno, el tubo de escape de automóviles y evaporación de gasolina en estaciones de servicio (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Efectos adversos:

- El benceno produce alteraciones en la sangre. La gente que respira benceno durante períodos prolongados puede sufrir daño de los tejidos que producen las células de la sangre, especialmente la médula de los huesos. Estos efectos pueden interrumpir la producción de elementos de la sangre y producir una disminución de algunos componentes importantes de la sangre. Una

disminución de los glóbulos rojos puede conducir a anemia. La reducción de otros componentes de la sangre puede causar hemorragias (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

- “El benceno es un contaminante cancerígeno (asociado con la leucemia) que produce adicionalmente otros efectos en la salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) no establece ningún nivel de exposición máximo que se pueda considerar seguro” (Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP, 2015).

Tolueno.- es un líquido incoloro transparente con un olor característico. Es un buen solvente (una sustancia que puede disolver a otras sustancias). El tolueno también ocurre en forma natural en petróleo crudo y en el árbol tolú. Es producido en el proceso de manufactura de la gasolina y de otros combustibles a partir del petróleo crudo y en la manufactura de coque a partir del carbón. Se usa en la fabricación de pinturas, diluyentes de pinturas, barniz para las uñas, lacas, adhesivos y caucho y en la imprenta y el curtido de cueros. También se usa en la manufactura de benceno, nylon, plásticos, y poliuretano y en la síntesis de trinitrotolueno (TNT) (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Fuentes:

- Se añade a la gasolina junto a benceno y xileno para mejorar el octanaje. El tolueno puede ser liberado al aire, el agua y el suelo en lugares donde produce o usa.
- El tolueno se encuentra comúnmente en el aire, especialmente cuando hay mucho tráfico de vehículos. Datos de monitoreo del aire libre en los Estados Unidos demuestran que el tolueno está presente en niveles promedio de aproximadamente 1–35 partes por billón en volumen (ppbv). Muestras de aire puertas adentro pueden tener niveles de tolueno más altos en lugares donde se

usan productos tales como diluyentes de pintura, solventes, o productos de tabaco (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Efectos adversos:

- Los efectos sobre el sistema nervioso pueden ser pasajeros, por ejemplo, dolores de cabeza, mareo o pérdida del conocimiento. Sin embargo, efectos tales como incoordinación, alteraciones mentales y pérdida de la visión y la audición pueden transformarse en permanentes con exposición repetida, especialmente en concentraciones asociadas con inhalación intencional de solventes.
- La exposición a niveles altos de tolueno durante el embarazo, como los asociados con inhalación intencional de solventes, puede producir retardo mental y del crecimiento en niños.
- Otros efectos que pueden causar preocupación incluyen a efectos al riñón, el hígado y sobre la reproducción (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Xileno.- Es un líquido incoloro de olor dulce que se inflama fácilmente. Se encuentra naturalmente en el petróleo y en alquitrán.

Efectos adversos:

Al igual que el benceno, el xileno es un narcótico, por lo que la exposición prolongada al mismo provoca alteraciones de los órganos hematopoyéticos y del sistema nervioso central.

El cuadro clínico de la intoxicación aguda es similar al de la intoxicación por benceno, los síntomas son: fatiga, mareo, sensación de borrachera, temblores, disnea y, en ocasiones, náuseas y vómitos.

En los casos más graves puede producirse pérdida de la consciencia. También se observa irritación de las mucosas oculares, de las vías respiratorias altas y de los riñones (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Etilbenceno.- Es un líquido incoloro, inflamable, con olor similar a la gasolina. Se usa principalmente para fabricar otra sustancia química, el estireno. Otros usos incluyen, solvente, en combustibles y para fabricar otras sustancias químicas. En un centro urbano o cerca de muchas fábricas o carreteras con mucho tráfico, puede estar expuesto al etilbenceno en el aire.

Fuentes:

- Se encuentra en forma natural en el alquitrán y el petróleo, y también en productos manufacturados tales como tinturas, plaguicidas y pinturas. Descargas de etilbenceno al aire ocurren al quemar petróleo, gasolina y carbón, y desde industrias que usan etilbenceno.

Efectos adversos:

La exposición breve a niveles altos de etilbenceno en el aire puede producir irritación de los ojos y la garganta. La exposición a niveles más altos puede producir mareo (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016)

2.4.8 Otros efectos de la contaminación atmosférica

- Daños a la economía.

- Daños a la vegetación: alteraciones foliares, reducción del crecimiento de las plantas, destrucción de flores, etcétera.
- Alteraciones del ambiente: reducción de la visibilidad, efecto de invernadero, afectación de la capa de ozono, lluvia ácida, etcétera.
- Daños a los animales: muerte, fluorosis, efectos genéticos, acortamiento de la vida, entre otros.
- Efectos psicológicos sobre el hombre.
- Efectos fisiológicos sobre el hombre: agudos y crónicos (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste , 2006).

2.4.9 Principales repercusiones económicas de la contaminación del aire

- Pérdidas por efectos directos o indirectos en la salud humana, en el ganado y en las plantas.
- Pérdidas por la corrosión de materiales y de sus revestimientos de protección.
- Pérdidas por gastos de mantenimiento de las edificaciones y la depreciación de objetos y mercancías expuestos.
- Gastos directos por la aplicación de medidas técnicas para suprimir o reducir el humo y las emanaciones de las fábricas.
- Pérdidas indirectas por mayores gastos de transporte en tiempo de niebla contaminada, o de electricidad por la necesidad de encender el alumbrado antes del horario establecido.
- Gastos relacionados con la organización administrativa de la lucha contra la contaminación.
- Costo de investigaciones destinadas a la lucha contra la contaminación (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste , 2006).

2.4.10 La calidad del aire ambiente

El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta en un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de gases como: bióxido de carbono, ozono, argón, xenón, radón, etc. Se considera como contaminación del aire a la adición de cualquier sustancia que altere sus propiedades físicas o químicas. Siendo los contaminantes atmosféricos más comunes: el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y las partículas cuyos componentes pueden ser muy diversos: metales pesados, silicatos, sulfatos, entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2004).

En diagnóstico de la calidad del aire presentado por el Ministerio de Ambiente del Ecuador define: “es el conjunto de concentraciones de componentes presentes en el aire en un momento en estudio, que satisfacen la salud, el bienestar de la población, el equilibrio ecológico, y los materiales con valor económico” (Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, 2003).

La OMS manifiesta que la contaminación del aire representa un importante riesgo ambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebro vasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma. Una evaluación de 2013 realizada por la Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer de la OMS determinó que la contaminación del aire exterior es carcinógena para el ser humano, y que las partículas del aire contaminado están estrechamente relacionadas con la creciente incidencia del cáncer, especialmente el cáncer de pulmón. También se ha observado una relación entre la contaminación del aire exterior y el aumento del cáncer de vías urinarias y vejiga. Los habitantes de países de ingresos bajos y medianos sufren desproporcionadamente la carga de morbilidad derivada de la contaminación del aire exterior, lo que se constata por el hecho de que el 87%, de los

3 millones de defunciones prematuras, se producen en esos países, y la mayor carga de morbilidad se registra en las regiones del Pacífico Occidental y el Asia Sudoriental de la OMS. Las últimas estimaciones de la carga de morbilidad reflejan el importantísimo papel que cabe a la contaminación del aire en las cardiopatías y las defunciones prematuras; mucho más de lo que creían los científicos anteriormente.

El 94% de las muertes se deben a enfermedades no transmisibles, sobre todo a enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebro vasculares, la neumopatía obstructiva crónica y el cáncer de pulmón. La contaminación del aire también aumenta el riesgo de infecciones respiratorias agudas. La contaminación del aire continúa dañando la salud de las poblaciones más vulnerables, a saber, las mujeres, los niños y las personas de edad avanzada (Organización Mundial de la Salud, 2016).

En Cuba se reporta que las enfermedades respiratorias agudas constituyen el principal motivo de consultas médicas para todas las edades, con una prevalencia elevada. El asma bronquial también presenta tasas elevadas, sobre todo en la infancia y la adolescencia. Las sustancias en las emisiones vehiculares pueden provocar efectos inflamatorios irritativos en el aparato respiratorio; las principales son: nitrógeno, ozono, oxidantes fotoquímicos, bióxido de azufre y las partículas.

En estudios realizados en Estados Unidos y Europa se demostró que la concentración media anual de las partículas totales estuvo significativamente asociada con la prevalencia de tos y bronquitis en niños escolares, y fue más fuerte en aquellos niños con diagnóstico de asma.

Otra evidencia describe que niños de 5 a 7 años de Ciudad de México con asma moderada son afectados por concentraciones de partículas suspendidas menores de 10 micrómetros y en partículas de 2,5 micrómetros en el cual se demostró una fuerte asociación entre los niveles de PM_{10} y el flujo espiratorio máximo, mientras que los síntomas respiratorios fueron asociados tanto a PM_{10} como a ozono.

En estudios realizados en Chile se reporta incremento de enfermedades respiratorias agudas asociado fuertemente con los niveles de partículas en suspensión PM_{10} (Romero Placeres, Diego Olite, & Álvarez Toste , 2006).

2.4.11 Niveles de contaminación

La Norma Regulatoria de la Calidad del Aire del Ecuador, en el Anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria menciona el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia en referente a la calidad del aire, cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable cuando uno o más de los contaminantes criterio exceda la concentración establecida o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla 2. Niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

Contaminante y Período de Tiempo	Alerta	Alarma	Emergencia
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15000	30000	40000
Ozono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno Concentración promedio en una hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1000	2000	3000
Dióxido de azufre Concentración promedio en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	1000	1800
Material particulado PM 10 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400	500
Material Particulado PM 2.5 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	250	350

Nota: Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, alarma y emergencia en calidad del aire

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Anexo 4 del TULMA. Norma de calidad del aire o nivel de inmisión

Los planes contemplan la adopción de medidas que, de acuerdo a los niveles de calidad de aire que se determinen, autoricen a limitar o prohibir las operaciones y

actividades en la zona afectada, a fin de preservar la salud de la población (Ministerio del Ambiente, 2012).

2.4.12 Monitoreo atmosférico

Monitoreo atmosférico son todas las metodologías para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado.

Es importante porque permite: a) formular los estándares de calidad de aire, b) llevar a cabo estudios epidemiológicos que relacionen los efectos de las concentraciones de los contaminantes con los daños en la salud, c) especificar tipos y fuentes emisoras, d) llevar a cabo estrategias de control y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales, y e) desarrollar programas racionales para el manejo de la calidad del aire, se requiere de una base de datos que aporte información para la realización de todos estos estudios la cual se genera a partir del monitoreo atmosférico .

Debido a la heterogénea distribución de las fuentes de emisión dentro de un área de interés, y la influencia de las variables meteorológicas y los procesos fotoquímicos en la concentración de los contaminantes en la atmósfera, la tarea de generar información objetiva y confiable sobre la calidad del aire se presenta bastante compleja, por lo que se requiere de una estrategia de monitoreo.

Para investigar la presencia de una sustancia contaminante en la atmosfera existen variadas formas técnicas de monitoreo de aire cada una con sus ventajas y desventajas en función de sus costos de instalación y mantenimiento, de su operatividad, de personal y grado de capacitación para el mismo (Organización Panamericana de la Salud, 1997).

2.4.13 Metodologías para monitoreo atmosférico

Las metodologías para muestreo dentro del monitoreo atmosférico pueden ser divididas en cinco tipos: muestreadores pasivos, activos, analizadores automáticos en línea, sensores remotos y bioindicadores.

Muestreadores de tipo pasivo

Los sistemas de monitoreo pasivo se basan en la absorción del contaminante sobre un sustrato específico que retenga a la sustancia que se quiere analizar. Luego de la exposición las muestras son llevadas al laboratorio donde se desorbe la sustancia y se analiza cuantitativamente. Los muestreadores se basan en la difusión de los contaminantes del aire en un medio absorbente. La fuerza impulsora es el gradiente entre el aire circundante y la superficie de absorción de la concentración del contaminante es cero.

Debido a su bajo costo inicial operativo, pueden instalarse un número significativo de muestreadores y obtenerse una importante información sobre la distribución espacial y geográfica del contaminante (Centro de Recursos Ambientales de Navarra (CRANA), 2016).

Los contaminantes presentes en el aire son determinados por análisis utilizando técnicas estándares tales como espectrofotometría, cromatografía gaseosa o cromatografía iónica. La fuerza impulsora es un gradiente entre el aire circundante y la superficie de absorción, donde la concentración del contaminante es cero.

Este movimiento se puede expresar por la ley de Fick donde el diámetro, largo del tubo y coeficiente de difusión son constantes para un sistema de muestreo y expresan cantidad relativa de muestreo del muestreado pasivo.

Figura 5. Muestreadores Pasivos



Nota: Tubo de O_3 y de SO_2 y NO_2
Fuente: Investigador, 2016

Estos muestreadores tienen un costo inicial muy bajo, dependiendo de los sustratos de absorción específicos para cada contaminante.

Son sistemas simples, sobre todo en la toma de muestra. Necesitan de un laboratorio químico.

El muestreador pasivo provee los datos de calidad de aire de resolución geográfica, mientras que los otros instrumentos ofrecen información relacionada con el tiempo, como variaciones diurnas de la concentración y sus picos. Estudios de este tipo pueden ser económicamente muy convenientes y un ejemplo de ellos es el uso de muestreadores de tubo de difusión para coleccionar NO_2 , en el barrido de áreas y selección de sitios de monitoreo en varios países europeos (Páez Pérez, 2008).

Sistemas de monitoreo activos

A diferencia de los muestreadores pasivos, este tipo de equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. El volumen adicional de aire muestreado incrementa la sensibilidad, por lo

que pueden obtenerse mediciones diarias promedio. La muestra así obtenida es llevada al laboratorio donde se realiza el análisis cuantitativo, el volumen del aire que se utiliza para la muestra es superior al de los sistemas pasivos, por lo tanto la sensibilidad del método es mayor, pudiéndose obtener promedios horarios o diarios de concentraciones de contaminantes. Estos contaminantes son más complejos y tienen costos de instalación, mantenimiento y operación más elevados que los pasivos (Páez Pérez, 2008).

Sistemas automáticos

Se basan en propiedades físicas o químicas del gas que va a ser detectado continuamente, utilizando métodos optoelectrónicos. El aire muestreado entra en una cámara de reacción donde, ya sea por una propiedad óptica del gas que pueda medirse directamente o por una reacción química que produzca quimiluminiscencia o luz fluorescente, se mide esta luz por medio de un detector que produce una señal eléctrica proporcional a la concentración del contaminante muestreado. Es muy común en las redes de monitoreo el uso de monitores automáticos junto con muestreadores activos y pasivos, en la práctica estas mediciones se consideran como complementarias, debido a que, los monitores automáticos no son necesariamente superiores y muchos errores se evitarían si se mantuvieran algunos muestreadores cuando se instalan los monitores automáticos, por lo menos durante el período de ajuste y capacitación para el manejo de los mismos (Páez Pérez, 2008).

Sistemas de sensores remotos

Pueden proveer una medición integrada de multicomponentes a lo largo de un espacio especificado (normalmente superior a 100 m) en contraste con los equipos de análisis automáticos que proveen mediciones de un contaminante específico en un punto determinado del espacio. Los sistemas más sofisticados de sensores remotos

pueden proveer el desarrollo de todas las mediciones a lo largo de un espacio que se estudia, el costo de estos equipos es muy superior a los anteriormente comentados. Las aplicaciones de los sensores remotos son muy especializadas y particularmente se utilizan para investigaciones cerca de las fuentes de emisión, en las plumas de las chimeneas y para mediciones verticales de contaminantes gaseosos y aerosoles en la atmósfera, como la investigación de la distribución del ozono en la troposfera y en la estratosfera. Sin embargo, desde un punto de vista comercial son instrumentos muy caros y extremadamente complejos, y presentan además dificultades con la validación de sus datos, niveles de confianza y calibración.

Se requiere de un gran esfuerzo especializado y cuidadoso control de calidad para operar exitosamente estos sistemas y producir datos confiables (Matínez & Romieu, 1997).

Bioindicadores

El término biomonitorio, el cual implica generalmente el uso de plantas para monitorear el aire, cubre una multitud de muy diferentes muestreos y enfoques de análisis con muy diferentes grados de sofisticación y desarrollo. Es de interés en el uso de bioindicadores para estimar algunos factores ambientales, entre los que se incluyen la calidad del aire, particularmente en la investigación de sus efectos. Los métodos incluyen: Uso de la superficie de las plantas como receptoras de contaminantes, como el uso del perejil para el plomo y el musgo para hidrocarburos poliaromáticos; uso de la capacidad de la planta para acumular contaminantes o sus metabolitos en el tejido de la planta, como en el caso de las agujas del abeto para azufre total y de los pastos para fluoruros, azufre y algunos metales pesados; estimación de los efectos de los contaminantes en el metabolismo o en la información genética de las plantas; estimación de los efectos de los contaminantes en la apariencia de las plantas, como el efecto del SO₂ en los líquenes, el efecto del ozono en las plantas de tabaco y en algunas especies de pinos; distribución y análisis de plantas específicas como indicadores de calidad del aire, como el tipo y distribución de líquenes para estimar los efectos

fitotóxicos totales de la contaminación del aire. La estimación se lleva a cabo en el campo por expertos y no se requiere análisis de laboratorio (Matínez & Romieu, 1997).

De acuerdo a las características del método el monitoreo, y principalmente por el costo que implica la implementación de este sistema comparado con otros, en Riobamba se utiliza el método pasivo para registrar concentraciones de gases, en forma mensual.

2.4.14 Norma Nacional de calidad del aire y Guías Internacionales

Norma de Calidad de Aire Ambiente

El anexo 4 del Libro VI, del TULSMA establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas.

Tabla 3. Límites máximos permisibles de los contaminantes convencionales

Contaminante	Norma Vigente
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Promedio anual 40 µg/m ³ Promedio en 1 hora 200 µg/m ³
Dióxido de azufre (SO ₂)	Promedio en 24 horas 125 µg/m ³ Promedio anual 60 µg/m ³ Promedio en 10 minutos 500 µg/m ³
Ozono (O ₃)	Promedio en 8 horas: 100 µg/m ³

Nota: Valores máximos permisibles en calidad del aire

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Norma de calidad del aire ambiente (TULSMA)

Las concentraciones de los contaminantes están en condiciones de referencia en temperatura de 25 °C y presión atmosférica de 760 mm de Hg.

Tabla 4. Límites máximos permisibles de los contaminantes no convencionales

Contaminante	Valor	Unidad	Promedio de Medición
Benceno (Be)	5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual

Nota: Valores máximos permisibles en calidad del aire

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Norma de calidad del aire ambiente (TULSMA)

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

Guías de la Organización Mundial de la Salud

Guía para la calidad del aire creadas por la Organización Mundial de la Salud OMS con el objeto de ofrecer una orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud, recomendar, establece niveles de exposición de la población para reducir riesgos o evitar efectos nocivos.

Una de las referencias más exigentes a nivel mundial son los valores guía de calidad de aire de la OMS, son propuestos como resultado de un proceso de sistematización y análisis sobre los efectos de los contaminantes en la salud.

Tabla 5. Valores guía de la OMS para contaminantes criterio

Contaminante	Guía OMS 2000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Guía OMS 2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO_2 (anual)	50	--
NO_2 (anual)	40	40
O_3 (8 h)	120	100

Nota: Valores estándar establecidos por la OMS de Calidad del Aire

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (WHO, 2000), (OMS) 2005

Los valores guía recomendados por la OMS para contaminantes no tradicionales han sido clasificados en contaminantes no cancerígenos para los cuales existen niveles umbrales de efectos observables y contaminantes cancerígenos para los cuales no existen niveles umbrales.

En la Tabla 2, se presenta los niveles del contaminante tolueno, xileno y etilbenceno por encima de los cuales se han observado efectos negativos en la salud.

Tabla 6. Valores guía para contaminantes no cancerígenos recomendados por la OMS

Contaminante	Efectos sobre la salud	Valor guía o concentración tolerable ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo promedio de exposición
Tolueno	Efectos sobre el SNC de los trabajadores	260	1 semana
Xileno	Efectos sobre el SNC de individuos voluntarios	4.800	24 horas
	Neurotoxicidad en ratas	870	1 año
Etilbenceno	Incremento de peso del órgano	22.000	1 año

Nota: Valores guía de concentración del tolueno, xileno, etilbenceno. SNC (Sistema Nervioso Central) Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Guías y normas de calidad del aire en exteriores para contaminantes no tradicionales. OMS/OPS

La OMS describe que el benceno es un contaminante cancerígeno (asociado con la leucemia) que produce adicionalmente otros efectos en la salud. La Organización Mundial de la Salud no establece ningún nivel de exposición máximo que se pueda considerar seguro.

2.5 Hipótesis

La emisión de gases influye en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

2.6 Señalamiento de Variables

Variable Independiente

Emisión de Gases

Variable Dependiente

Calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad básica de la investigación

Bibliográfica – Documental

Para la presente investigación se acude a fuentes de información en libros, publicaciones, módulos, internet, tesis, normas de calidad del aire, guías o estándares de salud, investigaciones similares para conocer metodologías que ayuden en el desarrollo del presente trabajo.

Así mismo se acude a fuentes primarias obtenidas a través de documentos o registros proporcionados por los encargados del Monitoreo.

De Investigación social o proyecto factible

El proyecto es factible porque se encuentra en ejecución en la Ciudad de Riobamba, y es de interés de las autoridades administrativas conocer la variación que existe con datos históricos de la calidad de aire que se respira en Riobamba para establecer con bases científicas políticas de desarrollo o gestión en este aspecto ambiental.

3.2 Tipos o niveles de investigación

Descriptivo

Por el nivel de profundidad de la investigación se procede a recoger, organizar y analizar las concentraciones que se obtienen mediante el monitoreo pasivo, por medio de registros de resultados.

Se aplica entrevistas dirigidas: al Jefe del Departamento de Gestión Ambiental, al Responsable del Monitoreo de Calidad del Aire del GAD Municipal de Riobamba, al Responsable del Análisis de Laboratorio de la Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. Director del Proyecto de Calidad del Aire de la UNACH. Su instrumento será la guía de la entrevista, la misma que permitirá recabar información sobre el problema investigado.

Cuantitativo

Por el tipo de datos obtenidos en las estaciones de monitoreo pasivo, los datos son cuantitativos y se puede explicar los resultados a través de los resúmenes estadísticos como medidas de tendencia central y de dispersión, media, desviación estándar, esto nos permitirá ver el comportamiento de los contaminantes dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) a través de los años analizados y para comparar valores con los estipulado en la Norma de Calidad del aire ambiente y estándares de Salud.

Es cuantitativo por que se realiza un conteo de vehículos por medio del método manual en las calles aledañas a las estaciones de monitoreo.

Aplicativo

Mediante la utilización del método de muestreo pasivo de calidad del aire ambiente, que se han desarrollado los últimos años se requiere de técnicas de observación de campo y laboratorio.

Se aplica un análisis de varianza (ANOVA), para determinar el nivel de diferencia significativa de ser el caso en las concentraciones de las estaciones de monitoreo tanto en dióxido de azufre (SO₂) como en dióxido de nitrógeno (NO₂) en todo el periodo de muestreo.

De acuerdo a resultados del ANOVA, se realiza la prueba de Tuckey, para diferenciar la estación que más concentración presenta de las tres estaciones así como el año de mayor contaminación.

Se relaciona las concentraciones por horas, de la Estación Automática de la Ciudad de Quito con el número de vehículos de las ciudades de Riobamba y Quito para obtener concentraciones estimadas horarias en los sectores de estudio de la Ciudad.

Se realiza un análisis de correlación para ver si existe o no relación entre las dos variables, número de vehículos y concentración de contaminantes.

Se representa gráficamente de la concentración y tendencia de los contaminantes dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno con la elaboración de un mapa.

Exploratorio

La investigación permite reconocer variables de interés investigativo, sondeando un problema desconocido en un contexto particular.

Se realiza un análisis descriptivo de los gases contaminantes que se monitorean en la ciudad de Riobamba, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono troposférico, benceno, tolueno, xileno, con el fin de conocer la variación de la concentración del período de monitoreo.

Asociación de variables

Se relaciona las variables, número de vehículos con la concentración de los contaminantes dióxido s de azufre y dióxido de nitrógeno para obtener la concentración en Riobamba por hora y día en vista de que estos datos no pueden ser extraídos debido a la inexistencia de una estación automática de monitoreo de calidad del aire y a que el método de monitoreo pasivo reporta un valor mensual de concentración.

3.3 Población y muestra

La población de estudio constituye la conformada por los sectores donde se encuentran las tres estaciones de monitoreo de los que se obtiene los datos de calidad del aire. El estudio incluye un área urbana consolidada en la ciudad cuya extensión aproximada es de 16,46 kilómetros cuadrados, el área abarca dos parroquias urbanas: Lizarzaburu y Veloz.

Para el desarrollo de la investigación es necesario recoger información del personal involucrado, el nivel de participación se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Unidades de observación

Poblaciones	Frecuencia	Porcentaje
▪ Jefe del Departamento de Gestión Ambiental	1	0,33%
▪ Técnico Responsable del Monitoreo de la Calidad del Aire en Riobamba	1	0,33%
▪ Técnico Responsable del Análisis de laboratorio	1	0,33%
Total	3	100 %

Nota: Detalle de participación de responsables para obtención de información
Elaborado por: Investigador, 2016

3.4 Operacionalización de variables

Variable: Emisión de gases

Tabla 8. Operacionalización de la variable independiente

EMISIÓN DE GASES				
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e Instrumentos
<p>Es la transferencia o descarga de sustancias contaminantes del aire desde la fuente a la atmósfera libre. El punto o la superficie donde se efectúa la descarga se denomina "fuente". Este término se utiliza para describir la descarga y el caudal de esa descarga. Incluye contaminantes que se emiten directamente a la atmósfera, conocidos como contaminantes primarios (CO, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, benceno, etc), y los que se originan como consecuencia de reacciones químicas de estos contaminantes primarios al entrar en contacto con el aire de la atmósfera, conocidos como contaminantes secundarios, siendo la formación de ozono el más importante.</p>	Contaminantes del Aire	Monitoreo atmosférico de Riobamba	¿Cuál es el método de monitoreo que se utiliza?	(T) Observación (I) Bitácora de Campo (T) Entrevista (I) Guía de la entrevista
	Dióxido de Azufre	Concentración de SO ₂	¿Límite máximo permisible según la Norma?	(T) Entrevista (I) Guía de la entrevista. (I) Registro de análisis de laboratorio SO ₂ .
	Dióxido de Nitrógeno	Concentración de NO ₂	¿Límite máximo permisible según la Norma?	(T) Entrevista (I) Guía de la entrevista (I) Registro de análisis de laboratorio NO ₂ .
	Benceno	Concentración de Benceno	¿Límite máximo permisible según la Norma?	(T) Entrevista (I) Guía de la entrevista (I) Registro de análisis de laboratorio Benceno.

Nota: Describe detalladamente la dimensión del estudio de la variable independiente

(T): Técnica; (I): Instrumento

Elaborado por: Investigador, 2016

Variable: Calidad del aire

Tabla 9. Operacionalización de la variable dependiente

CALIDAD DEL AIRE				
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e Instrumentos
<p>Estado del aire ambiente según lo indique su grado de contaminación, o se define a la inmisión o calidad del aire como la concentración de contaminante que llega a un receptor, más o menos lejano de la fuente de emisión, una vez transportado y difundido por la atmósfera.</p> <p>La capacidad de la atmósfera para diluir las concentraciones de contaminantes es fundamental para preservar una buena calidad del aire, y esto va a venir marcado principalmente por las condiciones meteorológicas.</p>	Grado de contaminación	Nivel de contaminación del aire	¿Cuáles son las medidas de prevención de la contaminación del aire?	(T) Entrevista (I) Registro de resultados de monitoreo.
	Concentración de contaminante que llega a un receptor.	Promedio anual de los gases SO ₂ y NO ₂ en la zona de estudio	¿Cuál es el sector que mayor contaminación presenta?	(T) Entrevista (I) Registro de resultados de SO ₂ , NO ₂ .
	Preservar una buena calidad del aire	Número de Contaminantes que se encuentran fuera del límite máximo permisible	¿Cuáles son los efectos que producen los contaminantes?	(T) Entrevista (I) Registro de Monitoreo en Riobamba

Nota: Describe detalladamente la dimensión del estudio de la variable dependiente.

(T): Técnica; (I): Instrumento

Elaborado por: Investigador, 2016

3.5 Recolección de la información

Tabla 10. Recolección de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1.- ¿Para qué?	Para proponer posibles alternativas de control o gestión de la contaminación del aire.
2.- ¿De qué personas u objetos?	Involucrados en control de calidad del aire
3.- ¿Sobre qué aspectos?	Emisiones de gases, contaminación del aire, calidad del aire, monitoreo de la calidad del aire.
4.- ¿Quién, quienes?	El investigador, que tiene la apertura para recolectar los datos.
5.- ¿Cuándo?	A partir de la aprobación del perfil
6.- ¿Dónde?	Gestión Ambiental de la ciudad de Riobamba, la UNACH y en la Secretaria de medio ambiente en el laboratorio de análisis de muestras de Quito.
7.- ¿Cuántas veces?	1 vez
8.- ¿Qué técnicas de recolección?	Entrevista Observación
9.- ¿Con qué?	Guía de la Entrevista Bitácora de Campo Registros de análisis de Laboratorio, de resultados de gases y de resultados de monitoreo calidad del aire de Riobamba.
10.- ¿En qué situación?	Dentro de la Jornada Laboral

Nota: Preguntas necesarias para la recopilación de la información

Elaborado por: Investigador, 2016

Técnicas e instrumentos

Entrevista: Dirigida al jefe del Departamento de Gestión Ambiental, al responsable del Monitoreo de calidad del aire del GAD Municipal de Riobamba, al responsable del Análisis de Laboratorio de la Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. Director del Proyecto de calidad del aire de la UNACH. El instrumento que se utiliza es la guía de la entrevista, la misma que permitirá recabar información sobre el problema investigado.

Validez y confiabilidad

La validez de los instrumentos vendrá dada por la técnica estadística para verificar los niveles de contaminación respecto a la norma.

3.6 Procesamiento de la información

Los datos recogidos se transforman siguiendo los procedimientos.

- Revisión crítica de la información recogida; es decir, depuración de la base de datos de monitoreo de gases: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Tabulación y cuadros estadísticos según variables de cada hipótesis: cuadros de una sola variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- Estudio estadístico y revaloración de datos para presentación de resultados.

3.6.1 Revisión crítica de la información recogida

- Como primer punto se procede a recopilar información de la zona de estudio, como la localización de los sitios de monitoreo de la Calidad del Aire Ambiente.
- El segundo punto es la recopilación de los datos de las concentraciones de los gases que se monitorean en la ciudad de Riobamba desde el año inicio del proyecto que es el 2008 hasta el último año registrado que es el año 2016, para tabular las concentraciones registradas en las estaciones, las variaciones anuales de estos contaminantes, determinar si los niveles de contaminación se encuentran dentro de los límites o estándares contemplados en las Normas de Calidad del Aire Ambiente y Guías de la Organización Mundial de la Salud.

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados del monitoreo, se aplica un análisis de varianza (ANOVA), el cual determina, de ser el caso, un nivel de diferencia significativa en las concentraciones de las tres estaciones, en todo el periodo de monitoreo registrado de los gases dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

De existir diferencia significativa se utilizara la prueba de Tuckey, para conocer en que estación y en qué año se presentó una mayor concentración de contaminantes.

- Como tercer punto se realiza un conteo vehicular para obtener información primaria de campo de los flujos vehiculares discriminando por clases de vehículos que circularán por las vías de las áreas de estudio donde se localizan las estaciones de monitoreo pasivo de Calidad del Aire y determinar el transito diario por hora, permitiendo conocer la influencia de este parámetro en las concentraciones obtenidas.

Para realizar el conteo del número de vehículos que circulan por las tres vías se considera:

- La aplicación del método manual de conteo vehicular, ya que no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos.
- La necesidad de obtener datos durante un periodo de tiempo corto es decir diario.
- El costo de mantener personal o aforadores del tráfico por tiempo prolongado ya que es costoso y fundamentalmente demostrar que la principal fuente de emisión de estos gases es la circulación vehicular, ya que Riobamba no es una ciudad donde se desarrolla gran actividad industrial.

El conteo vehicular se desarrolla bajo el siguiente protocolo:

Puntos de conteo vehicular: Una vía de circulación vehicular más fluida cercana a la estación de monitoreo de calidad del aire en los tres sectores y estas son:

- Al Norte de la Ciudad la avenida Canónigo Ramos.- Vía de doble sentido con dos carriles en cada dirección el ancho de la avenida es de 12 m, dividido por un parterre.
- Al Sur la avenida Félix Proaño.- Esta vía es de doble sentido, de dos carriles en cada dirección, el ancho de la vía es de 12 m, dividido por un parterre.
- Y al centro de la Zona Urbana la Calle Colón.- De un sola dirección y de doble carril. El ancho de la calle es de 6,18 m.

Variables a determinar: El número de vehículos por tipo que cruzan un punto de referencia, en el total de horas designadas. Y el tipo de vehículo que se considera es: motos, automóvil, camioneta, jeep, buseta, bus, camión, trailers, maquinaria pesada. Para la toma de datos se utiliza la ficha de conteo vehicular que se muestra en el Anexo B, en donde la “X” en cada cuadro significa dos vehículos y la “/” un vehículo.

Conteo: Para efectuar el conteo vehicular se considera la actividad comercial de la ciudad en los siete días de la semana. En los días: Lunes, Martes, Jueves y Viernes la actividad comercial es similar entre estos días, se podría decir normal; los días miércoles y en mayor grado el sábado el movimiento comercial agropecuario y ganadero es grande, son días de feria; el día domingo es baja la actividad comercial. Tomando en cuenta estas características de desarrollo comercial en Riobamba se dividen en tres períodos de la siguiente manera: 1)

que abarca un día regular, jueves; 2) de feriado, sábado y 3) de vacación de la semana, domingo.

En lo correspondiente al intervalo de conteo se considera realizarlo desde las 07H01 a 20H00 horas, ya que en este tiempo se abarca horas pico de movilidad y cubre la jornada laboral.

Luego del trabajo del conteo en campo del número de vehículos se procede a la tabulación de los datos. La información recabada permitirá calcular el valor estimado horario de la contaminación en las zonas de estudio.

- El cuarto punto es la recopilación del número de vehículos que circulan en la avenida América que es donde se encuentra la estación automática Belisario de Quito. Para ello se procede a realizar un análisis de correlación para determinar un día específico del cual se toma los datos de movilización vehicular del jueves, sábado y domingo en horario de 07H01 a 20H00 horas.
- Como quinto punto se procede a la recopilación de información y datos de los gases dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre de la estación automática Belisario de la Ciudad de Quito para obtener las posibles concentraciones horarias de Riobamba, se toma de referencia los datos proporcionados por la estación por cuanto esta estación está ubicada en una zona con características similares en actividades económicas, y sobre todo porque esta zona es de alto tráfico vehicular.
- Como sexto punto, se obtiene a partir de la concentración reportada por la estación automática Belisario de Dióxido de azufre (SO₂) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) con el número de vehículos que circulan por la vía América y

las consideradas de Riobamba, la concentración estimada horaria en los sectores de la zona urbana de Riobamba.

Y para determinar la influencia de la circulación vehicular en las concentraciones calculadas se aplica un análisis de correlación.

- Para una mejor representación de la contaminación de las zonas de estudio y observar la tendencia de los niveles Dióxido de azufre (SO_2) y de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) con los datos registrados por las estaciones de monitoreo pasivo del año 2016, se procede como séptimo punto a la elaboración de un mapa de tendencia de la contaminación.
- Como octavo punto, se realiza una revaloración de los datos con el análisis de la dispersión de la contaminación por punto de monitoreo para conocer la distribución de la contaminación de SO_2 y NO_2 en los sectores y así estimar las posibles fuentes de emisión que pueden influir en los valores registrados en la zona estudio.
- Como noveno punto se realiza la verificación de la hipótesis planteada mediante la aplicación de la prueba estadística, constatando estadísticamente las concentraciones de los gases monitoreados para verificación de la hipótesis.
- Una vez ya analizado las concentraciones de la contaminación de los parámetros monitoreados en la ciudad de Riobamba reportadas por el método pasivo, así como el análisis de dispersión de la contaminación en el área de estudio, se procede a la elaboración de la propuesta como alternativa para preservar y/o mejorar la calidad del aire de la ciudad.

3.6.2 Tabulación, estudio estadístico y revaloración de datos.

Monitoreo de calidad del aire

Los datos de las concentraciones de los gases dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno, (NO₂), el Ozono troposférico O₃, el Benceno, Tolueno y Xilenos, Etilbenceno (BTEX), se obtienen de los registros de análisis de gases proporcionados por el Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito. A estos datos se realiza el tratamiento estadístico y análisis descriptivo e interpretación de los gases para ver la variación de los datos de los contaminantes desde el año 2008 al 2010 y desde el año 2014 al 2016. Para esto se lleva a cabo lo siguiente:

- Calcular el promedio aritmético anual para comparar las concentraciones entre las estaciones para indicar el sector que presenta más contaminación.
- Determinar un promedio anual y se determina si existe excedencia del nivel de contaminación en la Calidad del aire de la Zona Urbana de la Ciudad de Riobamba.
- Aplicar la prueba de análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existe diferencia significativa en las estaciones de monitoreo tanto en dióxido de azufre (SO₂) como en dióxido de nitrógeno (NO₂). De acuerdo al resultado se aplica la prueba de Tuckey para comprobar la estación que más concentración presenta de las tres estaciones.
- Aplicar la prueba de análisis de varianza (ANOVA), para determinar si existe diferencia significativa en los años de monitoreo tanto en Dióxido de azufre (SO₂) como en Dióxido de nitrógeno (NO₂). De acuerdo al resultado se aplica la prueba de Tuckey para comprobar el año que más concentración presenta en todo el período de monitoreo.

Conteo vehicular en Riobamba

El número de vehículos que se obtienen permite conocer los días y horas de mayor circulación los cuales permiten la obtención de la concentración de SO₂ y NO₂ en diferentes horas del día, asumiendo que la contaminación en los sectores de estudio es proveniente principalmente de las emisiones vehiculares.

Determinación de concentraciones horarias estimadas en Riobamba

Considerando que la ciudad de Quito cuenta con la red de monitoreo automático de calidad del aire mediante la cual proporciona información de manera oportuna, diaria de distintos contaminantes entre estos dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, y la inexistencia de este tipo de estaciones en Riobamba que permitiría conocer la concentración horaria, diaria, etc. Ya que estos sistemas involucran un alto costo, y que el monitoreo pasivo proporciona valores mensuales, para conocer la contaminación horaria se calcula relacionando el número de vehículos registrados en Riobamba y Quito con las concentraciones reportadas por la estación automática. Se procede de la siguiente manera:

- Se extrae de la base de datos de la Red de Monitoreo Automático Atmosférico, las concentraciones de gases por días y hora del gas dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre del período requerido.
- Se calcula un promedio de concentración horaria de los días jueves, sábado y domingo, y a partir de este dato, del número de vehículos de Riobamba y Quito de las vías consideradas, se obtiene una concentración estimada horaria de SO₂ y NO₂ en los sectores de estudio.
- Por último se aplica el análisis de correlación de las variables: número de vehículos con las concentraciones calculadas, con la finalidad de establecer el

nivel de influencia de las emisiones de los gases provenientes de esta fuente en las concentraciones.

Mapas de tendencia de la contaminación

Con las concentraciones de los gases dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) registradas por las estaciones en el año 2016, se realiza un análisis estadístico y por medio del programa Surfer 8, se genera un modelo usando el logaritmo de interpolación del método Kriging, se representan la tendencia de estos contaminantes en el área de estudio.

Análisis de la dispersión de la contaminación

Para conocer la distribución de la contaminación de dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) y así estimar las posibles fuentes de emisión que puede influir en los valores registrados en los tres puntos de estudio, se elabora mapas por contaminante y por sector, por medio del software AirVision de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Información de la zona de estudio

Para la realización de estudio se recoge información de la zona de estudio, datos como localización geográfica de la zona de estudio, población y meteorología de la ciudad de Riobamba.

Los datos como coordenadas geográficas, orografía, red vial son recogidos del Instituto Geográfico Militar.

Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo. El cantón Riobamba cuenta con cinco parroquias urbanas: Lizarzaburu, Maldonado, Velasco, Veloz, Yaruquíes y 11 parroquias rurales: Cacha, Calpi, Cubijés, Flores, Licán, Licto, Pungalá, Punín, Químiag, San Juan y San Luis (Gobernación de Chimborazo)

Coordenadas geográficas

Latitud: S 1 50' / S 1 40' y

Longitud: W 78 45' / W 78 30'

Coordenadas planas UTM (aprox):

Norte: 9797200 / 9815600 y Este: 750310 / 778170

Topografía

Se encuentra a una altitud de 2.757 metros sobre el nivel del mar. Sobre una superficie de lahar erosionada.

Orografía

Según el Instituto Geográfico Militar está representada por Cerros y lomas.

Red vial

La red vial es numerosa, constan carreteras pavimentadas de dos o más vías, carreteras sin pavimentar de dos o más vías, un pequeño tramo del ferrocarril Riobamba-Bucay, caminos de verano y senderos (Instituto Geográfico Militar).

Población

De acuerdo al censo de población y vivienda del 2010 realizado por el Instituto Nacional de estadística y censo, Riobamba cuenta con una población total de 225741 habitantes.

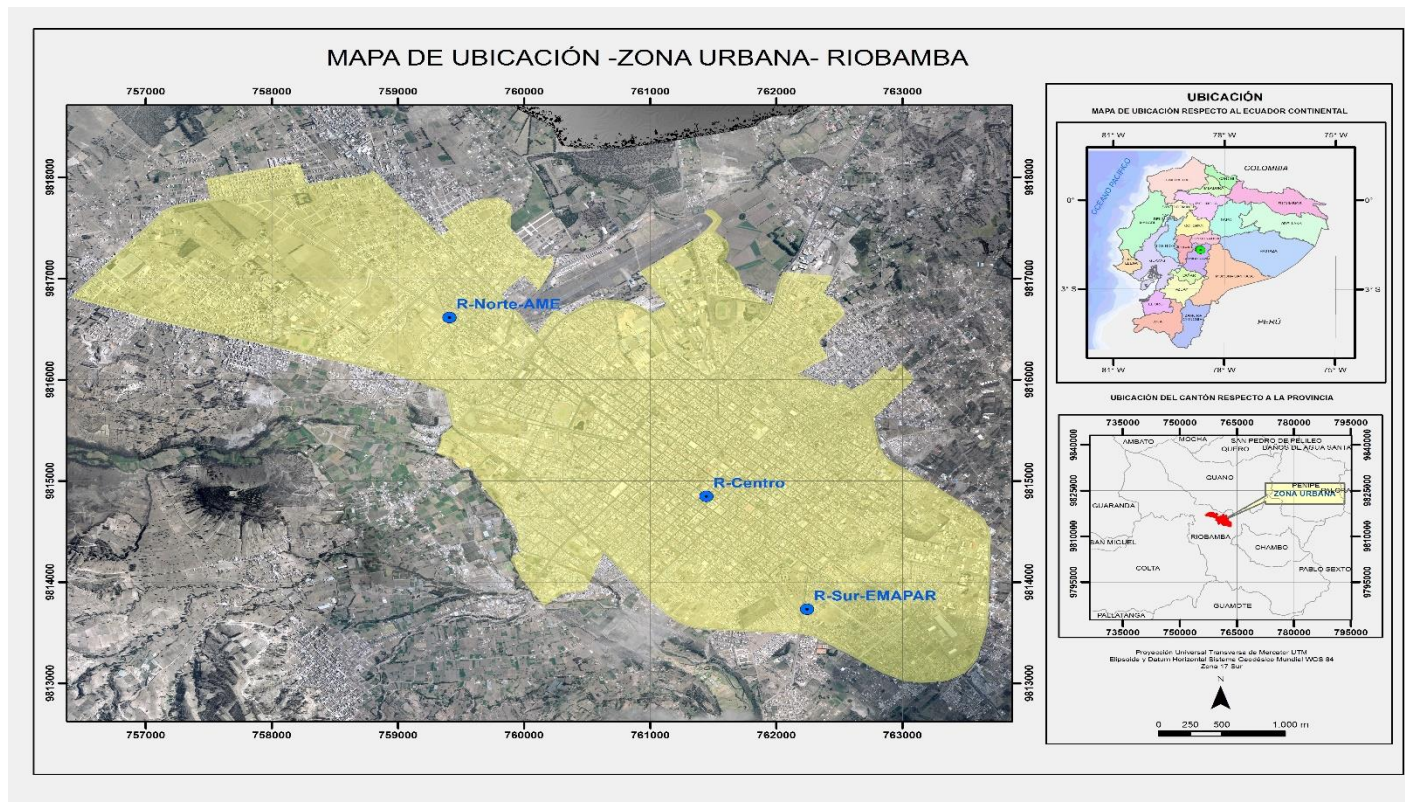
Temperatura y precipitación

La meteorología según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología es la siguiente: temperatura media Anual: 16,5 °C, Precipitación normal anual acumulada: 1485,8 mm.

4.1.1 Ubicación geográfica y localización de las estaciones de monitoreo

Riobamba se encuentra ubicado en el norte de la provincia de Chimborazo, ocupa parte de la hoya del río Chambo y de las vertientes internas de las cordilleras Oriental y Occidental de los Andes, se encuentra en el centro geográfico del país, en la cordillera de los Andes, la superficie delimitada por el perímetro urbano de la ciudad es de aproximadamente cuarenta kilómetros cuadrados y están conformadas por barrios, ciudadelas. La ubicación geográfica del área de estudio así como los sitios de localización de las estaciones se observa en la Figura 6.

Figura 6. Zona de estudio y localización de los puntos de monitoreo atmosférico



Nota: Ubicación geográfica de la zona de estudio y localización de las estaciones de monitoreo de calidad del aire, al noroeste (R-Norte AME), al centro (R-Centro) y al sureste (R-Sur-EMAPAR)
 Elaborado Por: Investigador, 2016

Como se observa en la figura 6, actualmente existen tres estaciones de monitoreo ubicados en el área urbana de norte a sur de la ciudad, codificados como: R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR.

Mensualmente se obtiene una concentración de los gases dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno por medio del método de monitoreo pasivo. Los sitios de ubicación y el equipo de monitoreo que se encuentra en cada estación es observa en las figuras 7, 8 y 9.

Figura 7. Estación R-Norte-AME



Nota: Ubicación del muestreador a cuatro metros de altura (a la derecha). Monitor pasivo de SO₂ y NO₂ (a la izquierda)
Fuente: Investigador, 2016

En la Figura 7, se observa el equipo de monitoreo pasivo en la estación R-Norte-AME, el cual se encuentra ubicado al noroeste de la zona de estudio, en la terraza de una vivienda, en la calle: Canónigo Ramos. Las coordenadas UTM (+-3m) son: 759408E; 9816613N. A una altura: 2807 msnm. Este sector es una zona de alto tráfico vehicular y densidad poblacional.

Figura 8. Estación R-Centro



Nota: Ubicación del muestreador a cinco metros de altura (a la derecha). Monitor pasivo de SO_2 , NO_2 ; equipo de monitoreo de PM_{10} y de material particulado sedimentable (a la izquierda)
Fuente: Investigador, 2016

En la Figura 8, se observa el equipo de monitoreo pasivo en la estación R-Centro, el cual se encuentra ubicado en el centro de la zona de estudio, en la terraza del Mercado Mariano Borja Colón, entre las calles: Guayaquil y Cristóbal Colón. Las coordenadas UTM (+-3m) son: 761445E; 9814846N. A una altura: 2765 msnm. Se caracteriza por su amplio desarrollo comercial de diversos tipos, entre las cuales están servicios artesanales, de vivienda, entre otros y de tráfico vehicular.

Figura 9. R-Sur-EMAPAR



Nota: Monitor pasivo de SO_2 , NO_2 .
Investigador, 2016

En la Figura 9, se observa el equipo de monitoreo pasivo en la estación R-Sur-EMAPAR, el cual se encuentra ubicado al sureste de la zona de estudio, en la terraza

de una vivienda, entre las calles: Félix Proaño y Londres. Las coordenadas UTM (+- 3m) son: 762244E; 9813731N. A una altura: 2761 msnm. Este sector es de alta densidad poblacional, ubicado el Hospital Regional y afluencia vehicular Ubicación:

4.2 Análisis de los resultados de calidad del aire

Con el fin de facilitar la comprensión del análisis de los datos obtenidos en las estaciones pasivas se debe mencionar que existe dos periodos de monitoreo debido a que entre el año 2011 a 2013 no se cuenta con los datos del muestreo, esto se debe a que no se gestionó y coordinó adecuadamente esta actividad entre las instituciones involucradas.

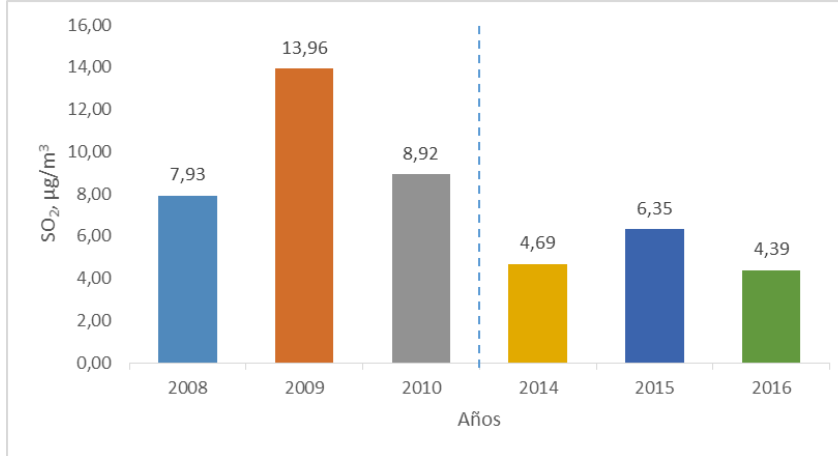
4.2.1 Estadística descriptiva de dióxido de azufre (SO₂).

Para el análisis se tiene presente que el dióxido de azufre se descarga a la atmósfera principalmente de las emisiones de industria, fuentes móviles y por las emisiones de los volcanes activos.

Estación R-Norte-AME (Noroeste de la ciudad).

La variación de los niveles de contaminación de dióxido de azufre (SO₂) en este punto de monitoreo se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Promedio anual de dióxido de azufre (SO₂) µg/m³ en R-Norte-AME



Nota: Muestra las concentraciones de dióxido de azufre anual en la estación R-Norte-AME
Elaborado por: Investigador, 2016 Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaría de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

Se puede observar en la Figura 10 el valor más alto de dióxido de azufre (SO₂) en la estación R-Norte-AME, que se registró en el año 2009 con un valor de 13,96 µg/m³, y en el año 2016 un valor de 4,39 µg/m³ el cual es el más bajo de todo el periodo de monitoreo registrado.

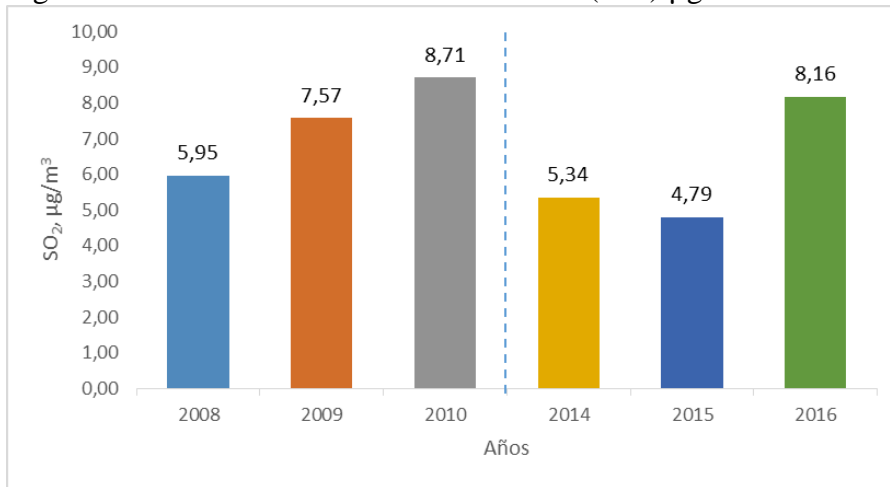
Al efectuar el análisis y al dividir los valores en dos periodos se observa que en el primero (2008-2010) las concentraciones son mayores que las que se registran en el segundo periodo (2014-2016).

Los datos anteriores pueden obedecer a que en el año 2009 la ciudad se vio afectada por episodios de erupción del volcán Tungurahua, que se manifestó a lo largo del año, con mayor intensidad desde Enero a Junio, se toma como referencia la información publicada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en los boletines especiales del volcán Tungurahua No. 01 de enero y el No. 05 de septiembre del 2009.

Estación R-Centro (Centro de la ciudad)

Los niveles de concentración de dióxido de azufre (SO₂), se muestra en la siguiente figura.

Figura 11. Promedio anual de dióxido azufre (SO₂) µg/m³ en R-Centro.



Nota: Muestra las concentraciones de dióxido de azufre anual en la estación R-Centro
Elaborado por: Investigador, 2016 Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

Se observa en la Figura 11, que el año 2010, en la Estación R-Centro, se registra una mayor concentración del contaminante dióxido de azufre (SO₂) que equivale a 8,71 µg/m³; seguido de 8,16 µg/m³ en el año 2016.

El valor más alto se registraron en el 2010, este fenómeno puede ser a causa de que en ese año la circulación vehicular en esta zona fue alterada por instalaciones de nuevas redes de agua potable por los alrededores del centro de la ciudad, proyecto ejecutado por la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba (EP EMAPAR).

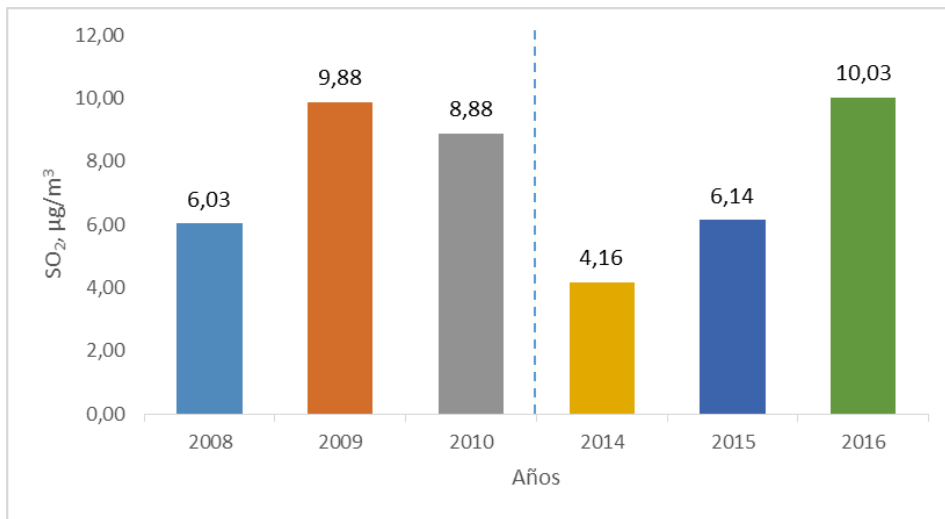
Se menciona además que la contaminación en el primer periodo (2008-2010) es

mayor que el segundo (2014-2016), la disminución de la contaminación en el en el segundo período puede ser producto del combustible de mejor calidad, esto se puede manifestar en base a la información publicada por el Ministerio de Hidrocarburos.

Estación R-Sur-EMAPAR (Sureste de la Ciudad)

Los niveles de concentración en este sector se presentan a continuación.

Figura 12. Promedio anual de dióxido de azufre (SO₂) µg/m³ en R-Sur-EMAPAR.



Nota: Muestra la concentración de dióxido de azufre anual en la estación R-Sur-EMAPAR
Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaría de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

En la Figura 12, se observa que en la Estación R-Sur-EMAPAR, el parámetro dióxido de azufre (SO₂), registró un promedio de 10,03 µg/m³ en el año 2016, el más alto del período de monitoreo.

La concentración que se obtiene en el año 2016, puede estar influenciada por la actividad eruptiva del volcán Tungurahua, que se manifestó con más intensidad a

inicios del año (Instituto Geofísico, 2016). Y por la instalación del muestreador en otro sitio.

Comparación de las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂), con la Norma y Guías de la OMS

Para conocer si existe violación de Norma se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Comparación de SO₂ (µg/m³) con la Norma y Guías de la OMS

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR	TULSMA	OMS	EXECEDE LOS LIMITES
2008	7,93	5,95	6,03	60	50	NO
2009	13,96	7,57	9,88	60	50	NO
2010	8,92	8,71	8,88	60	50	NO
2014	4,69	5,34	4,16	60	50	NO
2015	6,35	4,79	6,14	60	50	NO
2016	4,39	8,16	10,03	60	50	NO

Nota: Comparación de las concentraciones de dióxido de azufre anual y por estación con Normas y Guías de Calidad del Aire

Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

Como se observa en la Tabla 11., los niveles más altos de contaminación obtenidos se señala de la siguiente manera: 13,96 µg/m³ que se registró en el año 2009 en la estación R-Norte-Ame, y en el año 2016 con un promedio de 10, 03 µg/m³, en la Estación R-Sur-EMAPAR, estos son los valores más alto de todo el tiempo de monitoreo.

El promedio de SO₂ en todos los años de monitoreo en las estaciones Norte, Centro y Sur de la zona urbana de la ciudad de Riobamba no registra un índice mayor al

establecido en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, ni supera los estándares establecidos en las Guías de la Organización Mundial para la Salud.

Según los datos del segundo periodo de monitoreo los niveles de concentración de este gas disminuyen en comparación a los valores registrados en el primer período, posiblemente por influencia de los episodios de erupción del Volcán Tungurahua que se manifestaron (Boletines especiales del volcán Tungurahua No. 01 de enero y el No. 05 de septiembre del 2009, publicados por el Instituto Geofísico).

Otra razón puede ser, por el uso de combustible que se comercializa, de mejor calidad es decir de mayor octanaje a partir del año 2012, en este año se anunció una mejora en la calidad de la gasolina extra de 81 a 87 octanos, mientras que la súper pasaba de 90 a 92 octanos (Ministerio de Hidrocarburos).

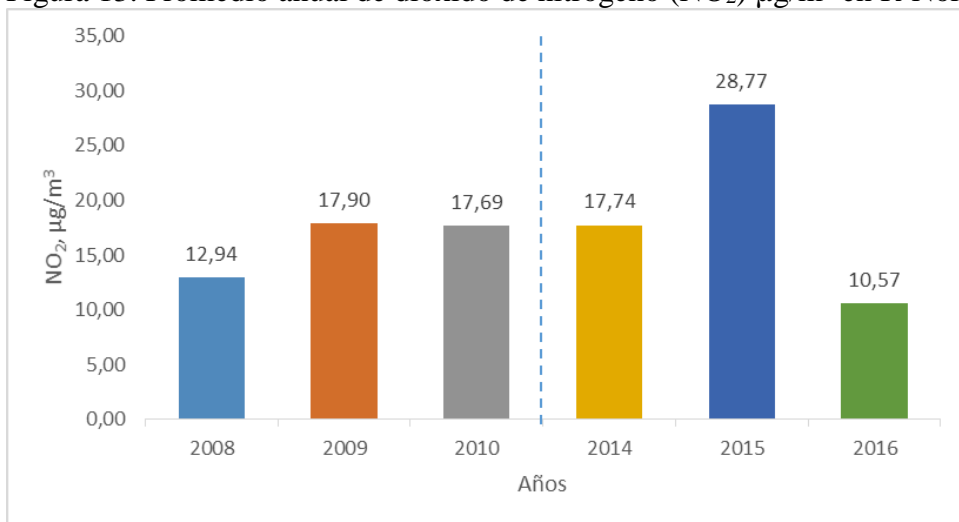
4.2.2 Estadística descriptiva de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Para efectuar el análisis se toma como referencia las principales fuentes de emisión se producen en los escapes de los vehículos motorizados y en la quema de combustibles fósiles.

Estación R-Norte-AME (Noroeste de la ciudad).

Las concentraciones registradas en esta estación se muestran en la Figura 13.

Figura 13. Promedio anual de dióxido de nitrógeno (NO₂) µg/m³ en R-Norte-AME



Nota: Muestra la concentración de dióxido de nitrógeno anual en la estación R-Norte-Ame
Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

En la Figura 13, se observa que en la estación R-Norte- AME el dióxido de nitrógeno (NO₂) presenta un incremento en el año 2015 con un promedio anual de 28,77 µg/m³, este valor es el más alto de todo el período de monitoreo en esta estación

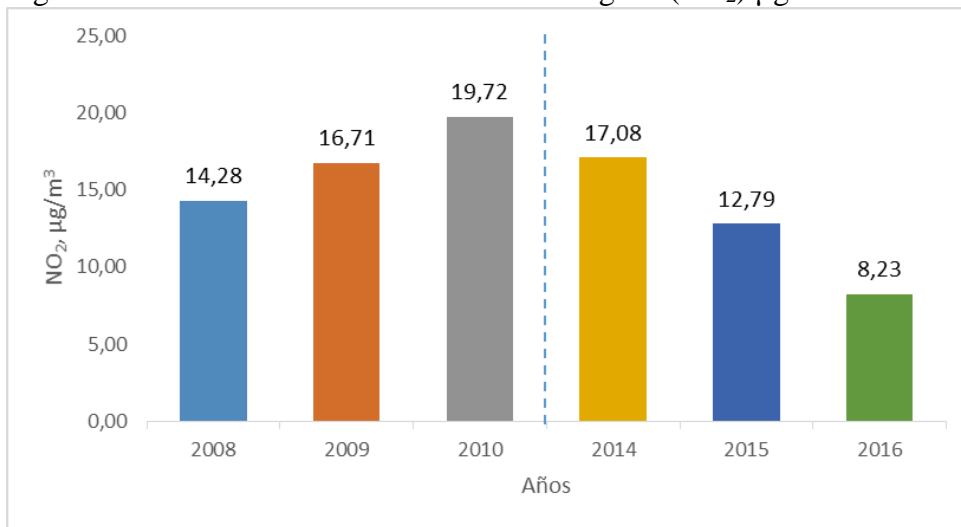
Considerando la fuente principal de emisión de este gas y al relacionar con la del dióxido de azufre, la principal fuente de emisión de estos es la de los tubos de escape de los vehículos, que para el año 2015 los dos contaminantes presentan una elevación en la concentración, lo que permite indicar que una de las causas de este incremento puede ser el aumento de la circulación de todo tipo de vehículo por las vías cercanas a la estación de monitoreo. Se menciona también que en este sector la Av. Lizarzaburu vía principal de descongestionamiento hacia el norte de la ciudad se vio alterada por la rehabilitación de esta y la construcción del paso a desnivel, que en ese mismo año fue inaugurado, estas obras se encuentran dentro del proyecto de rehabilitación de vías de

la ciudad de Riobamba, de longitud 22 km, que realizo del Ministerio de Transporte y Obras públicas.

Estación R-Centro (Centro de la ciudad).

Los niveles de concentración de dióxido de azufre (NO₂), se muestra en la siguiente figura.

Figura 14. Promedio anual de dióxido de nitrógeno (NO₂) µg/m³ en R-Centro



Nota: Muestra la concentración de dióxido de nitrógeno anual en la estación R-Centro
Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

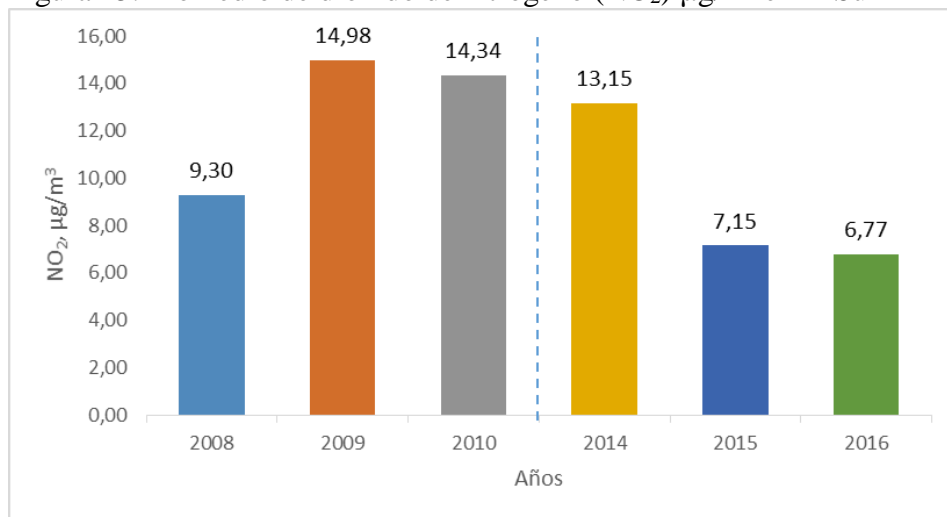
Análisis e Interpretación

En la Figura 14, en la estación R-Centro para el año 2016 se observa una disminución de este contaminante comparado con los demás años de monitoreo, el mayor valor registrado es de 19,72 µg/m³ en el año 2010. El segundo periodo de monitoreo registra una disminución de la concentración de este contaminante, llegando al año 2016 con un valor registrado de 8,23 µg/m³.

Estación R-Sur-EMAPAR (Sureste de la Ciudad)

Los niveles de concentración en este sector se presentan a continuación.

Figura 15. Promedio de dióxido de nitrógeno (NO₂) µg/m³ en R-Sur-EMAPAR



Nota: Indica la concentración de dióxido de nitrógeno anual en la estación R-Sur-EMAPAR
Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaría de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

En la Figura 15 se observa que en la estación R-Sur-EMAPAR la contaminación por dióxido de nitrógeno (NO₂), presenta valores promedio máximo de 14,98 µg/m³ para el año 2009, 14,34 µg/m³ para el 2010 y de 13,15 µg/m³ para el 2014, se tiene una baja para los años 2015 con 7,15 µg/m³ y 2016 de 6,77 µg/m³.

Esta tendencia a disminuir la contaminación puede ser a causa de la mejora en la calidad del combustible que se expende en el Estado Ecuatoriano, ya que un combustible de bajo índice de octano se queman más rápido y en forma menos controlada, por lo que se tiene mayor formación de NO_x, (NO, NO₂). Como se menciona anteriormente el Ministerio de Hidrocarburos expende un combustible mejorado desde el año 2012.

La rehabilitación de la avenida nueve de Octubre (mejor conocida como la Circunvalación), una de las vías principales puede también influir en la disminución de la concentración en este sector, ya que un buen estado de la vía permite una mayor fluidez en el tránsito vehicular. Según la información publicada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), el proyecto se inició en el año 2012 y concluyó en 2014.

Comparación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂), con la Norma y Guías de la OMS.

Para conocer si existe violación de Norma se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Comparación de NO₂ (µg/m³) con Norma Nacional y Guía Internacional

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR	NORMA NACIONAL y OMS	EXECEDE LOS LÍMITES
2008	12,94	14,28	9,30	40	NO
2009	17,90	16,71	14,98	40	NO
2010	17,69	19,72	14,34	40	NO
2014	17,74	17,08	13,15	40	NO
2015	28,77	12,79	7,15	40	NO
2016	10,57	8,23	6,77	40	NO

Nota: Comparación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno anual y por estación con Normas y Guía de Calidad del aire

Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

La Tabla 12 muestra que en el período de monitoreo (2008-2010), presentan promedios más elevados que el segundo período de monitoreo (2014-2016).

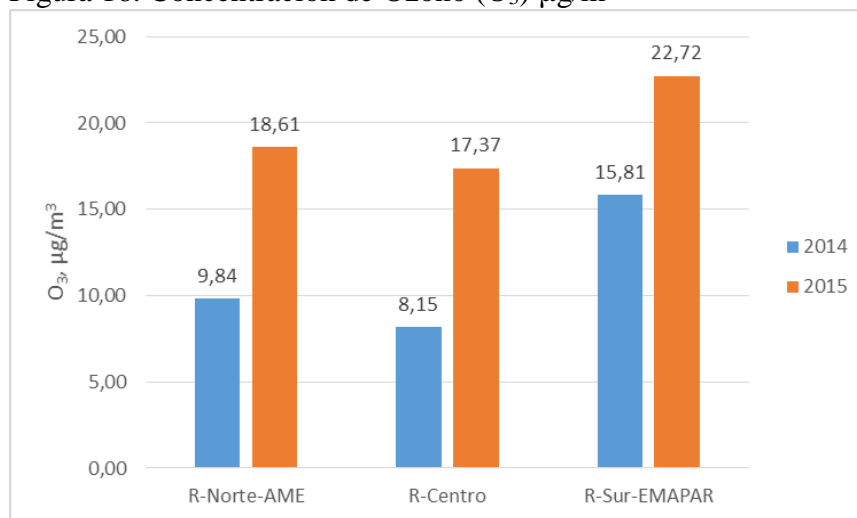
En el año 2015 se registra la mayor concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en la estación R-Norte-AME que es de 28,77 µg/m³. Esta estación registra los más altos niveles de NO₂.

El promedio de NO₂ en todos los años de monitoreo en las estaciones Norte, Centro y Sur de la zona de estudio, no supera el límite permisible de 40 µg/m³ estipulado en la Norma de Calidad del Aire y en las Guías de la Organización Mundial de la Salud.

Análisis de las concentraciones del Ozono (O₃)

El ozono troposférico (O₃) se forma por reacciones químicas en el aire entre los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar.

Figura 16. Concentración de Ozono (O₃) µg/m³



Nota: Muestra las concentraciones de ozono en el año 2014 y 2015 en la estación R- Norte-AME, R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaría de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

Como se observa en la Figura 16, este parámetro registra en el año 2014 un promedio de 11,27 µg/m³, mientras que en el año 2015 presentó una concentración de 19,57 µg/m³. La concentración más alta se presentó en la estación R-Sur-EMAPAR con un valor de 22,72 µg/m³ en el año 2015.

Para este contaminante existe un límite máximo establecido por la Norma de calidad del Aire octohorario que es 100 µg/m³, razón por la cual no se compara con el nivel

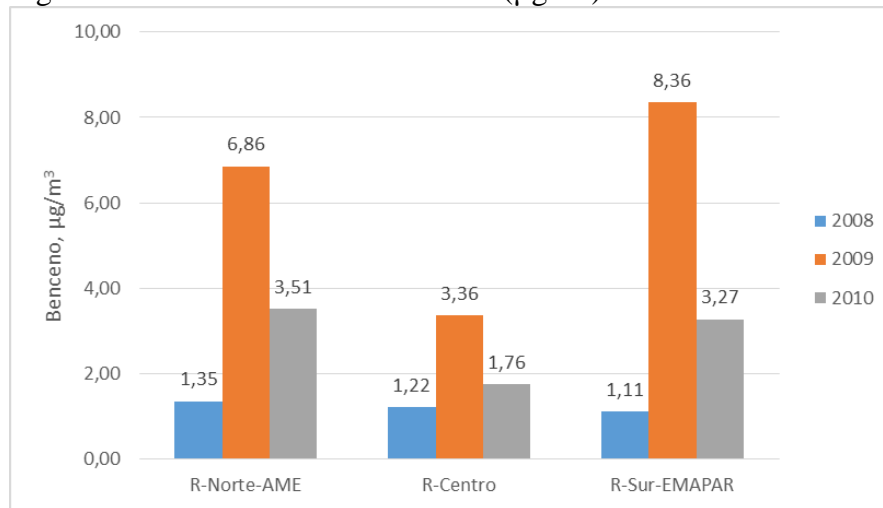
promedio registrado para este contaminante ya que el valor es mensual. Sin embargo los valores encontrados están muy por debajo del límite máximo permisible octohorario.

Análisis de las concentraciones del Benceno, Tolueno, Xileno

Benceno

Las emisiones se deben principalmente al tráfico vehicular, por autos a gasolina, se produce por la combustión incompleta de los combustibles, el aceite lubricante del motor y adicionalmente por la evaporación de los combustibles del sistema del vehículo, esto ocurre cuando se realiza una conducción alborotada o luego de finalizar la conducción cuando el vehículo está caliente. Otra fuente de emisión es la erupción de volcanes. En la Figura 17, se muestra las concentraciones de benceno.

Figura 17. Concentración de Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Nota: Concentración de benceno en los años 2008, 2009 y 2010 en la estación R- Norte-AME, R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

En la Figura 17, se observa que los valores con mayores concentraciones de este contaminante en el aire ambiente corresponden al año 2009, con una concentración de 6,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación R-Norte-AME y de 8,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación R-Sur-EMAPAR la más alta en este período de monitoreo.

Este incremento en las concentraciones pueden estar influenciadas por episodios del volcán Tungurahua que se presentó en el año 2009, (Boletines especiales del volcán Tungurahua No. 01 de enero y el No. 05 de septiembre del 2009).

Comparación de las concentraciones de Benceno con la Norma Nacional

Para conocer si existe violación de Norma se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Comparación de Benceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) con la Norma Nacional

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR	NORMA ECUATORIANA
2008	1,35	1,22	1,11	5
2009	6,86	3,36	8,36	5
2010	3,51	1,76	3,27	5

Nota: Comparación de las concentraciones de benceno anual y por estación con Normas de calidad del Aire

Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

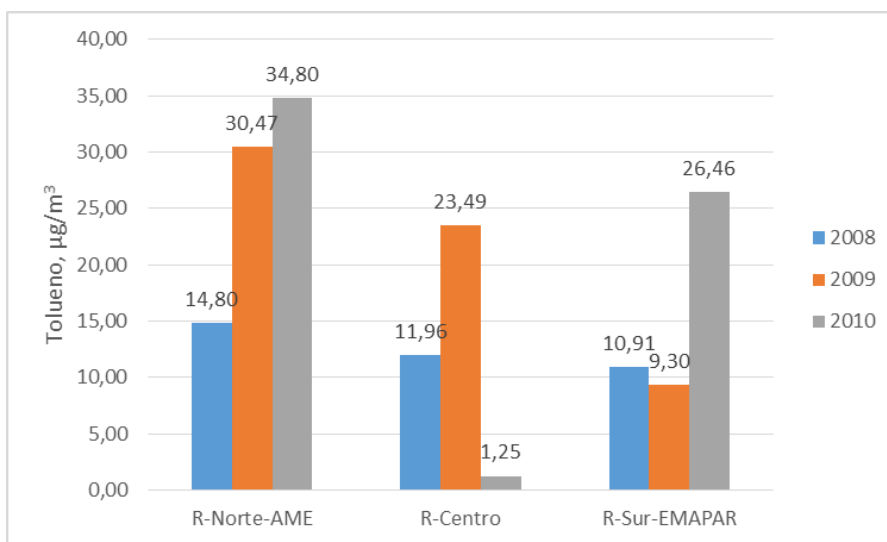
La Tabla 13 muestra que en el año 2009 se superó el límite permisible en la estación R-Norte-AME con un valor de 6,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 8,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación R-Sur-EMAPAR. Pudo deberse a las emisiones producidas por el parque automotor ya que

en esta zona se registró una mayor concentración tanto de dióxido de azufre como de dióxido de nitrógeno en el mismo año y a las emisiones producidas por la actividad del volcán Tungurahua.

Tolueno

Este contaminante se monitoreo desde el año 2008 al 2010, en las tres estaciones.

Figura 18. Promedios anuales de Tolueno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Nota: Muestra la Concentración de tolueno en la estación R- Norte-AME, R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

Como se observa en la Figura 18, la estación R-Norte-AME muestra el nivel más alto de este contaminante que es de $34,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Y el año de mayor concentración es en el año 2009 con un promedio de $21,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para conocer si se supera los valores guías establecido en los estándares de la OMS, se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Concentración de Tolueno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR
2008	14,80	11,96	10,91
2009	30,47	23,49	9,30
2010	34,80	1,25	26,46

Nota: Concentraciones de tolueno anual y por estación

Elaborado por: Investigador, 2016

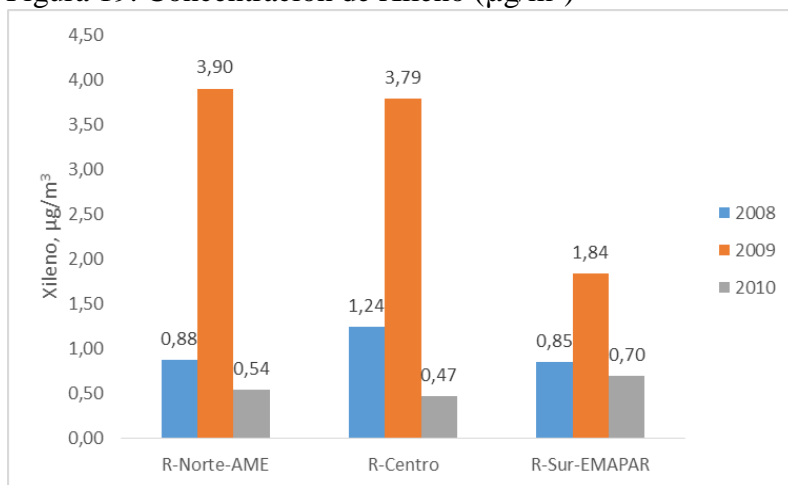
Análisis e Interpretación

La Tabla 14 muestra que de acuerdo a los valores guía para contaminantes del aire no cancerígenos recomendados por la OMS que es de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobre los cuales hay efectos sobre el Sistema Nervioso Central de los trabajadores en un tiempo de exposición de una semana, no registra superación de valores en ningún año.

Xileno

El año que registra mayor concentración es el 2009 en las tres estaciones, y al igual que el tolueno es en la estación R-AME es donde se registra mayor concentración.

Figura 19. Concentración de Xileno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Nota: Concentración de xileno anual en la estación R- Norte-AME, R-Centro y R-Sur-EMAPAR
Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

De acuerdo a la Figura 19, en el año 2009 se observó una mayor concentración con un valor de $3,18\mu\text{g}/\text{m}^3$ y es en la estación R-Norte-AME donde se registró un valor de $3,90\mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponde al valor más alto de este contaminante en el período de muestreo.

Para conocer si se supera los valores guías establecido en los estándares de la OMS, se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Concentración de Xileno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR
2008	0,88	1,24	0,85
2009	3,90	3,79	1,84
2010	0,54	0,47	0,70

Nota: Concentraciones de xileno anual y por estación
Elaborado por: Investigador, 2016

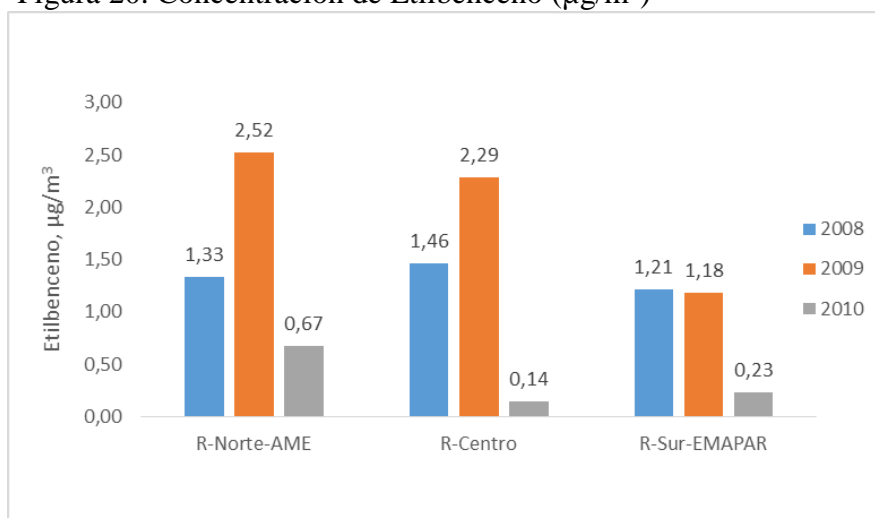
Análisis e Interpretación

La Tabla 15, muestra que de acuerdo a los valores guía para contaminantes del aire no cancerígenos recomendados por la OMS que es $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sobre los cuales hay efectos en la salud en un tiempo de exposición de un año, no se observa superación.

Etilbenceno

Este contaminante al igual que tolueno, xileno registra una mayor concentración en el año 2009, y es en la estación R-AME donde se observa un mayor nivel.

Figura 20. Concentración de Etilbenceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Nota: Concentración de etilbenceno anual por estación

Elaborado por: Investigador, 2016. Fuente: Laboratorio de Análisis de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito

Análisis e Interpretación

Como se observa en la figura 20, la mayor concentración de la contaminación por etilbenceno se presenta en la Estación R-Norte-AME, con un valor de $2,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009, el más alto.

Para conocer si se supera los valores guías establecido en los estándares de la OMS, se compara el resultado promedio anual de cada estación como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Concentración de Etilbenceno ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

AÑO	R-Norte-AME	R-Centro	R-Sur-EMAPAR
2008	1,33	1,46	1,21
2009	2,52	2,29	1,18
2010	0,67	0,14	0,23

Nota: Concentraciones de etilbenceno anual y por estación
Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

Según los valores guía para contaminantes no cancerígenos recomendados por la OMS, el etilbenceno tiene como efectos sobre la salud el incremento de peso de los órganos, el valor de concentración tolerable $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en un tiempo promedio de exposición de 1 año y de acuerdo a los valores registrados en todo el período monitoreado no existe excedencia de este contaminante.

4.3 Análisis de varianza del dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2)

Se realiza un análisis de varianza (ANOVA), el cual permite ver si hay diferencia significativa entre las concentraciones de las tres estaciones de dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2) desde el año 2008 al año 2016.

Análisis de varianza de dióxido de azufre (SO₂) por estación de monitoreo

El análisis determina la diferencia significativa o no de las concentraciones en las tres estaciones.

Tabla 17. Análisis de varianza por estaciones de dióxido de azufre (SO₂)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	89,756	2	44,878	1,039	0,356	3,056
Dentro de los grupos	6477,007	150	43,180			
Total	6566,764	152				

Nota: Este análisis muestra la diferencia que existe entre los datos de concentración de SO₂ de las tres estaciones de monitoreo calidad del aire

Elaborado por: Investigador, 2016

En la Tabla 17, al aplicar análisis de varianza se obtiene una probabilidad de 0,356 y comparando es mayor al nivel de significancia de 0,05 esto quiere decir que no existe diferencia significativa entre las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) en las estaciones de monitoreo de la zona de estudio desde del año 2008 al 2016.

Análisis de varianza dióxido de azufre (SO₂) en el período monitoreado

Se realiza un análisis de varianza (ANOVA), el cual permite ver si hay diferencia significativa de las concentraciones en el período de monitoreo (2008-2010 y 2014-2016).

Tabla 18. Análisis de varianza del dióxido de azufre (SO₂) en el período de monitoreo

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	646,741	5	129,348	3,211	0,008	2,275
Dentro de los grupos	5920,022	147	40,272			
Total	6566,764	152				

Nota: Este análisis muestra la diferencia que existe entre los datos de concentración de SO₂ en el periodo de monitoreo Calidad del Aire
Elaborado por: Investigador, 2016

En la tabla 18, al aplicar análisis de varianza se obtiene una probabilidad de 0,008 y comparando es menor al nivel de significancia de 0,05 esto quiere decir que al comparar la contaminación de dióxido de azufre (SO₂) de los dos períodos; 2008-2010 y 2014-2016, se obtiene que al menos un año es diferente en el promedio de concentración en el período de monitoreo. Debido a dicho resultado se procede a realizar la prueba de Tuckey.

Tabla 19. Análisis de Tuckey por año de dióxido de azufre (SO₂)

Año	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		Grupo 1	Grupo 2
TukeyB ^{a,b}	2014	25	4,7563
	2015	27	5,7623
	2008	33	6,6383
	2016	12	7,5270
	2010	20	8,8332
	2009	36	10,4703

Nota: La prueba de Tuckey demuestra los niveles más altos de SO₂ reportados en el período de monitoreo de Calidad del Aire
Elaborado por: Investigador, 2016

En la Tabla 21, observamos dos grupos de homogeneidad, el primer grupo lo conforman el promedio de concentraciones de los años 2014, 2015, 2008, 2016, 2010. El segundo grupo conformado por las concentraciones de los años 2015, 2008, 2016,

2010, 2009. Esto quiere decir que los valores de contaminación son similares en la mayoría de años.

El año 2014 presenta un promedio inferior a los demás años de concentración y el 2009 es el año que tiene mayor promedio de concentración con relación a los años analizados.

Análisis de varianza de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el período monitoreado

Tabla 20. Análisis de Varianza de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el período de monitoreo

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1034,889	5	206,977	2,061	0,073	2,275
Dentro de los grupos	14755,653	147	100,378			
Total	15790,543	152				

Nota: Este análisis muestra la diferencia que existe entre los datos de concentración de NO₂ en el periodo de monitoreo Calidad del Aire.

Elaborado por: Investigador, 2016

En la Tabla 20, al aplicar análisis de varianza se obtiene una probabilidad de 0,073 y comparando es mayor al nivel de significancia de 0,05 esto quiere decir que no existe diferencia significativa al comparar la contaminación de dióxido de nitrógeno (NO₂) de los dos períodos; 2008-2010 y 2014-2016.

Análisis de varianza dióxido de nitrógeno (NO₂) por estación de monitoreo

Tabla 21. Análisis de varianza por estaciones de dióxido de nitrógeno (NO₂)

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1188,029	2	594,014	6,101	0,0028	3,056
Dentro de los grupos	14602,513	150	97,350			
Total	15790,543	152				

Nota: Este análisis muestra la diferencia que existe entre los datos de concentración de NO₂ de las tres estaciones de monitoreo Calidad del Aire.

Elaborado por: Investigador, 2016

La Tabla 21 al aplicar análisis de varianza se obtiene una probabilidad de 0,0028 y comparando es menor al nivel de significancia de 0,05 esto comprueba que al menos en una estación de monitoreo las concentraciones de dióxido de azufre (NO₂) desde 2008 al 2016 es diferente; posteriormente se aplica la prueba de Tuckey.

Tabla 22. Prueba Tuckey para estaciones de dióxido de nitrógeno (NO₂)

	Estación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			Grupo 1	Grupo 2
TukeyB ^{a,b}	R-Sur-EMAPAR	50	11,2954	
	R-Centro	52	15,3349	15,3349
	R-Norte-AME	51		18,1201

Nota: La prueba de Tuckey demuestra los niveles más altos de NO₂ reportados en la estación de monitoreo de Calidad del Aire

Elaborado por: Investigador, 2016

En base al resultado del análisis de varianza del NO₂ se aplica la prueba de Tukey, los resultados se muestra en la tabla 22, donde se observa dos grupos con concentraciones de NO₂ homogéneas, el primer grupo está compuesto por las emisiones registradas en las estaciones R-Sur-EMAPAR y R-Centro, y el segundo

grupo está compuesto de las emisiones registradas en las estaciones R-Centro y R-Norte-AME, esto permite diferenciar los niveles de contaminación en las estaciones. De acuerdo a este análisis estadístico, se observa que la estación R-Sur-EMAPAR tiene un promedio inferior a las demás estaciones de concentración y el R-Norte-AME es la estación que tiene mayor promedio de concentración con relación a las demás estaciones analizadas y la estación R-Centro tiene una homogeneidad con cada estaciones.

4.4 Conteo vehicular

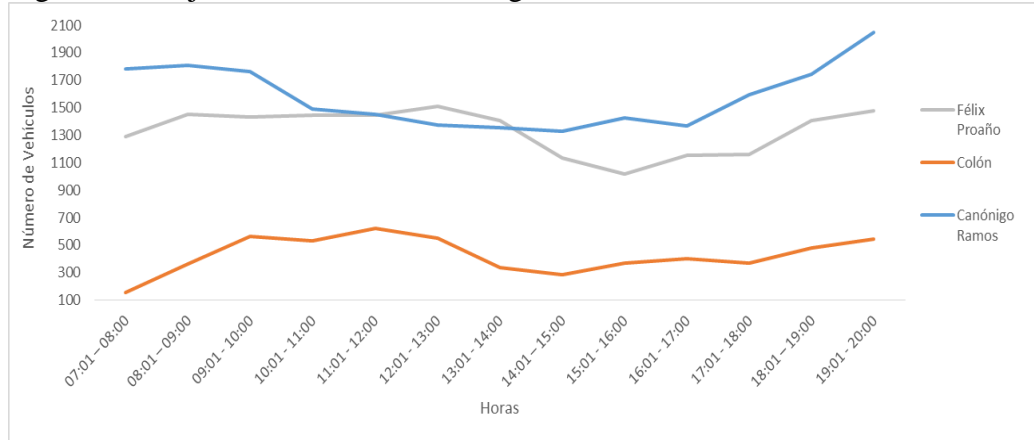
Tomando como punto de partida el hecho de que el parque automotor tiende a crecer año tras año, que los sectores de estudio son considerados de alta circulación vehicular y a nivel industrial son pocas las industrias instaladas en la ciudad, se realiza un análisis de la contaminación de SO₂ y NO₂, estimando que las emisiones son causadas por el tráfico vehicular por tal motivo se realiza un conteo de los vehículos.

El conteo vehicular se realiza en dos avenidas y una calle céntrica de la ciudad, cercanas a las estaciones de monitoreo pasivo de calidad del aire, las vías son de alto tráfico vehicular. En el norte se contabiliza los vehículos en la avenida Canónigo Ramos de doble sentido Norte-Sur, Sur-Norte con dos carriles en cada dirección, esta zona es residencial y educativa. Al centro de la ciudad se considera la calle Colón, esta vía es de una sola dirección de este a oeste es un sector comercial y residencial y al sur la avenida Félix Proaño de doble sentido de zona residencial. El conteo se efectúa en horario de 07H01 a 20H00 horas los días jueves considerado como día regular, el sábado como día feriado en la Ciudad de Riobamba y el día domingo de vacación.

Conteo Vehicular en un día Regular (jueves)

Para observar el comportamiento de los vehículos en el transcurso del día, se representa la movilidad vehicular de las tres vías de referencia en un día específico.

Figura 21. Flujo Vehicular de un día regular



Nota: Representación del movimiento vehicular en el día jueves
Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

En la Figura 21, se observa que en la avenida Canónigo Ramos en horarios de: 07H01 a 08H00 horas, aproximadamente circulan alrededor de 1781 vehículos, de 08H01 a 09H00 horas 1809 vehículos y de 19H01 a 20H00 horas 2048 vehículos, estos valores son los más altos registrados en el transcurso del día.

El mayor número de movilidad vehicular se observa en horas de la mañana, que es hora de movilización a los centros educativos como la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, el Conservatorio de música Anda Aguirre, la Unidad Educativa Riobamba principalmente, y a los distintos lugares de trabajo. Así mismo se observa un incremento en la movilidad vehicular en la tarde a partir de las 17H01 horas esto puede ser por el fin de la jornada laboral.

En la avenida Félix Proaño, la circulación de mayor número de vehículos es de 12H01 a 13H00 horas con un valor de 1512; a las 20H00 horas un número de vehículos de 1476 y de 08H01 a 09H00 un número 1452, vehículos. La movilidad en esta avenida, puede ser a causa del traslado de estudiantes a las Unidades Educativas que se encuentra en la zona desde las zonas rurales y de influencia inmediata de Riobamba, así como de otro cantón cercano, como también por el traslado de las personas a sus diferentes sitios de trabajo.

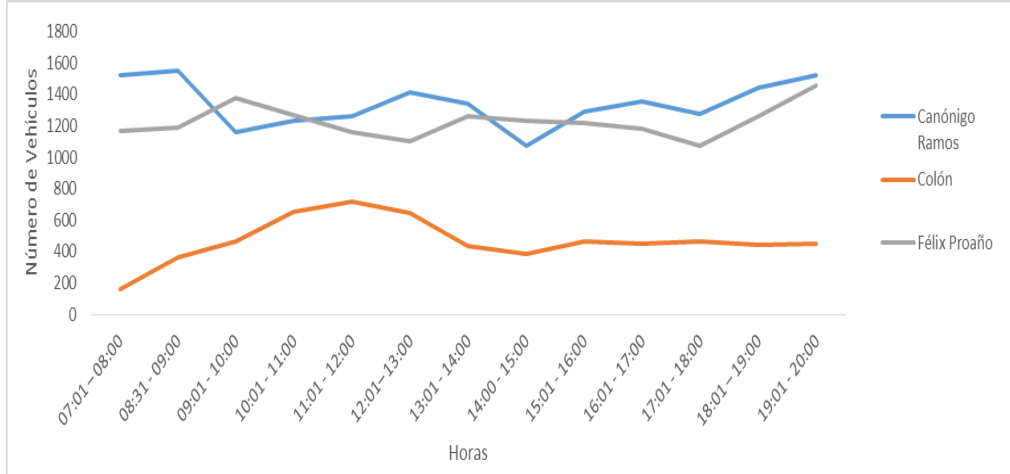
En la Calle Colón se ve un ligero incremento de la circulación desde las 09H01 a 12H00 horas y de 11H01 a 12H00 horas, el número de vehículos es de 619 que corresponde al valor más alto que se observa. En esta calle el fluido vehicular no varía significativamente porque la calle se encuentra en el centro de la ciudad, la circulación no es tan fluida en comparación con las otras vías de estudio. Sin embargo se ve mayor movimiento en la mañana que puede ser a causa que en el sector existe oficinas públicas, centros de abastos, mercado popular, unidades educativas, etc.

Después del conteo realizado en la avenida Canónigo Ramos se registra una circulación vehicular de 20539; en la avenida Félix Proaño de 17333; la calle Colón 5568 vehículos; la Canónigo Ramos es la vía donde mayor cantidad de vehículos circulan durante un día normal de la semana. Esta vía es utilizada para descongestionar el tráfico ya que el número de semáforos es bajo comparadas con las vías paralelas.

Conteo Vehicular en un día de feria (sábado)

En Riobamba el día sábado es de gran actividad comercial.

Figura 22. Flujo Vehicular de un día feriado



Nota: Representación del movimiento vehicular en el día sábado

Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

Tomando como relación el análisis del número de vehículos que circulan por las tres calles monitoreadas como se observa en la figura 22, en la avenida Canónigo Ramos registra mayor circulación vehicular con 17448; seguida de la avenida Félix Proaño con 15958; luego la calle Colón 6102 vehículos. Al realizar un análisis calle por calle monitoreada tenemos lo siguiente:

En la avenida Canónigo Ramos los picos de circulación vehicular en el transcurso del día, entre los más representativos está en horarios como de 08H01 a 09H00 con número de vehículos con 1551 que es el más alto del día, 12H01 a 13H00 contamos con un promedio de 1415 vehículos, de 19H01 a 20H00 de 1459.

La avenida Canónigo Ramos es una vía de ingreso a la ciudad, en día feriado es transitado sobre todo por comerciantes que viene de distintas ciudades, esta podría ser la razón de que exista una mayor movilización vehicular en horas de la mañana, luego se ve que en horas de inicio de la noche hay crecimiento en la circulación de vehicular la causa puede ser que la actividades comerciales ya terminan.

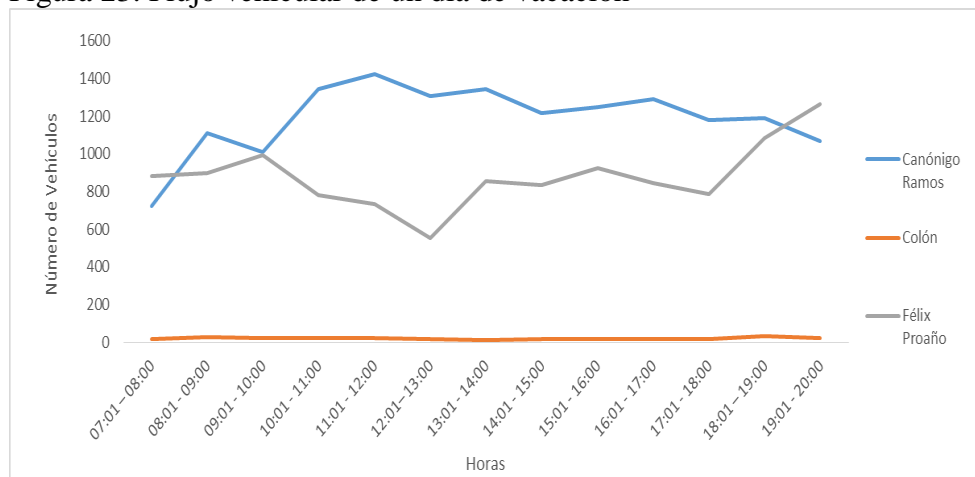
En la avenida Félix Proaño, de 09H01 a 10H00 horas circulan 1380 vehículos, de 19H01 a 20H00 circulan 1459. Con lo indicado se podría manifestar que el mayor número de vehículos obedece a que es una zona comercial, vía principal por la cual circulan vehículos con productos agrícolas para el consumo humana en días feriados a la ciudad.

En la calle Colón se observa un incremento en la movilidad en el intervalo de 10H01 a 13H00 horas, siendo el más alto de 11H01 a 12H00 horas con 719 vehículos. A diferencia de un día regular, el número de vehículos del día sábado presenta un ligero incremento con respecto al jueves, puede ser a causa de la feria que se efectúa en el Mercado la Merced que es visitado con fines comerciales y gastronómicos. A partir de las 13H01 horas el movimiento vehicular no varía significativamente.

Conteo Vehicular en un día de vacación (domingo)

....En este día la circulación vehicular es inferior en relación a los otros días considerados.

Figura 23. Flujo vehicular de un día de vacación



Nota: Representación del flujo vehicular en el día domingo
Elaborado por: Investigador, 2016

Análisis e Interpretación

Tal como se ve en la Figura 23, en la avenida Canónigo Ramos hay un movimiento constante de vehículos sin embargo se puede observar que hay un ligero incremento de 11H01 a 12H00 horas con 1426 vehículos que circulan. Esta es una vía que regularmente se transita para dirigirse de Norte o al Sur de la ciudad.

En la avenida Félix Proaño en el día de descanso el mayor movimiento de vehículos se ve de 09H01 a 10H00 con un valor de 859 vehículos. Se puede decir que el flujo vehicular es bajo y constante de 07H01 a 18H00, a partir de las 18H01 el flujo vehicular aumenta hasta las 20H00 horas.

En la calle Colón el fluido vehicular en días no laborables es escaso debido a la poca actividad comercial, el mayor número de vehículos es de 33 de 18H01 a 19H00 horas.

En general el domingo presenta un movimiento vehicular bajo en las vías de estudio con respecto a los otros días analizados, se puede indicar que para estos días en la avenida Canónigo Ramos se observa el mayor número de vehículos, seguido de la avenida Félix Proaño.

4.5 Concentraciones horarias estimadas en la ciudad de Riobamba

Riobamba no cuenta con una estación de monitoreo de la calidad del aire ambiente automática, por lo que no se conocen datos horarios, diarios de las concentraciones de contaminantes del aire que permitan distinguir picos de contaminación. Considerando este antecedente se toma como base de cálculo los datos emitidos por la estación automática Belisario de la Ciudad de Quito, la misma que se encuentra en una zona comercial, residencial. La altura es similar a la de Riobamba y es una vía de tráfico vehicular.

Concentración horaria estimada de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂)

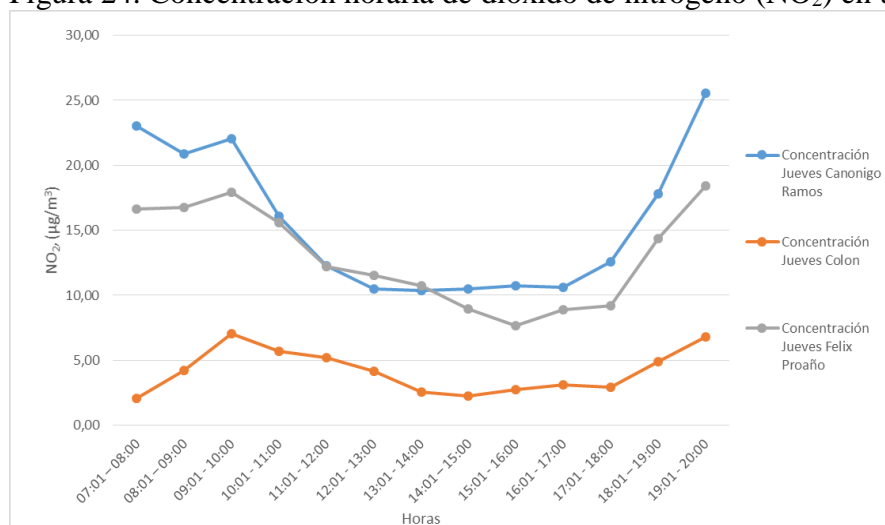
Para calcular las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre horarias de Riobamba se toma como referencia el número de vehículos de las tres avenidas en donde se encuentran las estaciones de monitoreo; el número de vehículos de la avenida América de Quito, así como las concentraciones horarias de los mismos días de la estación automática. Como resultado se conoce un valor estimado de contaminación en las tres zonas de estudio en los mismos días.

Se considera para la realización de los cálculos entre los parámetros antes mencionados que la principal fuente de emisión es la producida por la circulación vehicular.

Concentración horaria estimada de dióxido de nitrógeno (NO₂)

Para analizar las concentraciones estimadas se procede a representar gráficamente los resultados por día determinado, que para el caso son jueves, sábado y domingo.

Figura 24. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO₂) en un día regular



Nota: Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en el día jueves en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

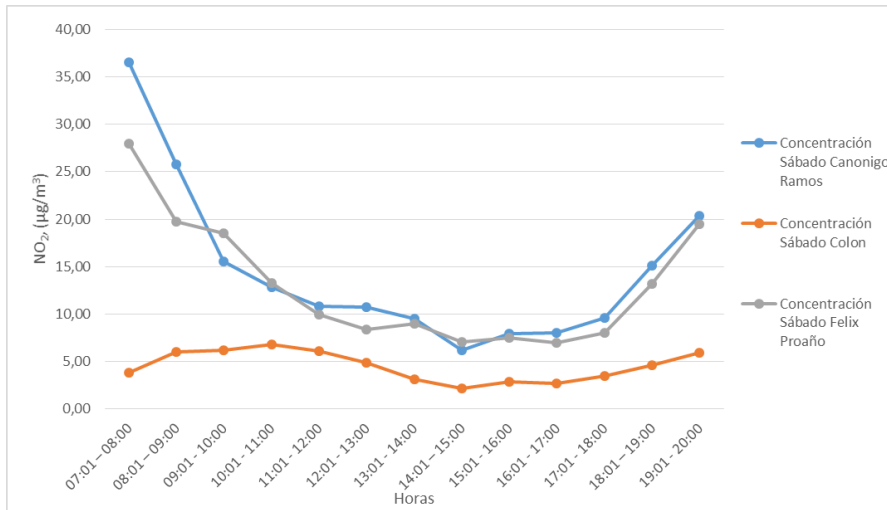
En la Figura 24, se observa que la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂), en la avenida Canónigo Ramos (norte), presenta niveles mayores en comparación a los de la calle Félix Proaño (sur) y este a su vez es mayor que en la calle Colón (centro).

De acuerdo a la movilidad vehicular de la calle Canónigo Ramos, la concentración de NO₂ es de 23,04 µg/m³ de 07H01 a 08H00 horas; 20,87 µg/m³ de 08H01 a 09H00 horas; 22,02 µg/m³ de 09H01 a 10H00 y 25,55 µg/m³ de 19H01 a 20H00 horas, los valores más altos.

Según la movilidad vehicular de la avenida Félix Proaño (sur), se observan concentraciones altas desde las 07H01 a 10H00 horas; de 16,66 µg/m³ de 07H01 a 08H00 horas; 16,75 µg/m³ de 08H01 a 09H00; 17,92 µg/m³ de 09H01 a 10H00 horas y el valor más alto de 18,41 µg/m³ en la noche de 19H01 a 20H00 horas.

En el centro (calle Colón), se observa una mayor contaminación en horas de la mañana, registrándose una concentración de 7,06 µg/m³ de 09H01 a 10H00 horas. Este valor de contaminación puede ser causa no solo del número de vehículos que es de 565 que transitan por la vía sino también por otros factores como la inversión térmica de la atmosfera, etc., ya que en esta vía existe mayor número de vehículos de 11H01 a 12H00 horas con un valor de 619 y que reporta una concentración de 5,22 µg/m³ que es una concentración menor a la obtenida con menos número de vehículos.

Figura 25. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO₂) en un día feriado



Nota: Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en el día sábado en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR.

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

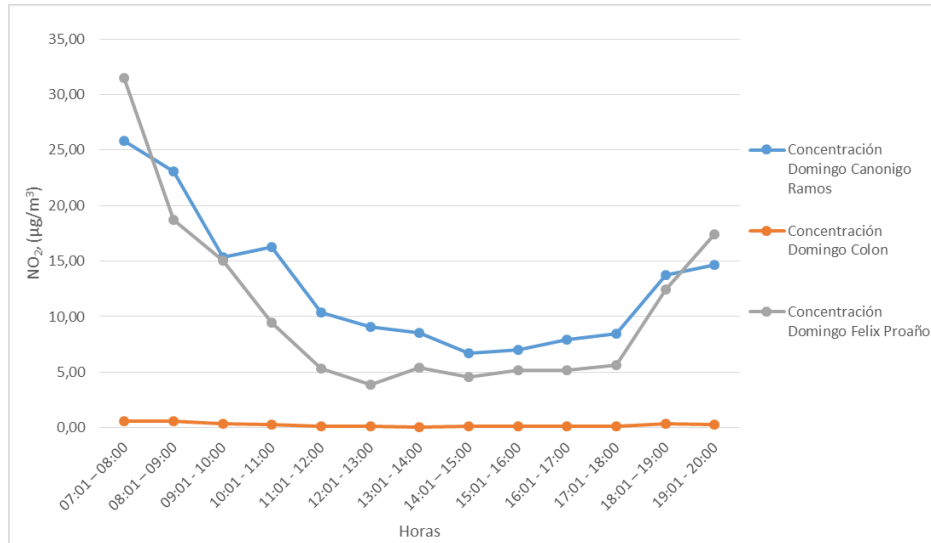
Según se observa en la Figura 25, las concentraciones más altas de dióxido de nitrógeno (NO₂) en la avenida Canónigo Ramos (norte), se presentan en los siguientes horarios: 36,53 µg/m³ de 07H01 a 08H00 horas; 25,74 µg/m³ de 08H01 a 9H00, en la noche con una concentración de 20, 32 µg/m³ en horario de 19H01 a 20H00 horas.

La contaminación a causa del movimiento vehicular en la avenida Félix Proaño, es menor que la registrada en la avenida Canónigo Ramos, en horas de la mañana de 07H01 a 08H00 horas es la más alta del día de 27,96 µg/m³, seguida de una concentración de 19,77 µg/m³ de 08H01 a 9H00 horas y en la noche de 19H01 a 20H00 hora la concentración es de 19,44 µg/m³.

La contaminación en la calle Colón es mucho menor, los valores más altos de 10H01 a 11H00 horas la concentración es de 6,82 µg/m³ y de 19H00 a 20H00 horas es de

19,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 26. Concentración horaria de dióxido de nitrógeno (NO_2) en un día de vacación



Nota: Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en el día domingo en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

En la Figura 26, observamos las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO_2) más altas en la avenida Canónigo Ramos (norte), en los siguientes horarios de 07H01 a 08H00 horas con una concentración de 25,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de 08H01 a 9H00 horas 23,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 16,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 10H00 a 11H00 horas.

La contaminación en el avenida Félix Proaño, de 07H01 a 08H00 horas es la más alta del día con 31,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) en el centro de la ciudad a causa del tránsito vehicular es menor.

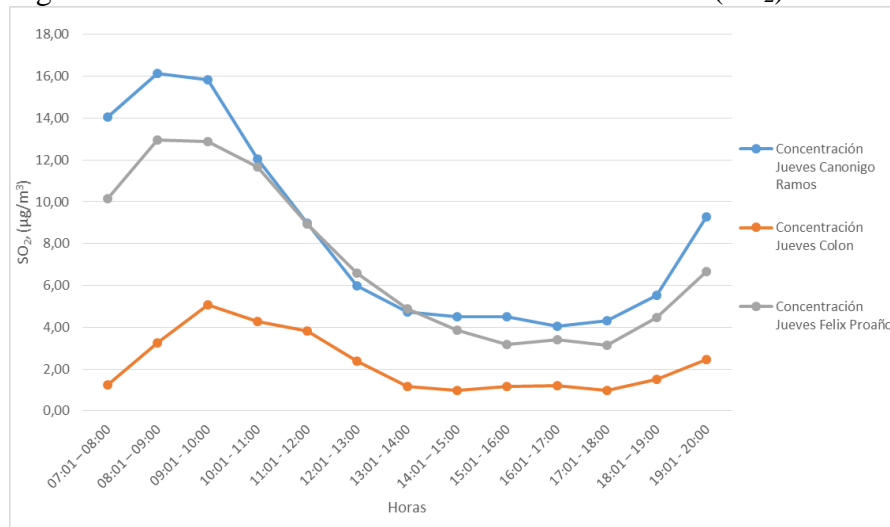
Se menciona que en un día domingo o feriado la circulación vehicular y la

concentración de dióxido de nitrógeno es menor en los sitios de estudio en comparación con un día regular

Concentración horaria de dióxido de azufre (SO₂)

Para analizar las concentraciones horarias estimadas, se procede a representar gráficamente los resultados por día determinado, que para el caso se ha tomado en cuenta los días jueves, sábado y domingo.

Figura 27. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO₂) en un día regular



Nota: Dióxido de azufre (SO₂) del día jueves en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

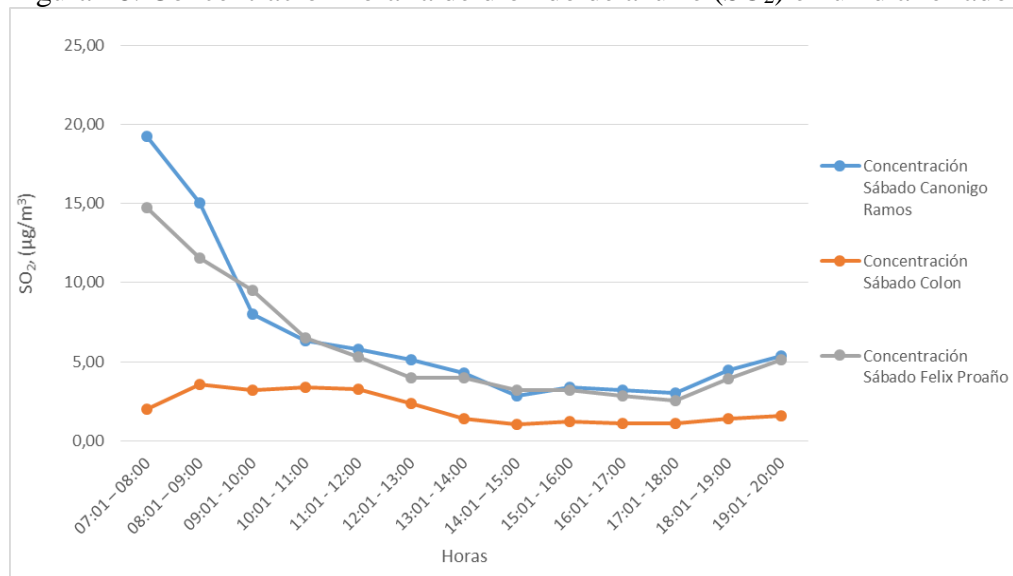
Se observa en la Figura 27, que la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en horas de la mañana es mayor y decrece a partir de las 10H01 horas y desde las 17H00 horas se va incrementando.

La concentración más alta del día a causa del movimiento vehicular de la Avenida

Canónigo Ramos (norte) es de 16,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en horario 08H01 a 09H00 horas, de 09H01 a 10H00 de 15,82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 11,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 10H01 a 11H00.

La contaminación a causa del movimiento vehicular en la calle Colón (centro) es mayor en horas de la mañana de 07H01 a 10H00 horas, siendo la mayor concentración de 5,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con un número de 565 vehículos y con 619 vehículos se observa 5,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 28. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO_2) en un día feriado



Nota: Dióxido de azufre (SO_2) en el día sábado en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR.

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

Se observa en la Figura 28, que la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en horas de la mañana es mayor, y desde las 17H01 horas se va incrementando.

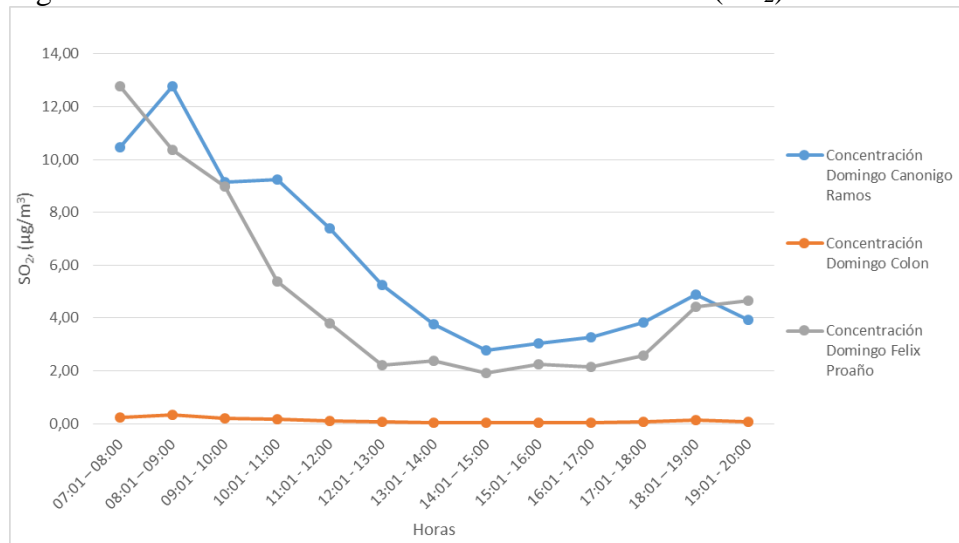
La concentración a causa del movimiento vehicular de la avenida Canónigo Ramos (norte), es de 07H01 a 08H00 19,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 08H01 a 09H00 horas 15,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la avenida Félix Proaño la concentración es alta de 07H01 a 08H00 horas es 14,71

$\mu\text{g}/\text{m}^3$, y de 08H01 a 09H00 $11,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La contaminación a causa del movimiento vehicular en el sector sur (calle Colón) es mayor en horas de la mañana de 07H01 a 13H00 horas y decrece en el transcurso del día.

Figura 29. Concentración horaria de dióxido de azufre (SO_2) en un día de vacación



Nota: Dióxido de azufre (SO_2) en el día domingo en los sectores R-Norte-AME; R-Centro y R-Sur-EMAPAR.

Elaborado por: Investigador, 2017

Análisis e Interpretación

Se observa en la Figura 29, que la concentración de SO_2 en relación al movimiento vehicular en la avenida Canónigo Ramos (norte), de 07H01 a 08h00 horas $10,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$; de 08H01 a 09H00 horas $12,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de 10H01 a 11H00 es de $9,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los valores más altos. Al comparar datos, la contaminación en la avenida Félix Proaño es menor que la registrada en la avenida Canónigo Ramos en los mismos horarios

La contaminación a causa del movimiento vehicular en el centro (calle Colón) es mayor de 08H01 a 09H00 horas con $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con un número de 30 vehículos y con

un valor de 33 la concentración es de $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el día domingo la concentración de dióxido de azufre es menor en los sitios de estudio que los datos obtenidos en un día regular y feriado debido a que la circulación vehicular es baja, siendo sus picos máximos en horas de la mañana y de la noche.

4.6 Correlación movilidad vehicular Vs concentración horaria de 07H00 a 20H00 horas

Para observar relación entre la circulación vehicular y la concentración de SO_2 y NO_2 , se aplica el análisis de correlación por lo que se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 23. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) en el sector norte

Canónigo Ramos Vs Concentración	Coefficiente de correlación	Significado
NO2 Jueves	0,951739958	Correlación positiva alta
SO2 Jueves	0,601340833	Correlación positiva moderada
NO2 Sábado	0,724628637	Correlación positiva alta
SO2 Sábado	0,506412044	Correlación positiva moderada
NO2 Domingo	0,693327087	Correlación positiva moderada
SO2 Domingo	0,432324646	Correlación positiva moderada

Nota: Muestra el nivel de relación entre las variables; concentraciones de NO_2 y SO_2 con el número de vehículos de la Avenida Canónigo Ramos del día jueves, sábado y domingo
Elaborado por: Investigador, 2017

En la tabla 23, el análisis de correlación entre el número de vehículos y la concentración de NO_2 y SO_2 en la avenida Canónigo Ramos da como resultado valores de $r > 0,40$; lo que significa que la correlación es positiva moderada; es decir que el número de vehículos que circulan en esta avenida puede influir en el nivel de contaminación del sector.

Tabla 24. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) en el sector centro

Colón Vs Concentración	Coefficiente de Correlación	Significado
NO2 Jueves	0,846122659	Correlación positiva alta
SO2 Jueves	0,695452471	Correlación positiva moderada
NO2 Sábado	0,699073783	Correlación positiva moderada
SO2 Sábado	0,467966155	Correlación positiva moderada
NO2 Domingo	-0,192453317	Correlación negativa muy baja
SO2 Domingo	-0,070189503	Correlación negativa muy baja

Nota: Muestra el nivel de relación entre las variables; concentraciones de NO₂ y SO₂ con el número de vehículos de la Calle Colón en los días; jueves, sábado y domingo.

Elaborado por: Investigador, 2017

En la tabla 24, el análisis de correlación entre el número de vehículos y las concentraciones de NO₂ y SO₂, demuestra que los días jueves y sábado la relación es positiva moderada, mientras que existe una correlación negativa muy baja el día domingo. Es decir que la contaminación en este sector puede estar influenciada por las emisiones de gases de los vehículos que circulan en esta calle, sin embargo el valor negativo de correlación del día domingo podría ser debido a las emisiones de vehículos que circulan por otras calles aledañas en el centro de la ciudad y punto de monitoreo.

Tabla 25. Correlación de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) en el sector sur

Félix Proaño Vs Concentración	Coefficiente de Correlación	Significado
NO2 Jueves	0,717603386	Correlación positiva alta
SO2 Jueves	0,62727441	Correlación positiva moderada
NO2 Sábado	0,393509698	Correlación positiva baja
SO2 Sábado	0,329365813	Correlación positiva baja
NO2 Domingo	0,253903805	Correlación positiva baja
SO2 Domingo	0,322139154	Correlación positiva baja

Nota: Muestra el nivel de relación entre las variables; concentraciones de NO₂ y SO₂ con el número de vehículos de la Avenida Félix Proaño del día jueves, sábado y domingo

Elaborado por: Investigador, 2017

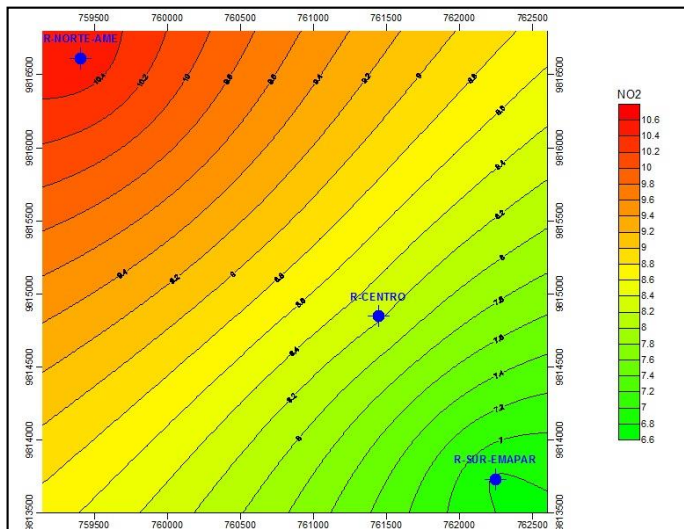
En la Tabla 25, el análisis de correlación entre el número de vehículos que circula en la avenida Félix Proaño y las concentraciones de NO₂ y SO₂, demuestra que, en el

día sábado y domingo la correlación es positiva baja, mientras que en el día jueves la correlación es positiva moderada y positiva alta entre el número de vehículos y de SO_2 y NO_2 , es decir que las emisiones de los vehículos que circulan por esta avenida no influyen directamente en las concentraciones.

4.7 Tendencia de la contaminación en la zona de estudio

Con los resultados del monitoreo de calidad del aire se representa las concentraciones de NO_2 y SO_2 del año 2016 en los sectores de estudio, el cual nos permitirá establecer de forma espacial la tendencia de la contaminación en la zona urbana de la Ciudad.

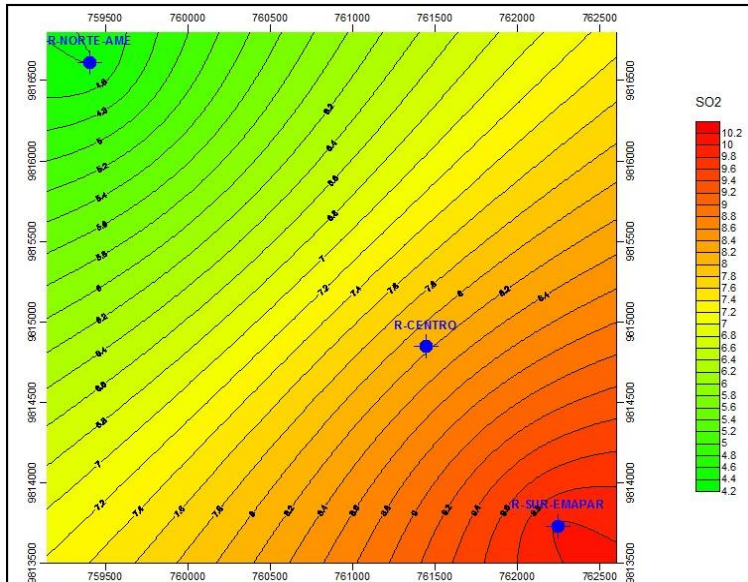
Figura 30. Tendencia de la contaminación de dióxido de nitrógeno (NO_2)



Nota: Concentración de dióxido de nitrógeno en los tres sectores en el año 2016
Elaborado por: Investigador, 2017

En la Figura 30, se representa el nivel de la concentración media anual de NO_2 en la zona de estudio, se observa una tendencia de mayor concentración de NO_2 hacia el Noroeste en la estación R-Norte-AME.

Figura 31. Tendencia de la contaminación de dióxido de azufre (SO₂)



Nota: Concentración de dióxido de azufre de los tres sectores en el año 2016
Elaborado por: Investigador, 2017

Según la figura 31, se puede observar una tendencia de mayor concentración del SO₂ hacia el Sureste, sector R-Sur-EMAPAR

4.8 Distribución de la contaminación de SO₂ y NO₂ por punto de monitoreo

Para el análisis de los datos de calidad de aire y la distribución de la contaminación se utilizó el software AirVision de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito., él se me fue facilitado para conocer la distribución de la contaminación de SO₂ y NO₂ en los sectores donde se encuentran las estaciones de monitoreo, así como estimar las posibles fuentes de emisión que pudieran influir en los valores registrados en los tres puntos de estudio.

Dispersión de la contaminación en el Sector Noroeste (R- Norte-AME)

A continuación se presenta la distribución espacial de la concentración de SO_2 desde el año 2008 al año 2016, a fin de obtener una visión panorámica de la contaminación en este sector.

Figura 32. Distribución de la contaminación de SO_2 en el sector R-Norte-AME



Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de azufre en el sector noroeste
Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
Elaborado por: Ing. Valeria Díaz-Investigación Análisis y Monitoreo

La Figura 32, en la estación R-Norte-AME se observa que la concentración de SO_2 se origina en el mismo sector y proviene del lado este de la estación, en esta dirección se encuentra una de las vías principales de circulación de salida al norte de la ciudad que es la Av. Lizarzaburu y una de las industrias importantes de producción de cerámica.

Así mismo se observa que existen tres sitios de contaminación en bajas concentraciones en la zona, estos puntos se encuentran al norte, en el cruce de dos

avenidas principales (11 de Noviembre y Rieles del tren), al suroeste en las avenidas Canonigo Ramos y Saint Amand Montrond, y al sur en el cruce de las avenidas Milton Reyes y Saint Amand Montrond.

Figura 33. Distribución de la contaminación de NO₂ en el sector R-Norte-AME



Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de nitrógeno en el sector norte
Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
Elaborado por: Ing. Valeria Díaz-Investigación Análisis y Monitoreo

En la Figura 33 se presenta la concentración de NO₂ en la estación R-AME-Norte y se observa que existe tres áreas de mayor influencia el sector de estudio.

La mayor concentración de este contaminante está localizado al sur de la estación de monitoreo por el cruce de avenidas Milton Reyes Saint Amand Montrond, también se visualiza en la misma área a lado oeste de la estación una mayor concentración, la zona es de gran circulación de vehículos a diésel (buses y camiones), que circulan por la avenida Canonigo Ramos.

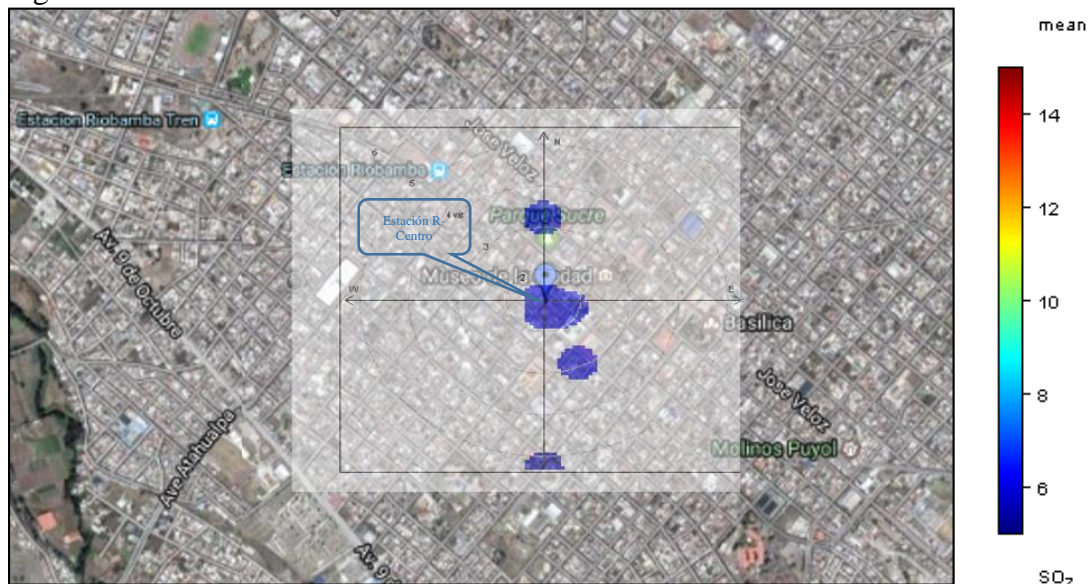
Otro factor que puede influir en la dispersión de la contaminación en este sector podría ser el tipo de terreno que es irregular. Al norte de la estación de monitoreo se

observa un área de influencia cuyas emisiones probablemente son producidas por la circulación de los vehículos (Canónigo Ramos y 11 de Noviembre).

En base a los resultados del análisis de la dispersión de la contaminación de SO_2 y NO_2 se señala que la contaminación en el sector R-AME-Norte podría estar influenciada por fuentes emisoras provenientes del lado este de la zona de estudio y al elevado tráfico de vehículos de todo tipo que circula en el sector, tanto de ingreso como salida de la ciudad.

Dispersión de la contaminación en el Sector Centro (R-Centro)

Figura 34. Distribución de la contaminación de SO_2 en el sector R-Centro

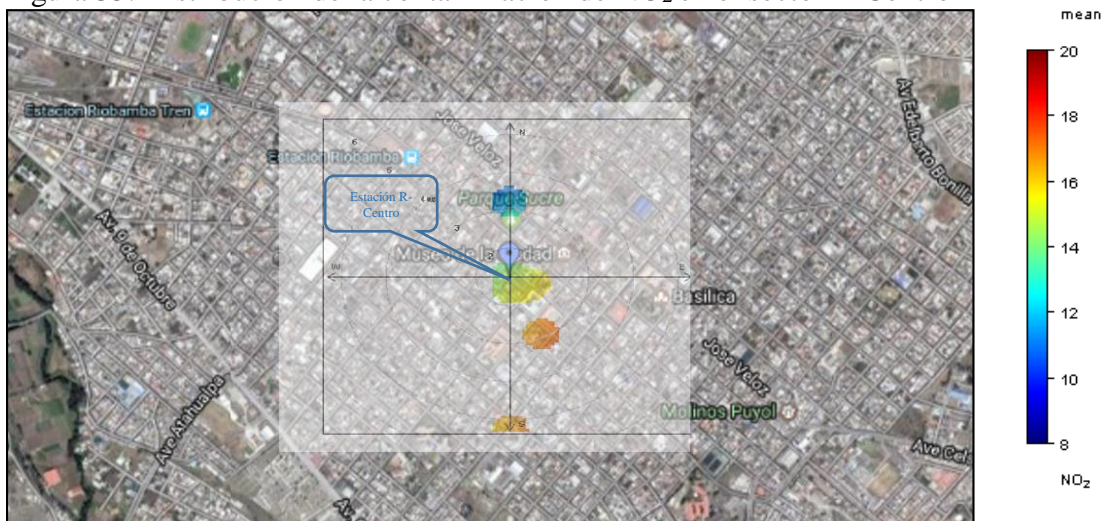


Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de azufre en el sector centro
Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
Elaborado por: Ing. Valeria Diaz-Investigación Análisis y Monitoreo

La Figura 34 presenta la distribución espacial de la concentración de SO_2 en el sector centro de la zona de estudio, se observa que el punto de mayor concentración es procedente del mismo sector donde se encuentra la estación de monitoreo, así mismo se distingue tres puntos de concentración de SO_2 en este sector. La concentración en el área de ubicación de la estación de monitoreo es la de mayor cobertura y en dirección al este, debido probablemente a la circulación vehicular en el área compendiada entre

las calles Eugenio Espejo y Orozco (sector parque Sucre) que podría estar influenciado por emisiones de vehículos a diésel (buses) en mayor cantidad en comparación a la movilidad del sector mercado la Merced que es donde se ubica el muestreador. Además se observa un área de contaminación al sureste de la estación, esto puede ser debido al tráfico vehicular que se da por el sector de la Unidad Educativa María Auxiliadora, calles Olmedo y Tarquí. En dirección Norte a la estación, se observa un área de concentración posiblemente a la altura del Coliseo Teodoro Gallegos Boja, entre las calles Veloz y Pichincha que son vías de gran circulación vehicular. Al Sur se distingue un área de contaminación posiblemente a la altura de la Unidad Educativa Isabel de Godín, y al Ministerio de Salud (Zonal 3), la movilización en este sector se debe a la concurrencia a estos centros públicos.

Figura 35. Distribución de la contaminación de NO₂ en el sector R-Centro



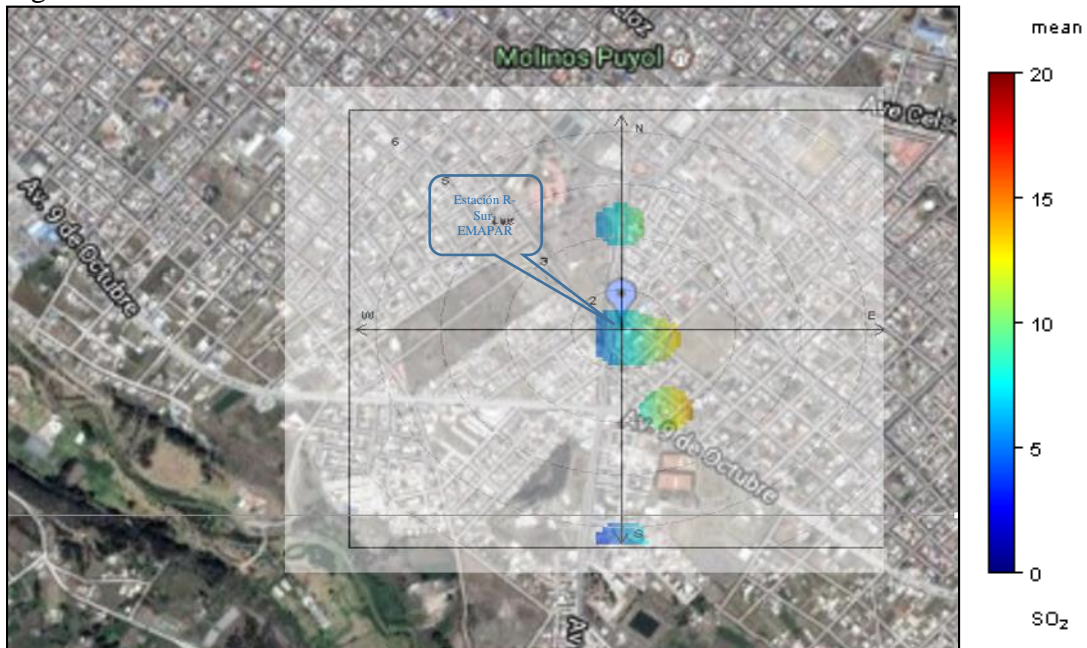
Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de nitrógeno en el sector centro
 Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
 Elaborado por: Ing. Valeria Díaz-Investigación Análisis y Monitoreo

En la Figura 35 se presenta la concentración de NO₂ en el centro de zona de estudio, y se observa una influencia más marcada en dirección al sureste de la estación por el sector de la Unidad Educativa María Auxiliadora, calles Olmedo y Tarquí, posiblemente porque en esta área existe mayor número de vehículos que circulan, en relación al sector mercado la Merced (Calle Colón) donde se ubica el muestreador.

En base a los resultados del análisis de la dispersión de la contaminación de SO_2 y NO_2 en el sector centro de la ciudad se puede señalar que la contaminación en el sector R-CENTRO podría corresponder a la influencia de automóviles y buses urbanos que circulan en el sector centro de la Ciudad.

Dispersión de la contaminación en el sector Sur (R-Sur-EMAPAR)

Figura 36. Distribución de la contaminación de SO_2 en el sector R-Sur EMAPAR

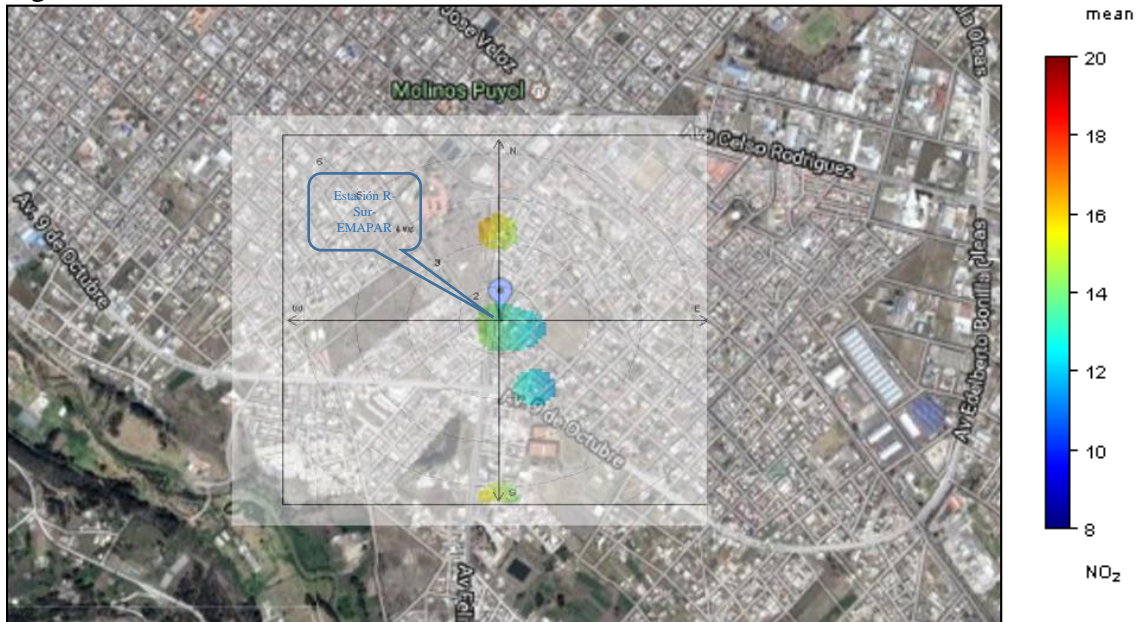


Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de azufre en el sector sur
Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
Elaborado por: Ing. Valeria Díaz-Investigación Análisis y Monitoreo

La Figura 36 presenta la distribución espacial de la concentración de SO_2 en el sector sur de la zona de estudio, se observa que existen dos áreas que representan mayor concentración. La primera es procedente del mismo sector donde se encuentra la estación de monitoreo con una tendencia de incremento de contaminación al este, podría ser debido a que en esta dirección se encuentra el parque industrial de Riobamba y vías de circulación de Vehículos (buses), (Terminal Intercantonal). La segunda área de influencia de este contaminante está en dirección sureste, puede ser debido a la circulación de vehículos a diésel (buses, camiones de carga), ya que la avenida

circunvalación sirve para traslado de productos agrícolas y ganado de distintas zonas hacia el mercado mayorista de productores y Camal municipal.

Figura 37. Distribución de la contaminación de NO₂ en el sector R-Sur-EMAPAR



Nota: El mapa representa la concentración de dióxido de nitrógeno en el sector sur
Fuente: Convenio Secretaria de ambiente de Quito y GAD Municipio de Riobamba
Elaborado por: Ing. Valeria Díaz-Investigación Análisis y Monitoreo

De acuerdo a la figura 37 la concentración de NO₂ se presenta principalmente en tres áreas del sector sur de la zona de estudio. La primera área de influencia de contaminación es en sentido norte al sector de ubicación del muestreador, es decir en dirección al centro de la ciudad probablemente en el área comprendida entre Guayaquil y Puruha, donde existe gran tráfico vehicular. La segunda área de influencia de contaminación es hacia el sur de la estación de monitoreo, posiblemente a la altura de la Escuela Mariana de Jesús, vía a San Luis, que es una área de gran movimiento vehicular. Se puede observar una menor concentración de la contaminación procedente del mismo sector de ubicación de la estación de monitoreo (Avenida Félix Proaño), esto podría ser debido a la circulación de vehículos livianos en mayor parte ya que en esta zona se ubica el Hospital Docente de Riobamba.

En base a los resultados del análisis de la dispersión de la contaminación de SO₂ y NO₂, en el sector R-EMAPAR-Sur, se puede señalar que la contaminación en este sector podría corresponder a la influencia del elevado tráfico de vehículos a diésel (buses, vehículos de carga, maquinaria pesada) y a otra fuente de emisión que podrían ser los provenientes del parque industrial y comercial que se encuentra al sureste del sector.

4.8.1 Verificación de la hipótesis

Para la verificación de hipótesis se aplica la prueba de contraste de media, porque los datos son cuantitativos y se registra más de 30 datos.

Para saber si la emisión de gases influye en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba se realiza la prueba normal para una muestra, comparando las concentraciones de dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre de cada contaminante con el valor límite máximo permisible establecido en la Norma Nacional de Calidad del Aire.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

En base a los valores límites permisibles establecidos por la norma Nacional de calidad del aire, se comprueba la hipótesis

1.- Hipótesis nula.- La concentración de NO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 no superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 40 µg/m³.

Ho: $\mu_1 \leq 40$

2.- Hipótesis alternativa.- La concentración de NO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 40 µg/m³.

H1: $\mu_1 > 40$

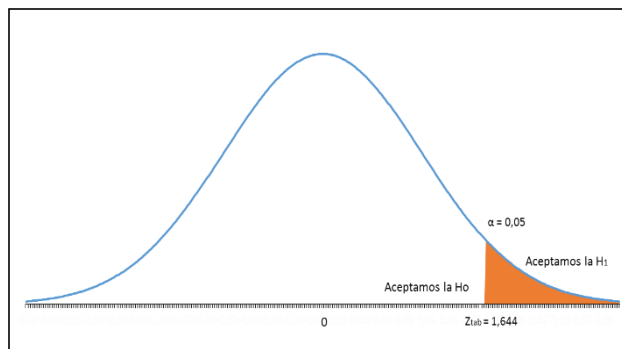
3.- Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

4.- Región Crítica:

La región crítica con un nivel de significancia del 0,05 en la distribución normal a una sola cola es: 1,64 (Z tabulado).

Distribución de Probabilidad normal (z)

Figura 38. Distribución de probabilidad de (NO₂)



Elaborado por: Investigador, 2017

Cálculos

Para obtener z calculado utilizamos la siguiente formula:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde

\bar{x} = Promedio de concentración de NO₂ de los meses en estudio.

μ = valor a comprobar en este caso la norma establecida de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

S= desviación estándar de NO₂ de los meses de estudio.

N = número de datos analizar.

$$Z = \frac{14,94 - 40}{\frac{10,19}{\sqrt{153}}}$$

$$Z = -30,419$$

Probabilidad (P-valor) es 99,99

Decisión.- Se acepta la hipótesis nula, porque la z tabulada (1,64) es mayor que la z calculada (-30,419), es decir que la concentración de NO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 no superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 40 µg/m³; en base a este resultado se manifiesta que no influye la concentración de NO₂ en la Calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

Prueba de hipótesis de SO₂

En base a los valores límites permisibles establecidos por la norma Nacional de calidad del aire, se comprueba la hipótesis

1.- Hipótesis nula.- La concentración de SO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 no superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 60 µg/m³.

$$H_0: \mu_1 \leq 60 \text{ µg/m}^3$$

2.- Hipótesis alternativa.- La concentración de SO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 40 µg/m³.

H1: $\mu_1 > 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$

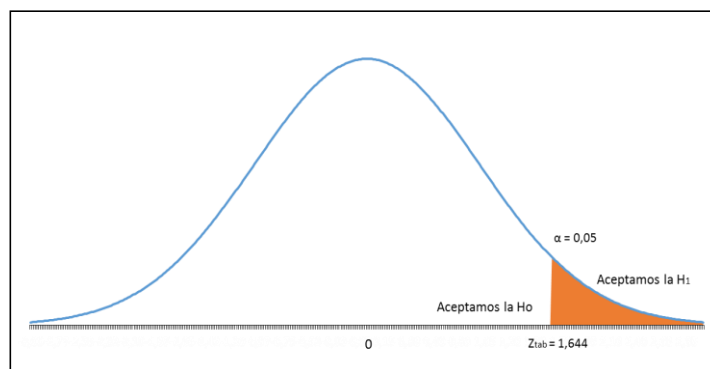
Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Región Crítica:

La región crítica con un nivel de significancia del 0,05 en la distribución normal a una sola cola es: 1,64 (Z tabulado).

Distribución de Probabilidad normal (z)

Figura 39. Distribución de Probabilidad (SO₂)



Elaborado por: Investigador, 2017

Cálculos

Para obtener z calculado utilizamos la siguiente formula:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde

\bar{x} = Promedio de concentración de SO₂ de los meses en estudio.

μ = valor a comprobar en este caso la norma establecida de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

S = desviación estándar de SO₂ de los meses de estudio.

N = número de datos analizar.

$$Z = \frac{7,43 - 60}{\frac{6,57}{\sqrt{153}}}$$

$$Z = -98,973$$

Probabilidad (P-valor) es 0,99

Decisión.-Se acepta la hipótesis nula, porque la z tabulada (1,64) es mayor que la z calculada (-98, 973), es decir que la concentración de SO₂ de las tres estaciones registradas en el período de monitoreo 2008-2016 no superan el límite máximo permisible de calidad de aire ambiente que es 60 µg/m³; por lo tanto se manifiesta que no influye la concentración de SO₂ en la Calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Una vez que se realiza el análisis de monitoreo en los tres sitios ubicados en Riobamba de dióxido de azufre (SO_2) se obtiene los resultados de los niveles contaminación de la siguiente manera: en el año 2016 un promedio de $10,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la Estación R-Sur-EMAPAR y de $13,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el año 2009 en la estación R-Norte-Ame, valores más altos desde el año 2008 al 2016.
- Con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2), el año 2015 se registra la mayor concentración en la estación R-Norte-AME que es de $28,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta estación registra los más altos niveles de NO_2 en todo el periodo de monitoreo.
- El promedio de SO_2 y NO_2 en todos los años de monitoreo en las estaciones Norte, Centro y Sur de la zona urbana de la Ciudad de Riobamba no registra un índice mayor al establecido en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, así como también no supera los estándares establecidos en las Guías para la Salud de la Organización Mundial para la Salud.
- La concentración de ozono (O_3), registra en el año 2014 un promedio de $11,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en el año 2015 presento una concentración de $19,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor más alto se presentó en la estación R-Sur-EMAPAR con un valor de

22,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2015.

- La concentración de Benceno, registró los máximos valores en el año 2009, con una concentración de 6,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación R-Norte-AME y de 8,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación R-Sur-EMAPAR la más alta en este período de monitoreo, superando la norma que establece la legislación Ecuatoriana que es de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vale la pena señalar que en el año 2010 se registra valores cercanos al límite permisible en las Estaciones R-Norte-AME y R-Sur-EMAPAR con un valor de 3,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 3,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.
- El año de mayor emisión de Tolueno, Xileno y Etilbenceno es en el año 2009 con un promedio de 21,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 3,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 2,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. En la estación R-Norte-Ame donde se concentran los niveles más altos de este contaminante con valores de 34,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Tolueno, 3,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Xileno y 2,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Etilbenceno.
- De los resultados del análisis de dispersión de la contaminación de SO_2 y NO_2 , el cual permite establecer puntos de referencia de concentración de la contaminación y analizar las posibles fuentes de emisión, se menciona que: la contaminación en el sector R-AME-Norte podría estar influenciada por fuentes emisoras provenientes del lado este de la zona de estudio y al elevado tráfico de vehículos de todo tipo que circula en el sector, tanto de ingreso como salida de la ciudad, la contaminación en el sector R-CENTRO podría corresponder a la influencia de automóviles y buses urbanos que circulan en el sector centro de la ciudad, en el sector R-EMAPAR-Sur, la contaminación podría corresponder a la influencia del elevado tráfico de vehículos a diésel (buses, vehículos de carga, maquinaria pesada) y a otra fuente de emisión que podrían ser los provenientes del parque industrial y comercial que se encuentra al sureste del sector.

- El análisis de datos muestra que el nivel de la concentración media anual de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y de dióxido de azufre (SO_2), presenta una mayor concentración hacia el Noroeste de la zona de estudio, en la estación R-Norte-AME, sector de gran afluencia vehicular.

5.2 Recomendaciones

- De acuerdo a los valores registrados del contaminante Benceno, se debe retomar el monitoreo de este parámetro, ya que se registran valores que superan la norma en el año 2009 en los sectores R- Norte-AME y R-Sur-EMAPAR de la Ciudad y en el año 2010 los valores son cercanos al límite permisible, y este contaminante es cancerígeno.
- El ozono troposférico se forma a partir de reacciones entre los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, como benceno y NO₂, el continuar con el muestreo de este contaminante permite analizar de manera integral la calidad del aire, como se observó en el 2015 los niveles se incrementaron, razones por las cuales se debe de muestrear de forma continua este parámetro.
- Construir de un inventario de emisiones que permita conocer las fuentes y niveles de emisiones que se descargan a la atmosfera, que sirva de base para la creación de políticas de control de la Contaminación del aire.
- Considerando las Normas Nacionales de Emisión de gases del parque automotor creadas como medidas de prevención y alternativa de reducción de la contaminación del aire, se debe gestionar un proceso de inspección y mantenimiento vehicular, como es la revisión técnica vehicular, que comprende tanto el control de las emisiones de los tubos de escape, cuanto la revisión de varios sistemas mecánicos del vehículo, contribuyendo a demás a mejorar la seguridad vial.
- De acuerdo a la circulación vehicular que se ha registrado en la ciudad en las vías de estudio se debe gestionar la creación de políticas de movilidad de transporte, tránsito vehicular, que permitan una mayor fluidez, disminuyendo

el deterioro del parque automotor, y que a la vez se controle las emisiones de los contaminantes al aire para no superar los límites permisibles establecidos en las normas, partiendo del hecho de que el parque automotor cada año tiende a incrementarse.

- Con referencia a lo estipulado en la Norma de calidad del aire para monitoreo, es importante la instalación de una estación automática de monitoreo, que funcione de forma continua, proporcionando datos que a tiempo sean informados a la ciudadanía con la finalidad de prevenir niveles de alerta, alarma, emergencia que se pueden manifestar.

- Considerando el crecimiento poblacional, la actividad comercial en la ciudad y como vigilancia de la calidad del aire se debe realizar investigaciones de los efectos a nivel local de los Contaminantes atmosféricos en la salud y calidad de vida.

- En Riobamba se monitorea la calidad del aire actualmente en una zona determinada, se cuenta con tres estaciones de monitoreo pasivo, en estas no se registran otros parámetros de control establecidos en la norma como, material particulado ($PM_{2,5}$), monóxido de carbono (CO), Benceno, no se conoce la situación ambiental en otros sectores de influencia de la ciudad, por lo que es necesario un fortalecimiento y ampliación de la cobertura espacial y territorial del monitoreo con un Rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire, el cual enriquecerá con información para un análisis completo de la distribución espacial de los contaminantes, además esta sería una herramienta para que la gestión ambiental que se desarrolla continúe con el objetivo de precautelar la salud de los habitantes.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos

Tema:

“Rediseño de la red de monitoreo atmosférico para control y vigilancia de la calidad del aire en la ciudad de Riobamba.”

Institución ejecutora:

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Riobamba

Beneficiarios:

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba
- Habitantes de la Ciudad de Riobamba
- Instituciones Participantes

Ubicación:

Riobamba, se encuentra en la Provincia de Chimborazo

Coordenadas planas UTM (aprox):

Norte: 9797200 / 9815600 y Este: 750310 / 778170

Tiempo estimado para la ejecución:

De 12 meses. A partir de la aprobación del respectivo financiamiento

Equipo responsable:

Alcalde de la Ciudad

Director Financiero

Director de la Dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene

Departamento de Gestión Ambiental

Técnicos Responsables

Instituciones aliadas

6.2 Antecedentes de la propuesta

La contaminación del aire en la actualidad es uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas en el mundo, tanto en los países desarrollados, por el alto volumen y diversificación de la producción industrial y un flujo intenso de vehículos automotores; como en países en vías de desarrollo por causa del desarrollo no planificado de industrias, uso de tecnologías obsoletas en la producción, servicios y el transporte, la mala calidad del saneamiento básico y el crecimiento urbanístico no planificado.

La Ciudad de Riobamba está ubicada en el centro geográfico del país, en la cordillera de los Andes, a 2750 msnm en el centro de la hoya de Chambo, la población para el 2017 según el INEC es de 255766 habitantes, las actividades económicas más importantes por su situación geográfica, siempre han sido la agricultura, ganadería y riego. Sin embargo, ahora no son las únicas, ya que se debe destacar todas aquellas actividades que se enmarcan dentro del turismo, siendo estas: la fabricación de productos artesanales, venta de paquetes turísticos, entre otros. Con este referente y en base a los resultados obtenidos de la investigación se manifiesta que las emisiones de los gases a la atmosfera se debe principalmente a las fuentes móviles y fenómenos naturales como el Volcan Tungurahua que en episodios de erupción afecta directamente a la ciudad.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Riobamba mantiene una red primaria básica de monitoreo en el recurso aire desde el año 2008, la misma que inició con la instalación de estaciones de monitoreo pasivo en la zona urbana y áreas de influencia inmediata rural aledañas a la ciudad, esta gestión además fue incidida especialmente por el proceso de Erupción del Volcan Tungurahua, con el objetivo de poseer muestras que servirán para plantear medidas para mejorar la calidad de vida de la población del cantón. Como soporte al monitoreo calidad del aire se ha realizado gestiones para mantener convenios de cooperación mutua con la Universidad Nacional de Chimborazo, y con el Distrito Metropolitano de Quito en temas de calidad del aire.

Con el fin de contribuir con la gestión ambiental y sobre la base del monitoreo del aire se ha realizado el proyecto, “Emisiones de los gases a la atmosfera y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba”, de los resultados obtenidos y como parte de una herramienta para la gestión y evaluación del aire ambiente en la ciudad se propone un rediseño de la Red de Monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Riobamba, el cual permitirá llevar a cabo acciones en forma integral

con el fin de controlar, prevenir y/o mejorar de la calidad del aire para preservar la salud de la población.

6.3 Justificación

De los resultados observados en la presente investigación y tomando como referencia los criterios emitidos por el Ministerio de Ambiente que menciona, “En la actualidad, las tres herramientas principales de evaluación de la calidad del aire son: monitoreo del aire ambiente; modelos; inventarios y medición de emisiones” (MAE, 2010). Se propone el rediseño de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la ciudad de Riobamba, que describa con la mayor exactitud los niveles de contaminación del aire en la ciudad, como medida para actualizar y al mismo tiempo fortalecer la continuidad de las instalaciones de la red de monitoreo de calidad del aire existentes, ampliar su cobertura territorial y representatividad especial, considerando la tendencia de crecimiento poblacional, las observaciones en los tipos de fuentes y según la actividad económica.

Si bien es cierto, Riobamba inicia el monitoreo de calidad del aire desde el año 2008, con tres puntos de monitoreo que hasta el año 2016 únicamente proporciona valores mensuales de SO₂, NO₂, no se cuenta con un registro de la contaminación en forma horaria, diaria que permitan observar picos de mayor contaminación, además no se conocen los datos de otros contaminantes como el O₃, BTEX, pese a que en años anteriores se ha observado que estos inciden en la contaminación del aire sobre todo el Benceno. Es de vital importancia establecer, actualizar una estrategia de monitoreo que proporcione información más a detalle y de las zonas de mayor influencia, como medida de control, de prevención del deterioro del aire ambiente en la ciudad.

De acuerdo a lo mencionado, el rediseño de la red de monitoreo describirá con mayor exactitud los niveles de contaminación del aire en la ciudad, y señala las acciones que de forma integral se ejecutaría entre el GADM Riobamba e Instituciones educativas de nivel Superior, siendo estas factibles para su ejecución y ajustadas a los presupuestos designados, con el objetivo de precautelar la salud de la población, conservando y mejorando la calidad del aire de la ciudad.

El rediseño permitirá dar una continuidad del monitoreo pasivo y ampliar la cobertura territorial su representatividad especial y conocer datos más precisos de monitoreo de calidad del aire con el fortalecimiento de la red de monitoreo atmosférico. Siendo esta una de las herramientas necesarias para la evaluación de la calidad del aire, y, contribuyendo a que se continúe con la gestión ambiental que realiza el GAD Municipal de Riobamba realiza para asegurar que las concentraciones de contaminantes se reduzcan o mantengan por debajo de un nivel específico o, en general, aceptables para la protección de la salud humana.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo general

- Rediseñar la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Riobamba.

6.4.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una estrategia para el monitoreo atmosférico en la ciudad.
- Representar la cobertura espacial y territorial de la nueva red de monitoreo atmosférico.
- Elaborar procedimientos específicos para monitoreo de la calidad del aire ambiente.

6.5 Análisis de factibilidad

6.5.1 Política

La propuesta es factible ya que el GADM de Riobamba mantiene un sistema de gestión ambiental y cuenta con el Departamento de Gestión Ambiental que está a cargo del monitoreo atmosférico en la ciudad y sectores aledaños. Además cuenta con convenios Interinstitucionales con centros de educación superior como la Universidad Nacional de Chimborazo y con el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito por medio de la Secretaria de Ambiente, lo cual proporciona la adquisición e intercambio de conocimiento ya que se cuenta con personal altamente calificado y con experiencia en monitoreo atmosférico y mejoramiento de la calidad del aire, cuentan también con la participación de estudiantes para la realización de proyectos de investigación con el fin de obtener la información necesaria y llegar al cumplimiento de las metas propuestas dentro del sistema de gestión ambiental que lleva a cabo el GADM Riobamba.

6.5.2 Organizacional

Existe la apertura por parte del GADM de Riobamba, ya que pretende continuar con el monitoreo de la calidad del aire de forma integral, con la obtención de datos e información que permitan desarrollar políticas y estrategias ambientalmente amigables entre el sector empresarial y autoridad.

6.5.3 Socio Cultural

La factibilidad de la propuesta es muy importante ya que Riobamba es considerada como Cuna de la Nacionalidad Puruha y la ubicación geográfica con sus volcanes y nevados propician la afluencia de turistas, y existe el interés de las autoridades en

impulsar el turismo, regulando, contralando, precautelando y mejorando la calidad de vida y bienestar de propios y extraños.

6.5.4 Económica

El Departamento de Gestión Ambiental se encargará de las gestiones pertinentes para obtener los recursos financieros, los cuales se manifestarán en los Planes de Desarrollo de finales del año 2017.

Cabe mencionar que el GADM de Riobamba, cuenta con un equipo multidisciplinario que permite llevar a cabo esta investigación ya sea con personal de la Institución, como con el aporte de técnicos de otras instancias que forman parte de las Instituciones con las cuales mantienen convenios.

6.6 Fundamentación legal

Para la presente propuesta se tiene la siguiente fundamentación legal:

Constitución Política del Ecuador

Derecho de vivir en un ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El derecho al hábitat y vivienda:

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad, de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas, al equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

El Art. 66 reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

El Art. 396 plantea que el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos.

De acuerdo al Art. 397, en caso de daños ambientales, el Estado deberá actuar de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas, y deberá establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental.

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

Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017)

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global.

7.7. Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

7.8. Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y pos consumo.

Ley de Gestión Ambiental

Establece los principios y directrices de la política ambiental, determinando obligaciones y responsabilidades de los actores, e incluyendo los límites permisibles para los distintos tipos de contaminación, y los respectivos controles y sanciones.

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

El TULSMA, reglamenta el Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental y el Sistema Único de Manejo Ambiental, y define las sanciones y sus procedimientos.

En relación al recurso aire, se cuenta con el libro VI con sus anexos siguientes:

Anexo 4.-Norma de Calidad del Aire Ambiente, aquí se establecen los objetivos de calidad del aire ambiente, los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente y los métodos y procedimientos destinados a la determinación de sus concentraciones.

6.7 Fundamentación Científico – Técnica

El rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire está enfocado a fortalecer la red actual y ampliar la cobertura espacial y territorial en la ciudad de Riobamba.

Una red de monitoreo es el conjunto de estaciones de muestreo, generalmente fijas y continuas, que se establecen para medir los parámetros ambientales necesarios para cumplir con los objetivos fijados y que cubren toda la extensión de un área determinada. Compara regularmente, concentraciones locales de parámetros ambientales con estándares de calidad del aire y las redes establecidas para vigilancia de alertas ambientales permiten implementar acciones en situaciones de emergencia.

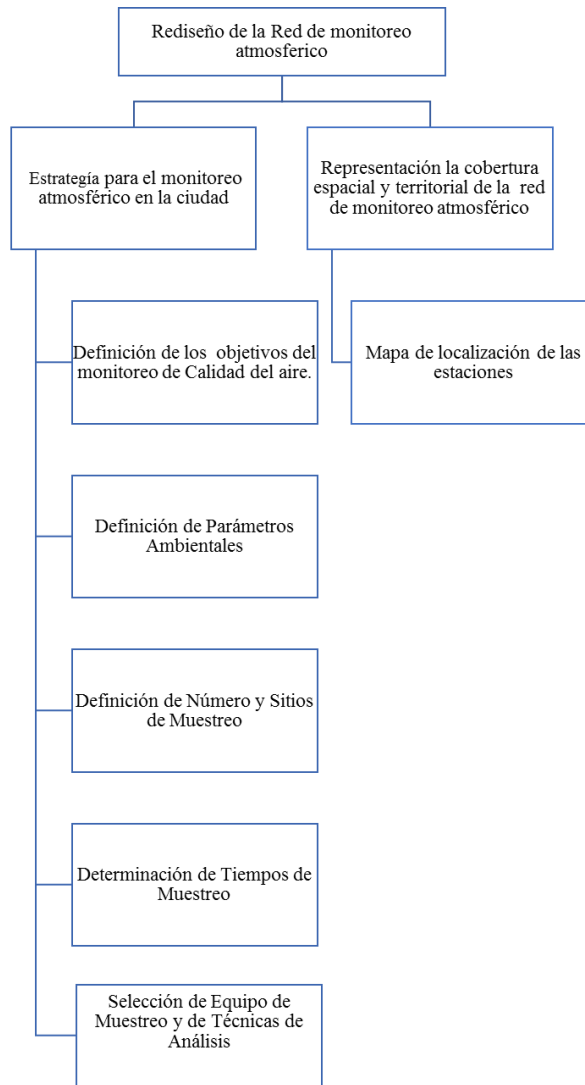
Tomando como base criterios emitidos por la Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud principalmente y tomado como referencia los planes de vigilancia de la Calidad del aire en Quito, se contrasta con la realidad de la situación actual que se ha evidenciado en la investigación, de manera de que se plantean que los objetivos sean alcanzables y las actividades ejecutables dentro de un esquema legal e institucional tomando en cuenta el apoyo político requerido.

En este sentido el rediseño está formado en base a las herramientas principales indicadas como necesarias para la evaluación de la calidad del aire y a su vez por la inexistencia de la información requerida para un análisis integral de la gestión del recurso aire. Como consecuente, esto podrá emplearse como el primer referente para la creación de planes operativos en este recurso. El siguiente diagrama muestra la secuencia de actividades del diseño de la nueva red de monitoreo en la ciudad de Riobamba.

6.8 Metodología, modelo operativo

La metodología se desarrolla en base a los criterios establecidos por la organización Panamericana de la Salud la cual menciona además pautas de documentos publicados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Figura 40. Diagrama de actividades para el rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire



A continuación se presenta una guía para el rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire en Riobamba y una representación de la cobertura espacial de las estaciones, las cuales podrán ser modificadas de acuerdo a los métodos o técnicas y recursos disponibles al momento de la implantación.

6.9 Estrategia para el monitoreo en la ciudad de Riobamba

Debido a que las decisiones que se tienen que tomar para el diseño de una red de monitoreo dependen fundamentalmente de los objetivos de monitoreo, no existen reglas fijas y fáciles al respecto. A continuación se presenta recomendaciones para el rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire en base a los objetivos establecidos en el siguiente ítem.

6.9.1 Definición de los objetivos del monitoreo atmosférico

- Adquirir valores de contaminación de forma más representativa de la contaminación en la ciudad
- Ubicar estaciones en sectores de influencia
- Determinar la calidad del aire en base a normas y estándares
- Establecer bases para desarrollo de proyectos inherentes al recurso aire

6.9.2 Definición de los parámetros ambientales

Se consideran los compuestos indicadores de la contaminación atmosférica y los más abundantes establecidos por la OMS, los regulados por la norma nacional y los que se monitorea en otras ciudades a nivel Nacional y estos son: bióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO) y otros contaminantes como benceno, así como partículas sedimentables, PM₁₀ y PM_{2,5}.

Los parámetros ambientales que se tendrán que medir serán los parámetros meteorológicos y topográficos, como: dirección y velocidad del viento, temperatura, diferencial vertical de la temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, altitud, tipo de suelo y relieve, factores principales que influyen en la calidad del aire ambiente.

6.9.3 Definición del número y sitios de muestreo

El diseño de una red de monitoreo está directamente relacionado con la determinación del número y distribución de los sitios de monitoreo y de su frecuencia de muestreo.

Es necesario mencionar que si bien no existe un método específico para el diseño de la red en la actualidad existen dos enfoques para plantear el mismo. El primer enfoque utiliza un patrón de localización basado en una cuadrícula espacial en donde se muestra información detallada en cuanto a la variabilidad espacial y patrones, resultados de la exposición de contaminantes. Mientras que el segundo, involucra la ubicación de estaciones de monitoreo o sitios de muestreo en lugares representativos, seleccionados cuidadosamente, con base en requerimientos de uso de los datos, este requiere de un número menor de sitios de monitoreo, por lo que es más barato de aplicar. Y es en base a este último enfoque que se procede a rediseñar la red de monitoreo atmosférico en la ciudad de Riobamba.

A continuación se define la localización y determinación del número de estaciones de monitoreo o sitios de muestreo que se considera para cumplir con los objetivos.

Localización de los sitios de muestreo

Para elegir estas localizaciones se toma en cuenta; tipo de emisiones, fuentes de emisión, los factores topográficos y meteorológicos, información de la calidad del aire. A continuación se señala cada uno de ellos:

- **Tipo de emisiones y fuentes de emisión:** Ya que no se cuenta con un inventario de emisiones, se considera la distribución y tendencia de crecimiento

poblacional y las actividades comerciales y zonas observadas de tráfico vehicular.

- **Factores topográficos y meteorológicos:** Como dirección del viento, temperatura, radiación solar, etc.
- **Información de la calidad del aire:** El monitoreo atmosférico se lleva a cabo desde el año 2008 en la Ciudad es decir se cuenta con un historial que permite observar tendencias y también en otras ciudades se desarrolla el monitoreo atmosférico lo cual proporcionaría una base de datos contra la cual se pueda comparar y relacionar, además de que indica la calidad del aire del área de estudio. Se considera además otros factores: como uso de suelo, densidad de población.

Densidad o número de puntos de muestreo requeridos

El número final de estaciones seleccionado se elige en función de la problemática existente en el área o sector, el tipo de zona, los recursos económicos, humanos y tecnológicos disponibles. También es considerada la necesidad de contar con estaciones libres de influencias urbanas, que se caractericen como limpias o de fondo.

En función de la densidad de población, se acopla la recomendación de la OMS la cual menciona un criterio para establecer un número promedio de estaciones de muestreo de calidad del aire que dependen del parámetro que se pretende medir, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26. Promedio sugerido de estaciones de muestreo de la calidad del aire en zonas urbanas.

Población urbana (millones)	Parámetros de Monitoreo					
	Partículas	Bióxido de Azufre	Óxidos de Nitrógeno	Oxidantes	Monóxido de Carbono	Meteorológicos (velocidad y dirección del viento y gradientes térmicos)
Menos de 1	2	2	1	1	1	1

Nota: Detalla el número de estaciones recomendados de acuerdo a la población

Fuente: Organización Panamericana de la Salud

Elaborado por: Investigador, 2017

También se toma el criterio establecido por el Comité Federal Alemán para la Protección de la Calidad del Aire y considerado por la OPS, que indica una distancia máxima de 10 km. entre las estaciones de medición.

Considerando los criterios antes mencionados se recomienda ampliar la red de monitoreo ubicando cuatro puntos de monitoreo que se sumaran a los tres existentes para un total de siete sitios colocados en zonas residenciales comerciales de alto tráfico vehicular, de expansión poblacional y de industria.

Tabla 27. Número de estaciones propuestas de muestreo de la calidad del aire

Estación	Descripción del área
1	Zona de alta circulación vehicular, zona educativa y residencial
2	Zona Comercial, de tráfico de vehicular
3	Zona residencial y comercial
4	Zona residencial, suelos sin cobertura vegetal
5	Desarrollo urbano, actividades industriales, tráfico vehicular
6	Residencial y comercial
7	Residencial, zona de extracción de minerales (minas)

Nota: Descripción de las estaciones sugeridas para ampliar la red de monitoreo actual

Elaborado por: Investigador, 2017

Requerimientos del sitio de muestreo

Algunas de las recomendaciones que se fijan para este tema se extraen de los documentos de la OPS, que recoge información de manuales de organismos como la EPA y del Código Federal de Regulaciones de los EE.UU. (U.S. Code of Federal Regulations) (40 CFR 58)-Los requerimientos generales de ubicación.

A continuación se presenta los criterios a considerar para selección del sitio.

- ✓ El sitio debe tener fácil acceso debido a que se tendrán que realizar visitas regulares al mismo para recolectar muestras, inspeccionarlo; calibrarlo o para su mantenimiento (estaciones automáticas y activas).
- ✓ A su vez deberá estar protegido de posibles actos de vandalismo u otros que alteren la toma de muestras.
- ✓ El sitio debe contar con la infraestructura necesaria como electricidad y líneas de teléfono para poder operar cualquier tipo de equipo de muestreo en el sitio. En caso de muestreadores automáticos y activos.
- ✓ No podrá haber obstáculos que afecten el movimiento del aire en el sitio, ni fuentes de emisión que puedan invalidar las muestras por el arrastre a la toma del muestreador de las emisiones de alguna fuente. Es decir, el movimiento del aire alrededor de la entrada de la toma de muestra deberá estar libre de restricciones que afecten el flujo del aire en las cercanías del muestreador, por lo que se recomienda ubicarlo algunos metros alejado de edificios, balcones, árboles, etc.

A continuación se da a conocer las distancias recomendadas de ubicación:

- ✓ Para asegurar un flujo lo más libre posible, se deben evitar árboles y edificios en un área de 10 m., alrededor del sitio de muestreo y no tomar muestras en las superficies laterales de los edificios.

- ✓ Para minimizar los efectos de las fuentes locales, se recomienda instalar la estación de monitoreo a una distancia de por lo menos 20 metros de cualquier fuente industrial, doméstica o de carreteras con alto tráfico.
- ✓ La entrada al muestreador debe estar entre 1,5 y 4 m., sobre el nivel del piso. Existen algunas circunstancias, para los estudios de los antecedentes de contaminación en ciudades, en donde no es posible cumplir con el requisito de una altura de 4m., por lo cual se han realizado instalaciones de toma de muestra hasta 8 m.
- ✓ La entrada al muestreador no debe localizarse cerca de fuentes de contaminación, para evitar arrastres de plumas de chimeneas domésticas o industriales
- ✓ Para medir los parámetros meteorológicos se recomienda instalar los instrumentos a una altura mínima de 10 m. sobre el nivel del suelo, y tomar mediciones a diferentes alturas con el objeto de obtener gradientes térmicos.

6.9.4 Determinación de tiempos de muestreo

Se considera la duración y frecuencia del muestreo.

Duración del Programa: se recomienda como la duración del muestreo a los 12 meses que abarca un año completo del período de evaluación, porque de esta manera se toma en cuenta la injerencia de los cambios estacionales y porque la Norma de Calidad del aire emite un límite máximo de concentración de un contaminante específico por año.

Frecuencia: La frecuencia de monitoreo está determinado por el tipo de método o técnica de muestreo que debe estar en relación a los criterios mencionados en la Normativa Ecuatoriana de Calidad del Aire, la misma que establece un período de medición en promedios diario, mensual, anual y concentraciones horarias y señala el límite máximo permisible por contaminante. Se muestra en la tabla 28.

Tabla 28. Período de medición

Contaminante	Valor*	Periodo de medición
Partículas sedimentables	1 mg/cm ² durante 30 días	Colectada durante 30 (treinta) días de forma continua
Material particulado menor a 10 micrones (PM ₁₀)	50 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
	100 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas.
Material particulado menor a 2,5 micrones (PM _{2,5})	15 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en un año
	50 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas.
Dióxido de azufre (SO ₂)	125 µg/m ³	Concentración 24 horas en de todas las muestras colectadas.
	500 µg/m ³	Concentración en un periodo de 10 minutos de todas las muestras colectadas
	60 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
Monóxido de carbono (CO)	10 µg/m ³	Concentración en 8 horas consecutivas
	30 µg/m ³	Concentración máxima en 1 hora
Ozono (O ₃)	100 µg/m ³	Concentración en 8 horas consecutivas
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	40 µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
	200 µg/m ³	Concentración máxima en 1 hora de todas las muestras colectadas
Benceno	5 µg/m ³ µg/m ³	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año

*Los valores están sujetos a las condiciones de referencia de 25°C y 760 mm Hg.

Nota: Se muestra el periodo de medición para el cual la autoridad ambiental de control establece un límite máximo permitido por contaminante.

Fuete: Norma de Calidad del Aire

Elaborado por: Investigador, 2017

6.9.5 Selección del equipo o técnica de monitoreo y método de medición

Se toma en cuenta, el costo del instrumento y su complejidad contra su confiabilidad y su funcionamiento. Y principalmente por el cumplimiento de los objetivos planteados y los antecedentes de los métodos de análisis que en ciudades País se utiliza, se recomienda por tanto los métodos de muestreo: pasivos, activo y automático, este último permitirá vigilar picos de concentraciones y alertar a la población.

Estas técnicas se describen en la tabla 29, y resume ventajas y desventajas como la inversión estimada del costo de adquisición de cada uno.

Tabla 29. Técnicas de monitoreo atmosférico

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	*INVERSIÓN
Muestreadores Pasivos	Muy bajo costo. Muy simples. Útiles para cribado y estudios de base.	No probado para algunos contaminantes. En general sólo proveen promedios semanales y mensuales. Requieren Análisis de laboratorio.	100 dólares por punto
Muestreadores Activos	Bajo costo. Fáciles de operar Confiables en: operación y funcionamiento. Historia de bases de datos.	Proporciona concentraciones Pico o de alerta. Trabajo intensivo. Requieren análisis de laboratorio.	14000 dólares por unidad
Monitoreos Automáticos	Alto funcionamiento comprobado. Datos horarios. Información on line y bajos costos directos.	Complejo. Caro. Requieren técnicos calificados. Altos costos periódicos de Operación.	200000 dólares por estación

Nota: Resume las técnicas de monitoreo atmosférico recomendados

*Inversión estimada, indicado por Responsable del Monitoreo Atmosférico de Quito

Fuente: Texto de Gestión de calidad.2008

Elaborado por: Investigador, 2017

Luego de mostrar las ventajas y desventajas de los equipos de monitoreo se presenta a continuación los métodos de análisis establecidos por la autoridad ambiental de control, la cual brinda información que permitirá al GAD Municipal implementar las técnicas de monitoreo en base a los requerimientos de medición.

Tabla 30. Métodos de medición de concentraciones de contaminantes

CONTAMINANTE	NOMBRE, REFERENCIA Y DESCRIPCION DEL METODO
Partículas Sedimentables	Método Gravimétrico, mediante captación de partículas en envases abiertos.
Material Particulado (PM10)	Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal. Métodos Alternos: podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, tanto del tipo Microbalanza Oscilante como el tipo Atenuación Beta.
Material Particulado (PM2,5)	Método Gravimétrico, mediante muestreador de bajo caudal. Métodos Alternos: podrán ser también utilizados los denominados métodos de medición continua, tanto del tipo Microbalanza Oscilante como el tipo Atenuación Beta.
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Método de la Pararosanilina Método Fluorescencia Método Alterno: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002
Monóxido de Carbono (CO)	Analizador infrarrojo no dispersivo (NDIR).
Ozono (O ₃)	Quimiluminiscencia Fotómetro ultravioleta
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Quimiluminiscencia Método Alterno: Podrá ser utilizado el método pasivo referido en la Norma Europea EN 13528-1:2002, EN 13528-2:2002, EN 13528-3:2002
Benceno	Adsorción TENAX ® Y Cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS)

Nota: Se muestra los métodos de medición de los contaminantes criterios y no convencionales.

Fuente: Libro VI Anexo 4. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión

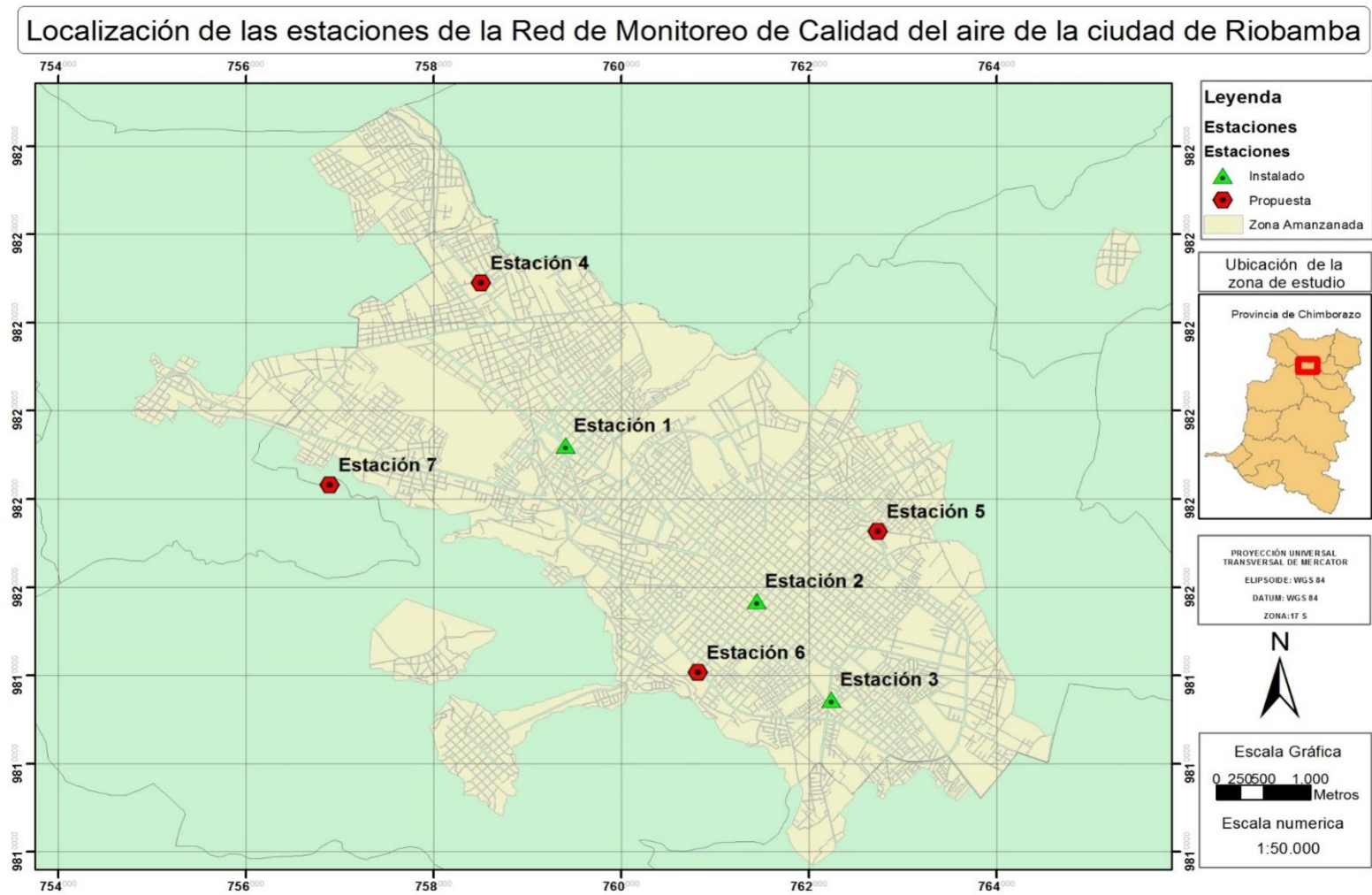
Elaborado por: Investigador, 2017

En base al costo de implementación y mantenimiento de los métodos de medición el GAD del Municipio de Riobamba determinará el tipo de monitoreo y los tiempos de implementación.

6.9.6 Cobertura espacial y territorial de la red de monitoreo atmosférico propuesto

Se ubicaran adicionalmente a la red actual 4 puntos en zonas de influencia por actividades industriales, asentamiento poblacional y tráfico vehicular. El rediseño de la red finalmente estaría conformado por siete puntos o estaciones. La posible ubicación de las mismas se muestra en la Figura 41.

Figura 41. Propuesta de rediseño de la red de monitoreo atmosférico en Riobamba



Elaborado Por: Investigador, 2017

6.9.7 Características del rediseño de la red de monitoreo de calidad del aire

Las características de la red de monitoreo dependen del tipo de método de muestreo que las autoridades administrativas y de control seleccionen para la implantación. Se plantea que el rediseño de la red de monitoreo podría contar con subredes para una mejor organización de la información de la siguiente manera:

- Una sub red de muestreo pasivo de contaminantes gaseosos conformado por siete puntos, los cuatro puntos que se aumentan servirían para obtener línea base de concentraciones de: dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos y ozono.

Es importante mencionar que el tipo de muestreador pasivo y el fabricante del mismo determinarán el período de exposición, que permita comparar los resultados con los valores establecidos en la Norma de control.

En base a las técnicas de monitoreo que actualmente se lleva a cabo en las principales ciudades del país, permiten recomendar la frecuencia de monitoreo pasivo siguiente: monitores pasivos de NO_2 , SO_2 , BTEX, expuestas durante 30 días consecutivos, una vez por mes; de ozono (O_3), dos veces por mes; en muestras expuestas 15 días consecutivos. Sin embargo como se mencionó anteriormente esto varía dependiendo del tipo de muestreador y fabricante.

Las concentraciones se determinan mediante el análisis de dispositivos de muestreo que capturan selectivamente los contaminantes en un sustrato químico específico y en laboratorio se realiza la desorción del contaminante y se procede a su cuantificación.

- Una subred de depósito de partículas sedimentables, con siete puntos, las concentraciones se determinan por análisis gravimétrico de las muestras en laboratorio, luego de su período de exposición que es de 30 días consecutivos, como indica la Norma.
- De acuerdo a los métodos de monitoreo recomendados por la Norma de Calidad del aire se recomienda la instalación de una estación automática que podría ubicarse en el centro de la ciudad donde actualmente se encuentra la estación pasiva. La estación automática registra en tiempo real las concentraciones de CO, SO₂, NO₂, O₃.
- Se recomienda la instalación de una estación meteorológica que forme parte de la red de monitoreo, que brinde información de parámetros meteorológicos como: precipitación, radiación solar global, velocidad, dirección del viento, temperatura y humedad relativa.

En la tabla 31, en forma resumida se indica la dirección de ubicación de las estaciones propuestas, las ubicaciones finales necesariamente dependen de las observaciones hechas durante la visita al sitio e implementación, además se muestra los contaminantes que se muestrea por estación.

Tabla 31. Sitios de ubicación de las estaciones propuestas

Estación	Nombre	Ubicación propuesta	Descripción del área	Contaminantes
1	AME	Av. Canonigo Ramos	Zona de alta circulación vehicular, zona educativa y residencial	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX
2	CENTRO	Calle Colón	Zona Comercial	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX, PM ₁₀ , PM _{2,5}
3	EMAPAR	Av. Félix Proaño	Zona residencial y comercial	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX
4	SANTA ANA	SANTA ANA	Zona residencial, suelos	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX
5	DIRECCIÓN DE MOVILIDAD	Parque del Diablo	Desarrollo urbano, actividades industriales, tráfico vehicular	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX
6	CEMENTERIO	Av. Circunvalación	Alto tráfico vehicular, comercial	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX
7	CUNDUANA	Cofanes	Residencial, zona de extracción de minerales (minas)	O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , PS, BTEX

Nota: Se indica las posibles direcciones de las estaciones, que podrán cambiar de acuerdo a los requerimientos del sitio

Elaborado por: Investigador, 2017

6.10 Tipo de Financiamiento

Público-Privado

6.11 Responsables directos

Funcionarios del departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Riobamba
Instituciones involucradas.

6.12 Beneficiarios

Alcalde de Riobamba

Universidades

Población

6.13 Procedimiento para el monitoreo de la calidad del aire ambiente

El monitoreo ambiental es un proceso de gran importancia, la medición de los contaminantes del aire conlleva el empleo de un conjunto de procedimientos para evaluar la presencia de agentes contaminantes en la atmósfera, así como la determinación de sus concentraciones tanto en el tiempo como en el espacio, con el fin de obtener un diagnóstico eficaz para una toma de decisiones destinadas a prevenir y reducir los efectos que los contaminantes pueden causar sobre la salud y el ambiente.

Por este motivo se elabora los procedimientos y registros necesarios para que el monitoreo de calidad del aire se lleve de manera adecuada.

Para la elaboración estructural de los procedimientos se toma como referencia criterios establecidos en normas en gestión de calidad, ISO 9001:2008; I SO 14001:2004.

Se desarrolla una lista maestra de los documentos, seguidos de los procedimientos, se presenta a continuación.



RIOBAMBA
GAD MUNICIPAL

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DE RIOBAMBA**

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE


**LISTA MAESTRA DE PROCEDIMIENTOS Y REGISTROS DEL
MONITOREO CALIDAD DEL AIRE**

(LMPR/MCA/01)

Edición N-1

Fecha de Emisión: 2017-06-12

COPIA CONTROLADA N-1 ASIGNADA A:		
Elaborado por: Investigador Fecha: 2017-06-08	Revisado por: Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental Fecha: 2017-06-10	Aprobado por: Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba Fecha: 2017-06-12

	CÓDIGO LMPR/MCA/01	LISTA MAESTRA DE PROCEDIMIENTOS Y REGISTROS DEL MONITOREO CALIDAD DEL AIRE	Página 1 de 1
---	-------------------------------------	---	---------------

Lista maestra de procedimientos y registros del monitoreo calidad del aire

N-	Datos de los procedimientos y registros				Disposición del Registro	Estado
	Código	Descripción	Versión	Fecha		
1	LMPR/MCA/01	Lista maestra de procedimientos y registros del monitoreo calidad del aire.	1	2017-06-12	-	Vigente
2	PEE/MCA/01	Procedimiento específico de muestreo pasivo de gases.	1	2017-06-12	-	Vigente
3	PEE/MCA/02	Procedimiento específico para determinación de material particulado pm10 en aire ambiente	1	2017-06-12	-	Vigente
4	PEE/MCA/03	Procedimiento específico para determinación de material particulado pm2,5 en aire ambiente	1	2017-06-12	-	Vigente
5	PEE/MCA/04	Procedimiento específico para capacitación y formación.	1	2017-06-12	-	Vigente
6	CC-MCA-01	Cadena de custodia de muestreo	1	2017-06-12	PEE/MCA/01 PEE/MCA/02 PEE/MCA/03-	Vigente
7	HC-MCA-01	Hoja de campo de PM 10 y PM 2,5	1	2017-06-12	PEE/MCA/02 PEE/MCA/03-	Vigente
8	CCF-MCA-01	Cronograma de capacitación y formación		2017-06-12	PEE/MCA/04	Vigente
9	LA-MCA-02	Lista de asistencia		2017-06-12	PEE/MCA/04	Vigente

Significado de los códigos:

LMPR: Lista maestra de procedimientos y registros

PEE: Procedimiento específico

MCA: Monitoreo Calidad del Aire

CC: Cadena de custodia

HC: Hoja de campo

CCF: Cronograma de capacitación

LA: Lista de asistencia



RIOBAMBA
GAD MUNICIPAL

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE
RIOBAMBA**

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE


PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES

(PEE/MCA/01)

Edición N-1


Fecha de Emisión: 2017-06-12

COPIA CONTROLADA N-1 ASIGNADA A:		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Investigador	Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental	Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba
Fecha: 2017-06-08	Fecha: 2017-06-10	Fecha: 2017-06-12

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 1 de 11
---	------------------------------------	--	-------------------

ÍNDICE

1.	OBJETO.....	2
2.	ALCANCE.....	2
3.	RESPONSABLES.....	2
4.	DOCUMENTOS DE REFERENCIAS.....	2
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	3
6.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	5
6.1	Principio.....	5
6.2	Consideraciones previas.....	5
6.3	Equipos y materiales.....	5
6.4	Desarrollo.....	5
6.5	Tratamiento de Resultados.....	6
6.6	Medidas de seguridad.....	7
6.7	Control de calidad.....	8
6.8	Prevención y control de la contaminación ambiental.....	9
7.	CONTROL DE CAMBIOS.....	10
8.	ANEXOS.....	11

	<p>CÓDIGO PEE/MCA/01</p>	<p>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES</p>	<p>Página 2 de 11</p> <hr/> <p>Edición 1</p>
---	-------------------------------------	--	--

1. OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto realizar de manera segura y correcta la toma de muestras con el fin de garantizar la calidad de los análisis y la veracidad de los datos que los mismos proporcionan.

2. ALCANCE


El presente procedimiento se aplica para todas las muestras de gases monitoreados por sensores pasivos.

3. RESPONSABILIDADES

- El Técnico responsable del monitoreo.
- El Responsable Técnico es el encargado de la revisión de este procedimiento.
- El Director de Higiene y Gestión Ambiental que es el encargado de aprobar este procedimiento.

4. REFERENCIAS

- Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 3 de 11
			Edición 1

- Norma de Calidad del Aire

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Monitoreo

Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con objetivos específicos.


Monitoreo pasivo de la calidad del aire

Se basa en el principio de la difusión de contaminantes del aire hacia un medio de absorción. La fuerza principal es el gradiente de concentración entre el aire circundante y la superficie de absorción (sustancia química específica para cada contaminante), donde la concentración inicial del contaminante es cero.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

El dióxido de nitrógeno (NO₂) es un gas café rojizo y altamente reactivo, que se forma cuando otro contaminante, el óxido nítrico (NO) se combina con el oxígeno del aire.

Una vez que se ha formado, el dióxido de nitrógeno reacciona con los compuestos orgánicos volátiles (COVs) para formar el ozono a nivel del suelo. Las mayores fuentes de este gas son los automóviles y las plantas de generación, así como grandes procesos industriales de combustión.

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 4 de 11
			Edición 1

Dióxido de azufre (SO₂)


El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro y reactivo que se produce durante la quema de combustibles que contienen azufre, tales como carbón y ciertos derivados de petróleo, fundición de metales y por otros procesos industriales. Las principales fuentes incluyen las plantas de generación termoeléctrica, así como los calentadores industriales. Generalmente, las mayores concentraciones de SO₂ se encuentran cerca de las zonas industriales.

El ozono troposférico (O₃)

Es un gas incoloro y muy irritante creado por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles producidos en buena medida por la quema de combustible, vapores de gasolina y solventes químicos.

Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX)

Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles se convierten fácilmente en vapores o gases, son liberados por la quema de combustibles como gasolina, madera, carbón o gas natural. También son liberados por disolventes. Los compuestos orgánicos volátiles presentan propiedades características responsables de sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 5 de 11
			Edición 1

6. DESCRIPCIÓN

6.1. Principio

- Se basa en los métodos alternos de medición mencionados en la Norma de Calidad de Aire Ambiente.

6.2. Consideraciones Previas

- Preparación de los filtros de monitoreo de SO₂, NO₂ y BTEX.
- Toma de muestra, identificación, conservación y transporte.
- Recepción e identificación de la muestra.


6.3. Equipos y materiales.

- Tubos Pasivos de SO₂, NO₂, O₃ y BTEX
- Contenedores de dispositivos de muestreo
- Soporte de monitores

6.4. Desarrollo

Preparación de los filtros para monitoreo.

La preparación de los tubos de SO₂, NO₂, O₃ y BTEX, se lo realizara en el laboratorio o fabricante seleccionado.

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 6 de 11
			Edición 1

Los tubos pasivos de NO₂, SO₂, O₃ y BTEX, serán debidamente etiquetados y transportados bajo especificaciones del fabricante.

Colocación, exposición y recolección de tubos pasivos

Exposición de SO₂, NO₂, O₃, BTX

Para colocación y exposición se seguirá las especificaciones detalladas por el fabricante del equipo.

Conservación y envío


Para conservar y enviar las muestras se tomara como base las establecidas por el fabricante o laboratorio, sin embargo se recomienda disponer de un blanco por cada mes y para cada contaminante que se muestrea, así mismo cada tubo debe ser etiquetado con el nombre de la estación correspondiente. Luego deben ser enviados a analizar inmediatamente al laboratorio cada mes.

Análisis en laboratorio de tubos pasivo

Los procedimientos para el análisis de los tubos pasivos deben ser técnicas validadas por el laboratorio acreditado para veracidad y confiabilidad de los resultados.

6.5. Tratamiento de Resultados

La recepción, identificación y análisis de la muestra se realiza de acuerdo con el procedimiento del laboratorio.

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 7 de 11
			Edición 1

6.7 Medidas de seguridad

Para el retiro y colocación de los filtro se utilizan guantes de látex, de existir recomendaciones por parte del fabricante en cuanto a uso equipos de protección personal, se debe acoger.

Cadena de vigilancia


Se considera que una muestra está bajo vigilancia personal si se encuentra en posesión física de una persona, que es la que se encarga de custodiarla y de protegerla de posibles falsificaciones. A continuación se resumen los principales aspectos de la cadena de vigilancia.

a) Etiquetado de la muestra: Utilícense etiquetas para evitar confusiones de muestras. Suele resultar adecuadas las etiquetas adhesivas. En ella debe constar al menos la siguiente información:

- Número de la muestra
- Lugar de la misma
- Código de la muestra
- Hay que adherir las etiquetas a los envases antes de hacer la toma. La etiqueta se rellena con tinta indeleble en el momento de la toma.

b) Cadena de Custodia: Toda la información pertinente a un estudio de campo o toma de muestra se registrará en el formato en el que al menos constará lo siguiente:

- Localización del punto de muestreo
- Nombre y dirección del punto

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 8 de 11
			Edición 1

- La descripción del punto donde se ha hecho el muestreo
- La fecha y el momento del muestreo
- Número de muestras.
- Firmas del personal responsable de las observaciones.


d) Envío de la muestra al laboratorio: la muestra se enviará al laboratorio lo antes posible e irá acompañada del registro de la cadena de vigilancia. La muestra se entregará a la persona que deba encargarse de su custodia.

e) Recepción y almacenamiento de la muestra: En el laboratorio, la persona encargada debe recibir la muestra e inspeccionar su estado y la vialidad o no vialidad de la realización del ensayo según el procedimiento específico respectivo, deberá comprobar la información de la etiqueta comparándolas con la del registro de la cadena de custodia, de acuerdo al procedimiento interno de recepción de muestra el laboratorio se gestionara el ingreso y almacenamiento de las muestras.

6.6. Control de calidad

El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados; incluye la actividad de seguir o monitorear las condiciones de toma de muestra, preservación, codificación, transporte y su posterior análisis.

Este proceso es básico e importante para demostrar el control y confiabilidad de la muestra no sólo cuando hay un litigio involucrado, sino también para el control de rutina de las muestras. Se considera que una muestra está bajo la custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los

	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 9 de 11
			Edición 1


siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.

- Etiquetado de la muestra
- Cadena de Custodia
- Envío de la muestra al laboratorio
- Recepción y almacenamiento de la muestra


6.7. Prevención y control de la contaminación ambiental

- Los desechos sólidos son de tipo ordinarios los que se originan en campo, estos son recogidas en fundas plásticas para luego depositarlos en el tacho respectivo.

7. CONTROL DE CAMBIOS


	CÓDIGO PEE/MCA/01	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES	Página 10 de 11
			Edición 1

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO			
EDICIÓN	FECHA	CAMBIOS EFECTUADOS	CAUSA

	<p>CÓDIGO PEE/MCA/01</p>	<p>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO DE MUESTREO PASIVO DE GASES</p>	<p>Página 11 de 11</p> <hr/> <p>Edición 1</p>
---	--	--	---

8. ANEXO

- Cadena de Custodia de muestras (CC-MCA-01).

	CÓDIGO CC-MCA-01		CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRAS			Pagina..... Edición:	
	Matriz: GASES <input type="checkbox"/>		PM 10 <input type="checkbox"/>		PM 2,5 <input type="checkbox"/>		
Fecha:							
Dato del GAD Municipal					Datos del Laboratorio		
Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Riobamba					Nombre:		
Dirección:					Dirección/Teléfono		
					Jefe Laboratorio		
N°	Código de Muestra	Nombre de la Estación	Hora	Muestreado por	Transportado por	Parámetros a ser Analizados	Observaciones
Fecha de envió:						Fecha de Recepción:	
Responsable						Responsable	
Firma:						Firma:	



RIOBAMBA
GAD MUNICIPAL

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DE RIOBAMBA**


GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE
MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE
(PEE/MCA/02)**

Edición N-1


Fecha de Emisión: 2017-06-12

COPIA CONTROLADA N-1 ASIGNADA A:		
Elaborado por: Investigador Fecha: 2017-06-08	Revisado por: Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental Fecha: 2017-06-10	Aprobado por: Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba Fecha: 2017-06-12

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 1 de 12
			Edición 1

ÍNDICE

1. OBJETO.....	2
2. ALCANCE.....	2
3. RESPONSABLES.....	2
4. DOCUMENTOS DE REFERENCIAS.....	2
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	3
6. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	4
6.1 Principio.....	4
6.2 Consideraciones previas.....	5
6.3 Equipos y materiales.....	6
6.4 Desarrollo.....	8
6.5 Tratamiento de Resultados.....	8
6.6 Medidas de seguridad.....	9
6.7 Control de calidad.....	9
6.8 Prevención y control de la contaminación ambiental.....	10
7. CONTROL DE CAMBIOS.....	11
8. ANEXOS.....	12

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 2 de 12
			Edición 1

1. OBJETO

Elaborar la sistemática para determinar Material Particulado PM₁₀ en aire ambiente.

2. ALCANCE


Este procedimiento se aplica para la determinación de concentraciones de Material Particulado PM₁₀ en aire ambiente.

3. RESPONSABILIDADES

- El Técnico encargado del monitoreo.
- El Responsable Técnico que es el encargado de la revisión de este procedimiento.
- El Director de Higiene y Gestión Ambiental que es el encargado de aprobar este procedimiento.

4. REFERENCIAS

- Norma de Calidad de Aire Ambiente.

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 3 de 12
			Edición 1


- Anexo D del Código Federal de Regulaciones de los EE.UU. (U.S. Code of Federal Regulations) (40 CFR 58).

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Contaminantes sólidos (Polvo, hollín)

Los contaminantes sólidos en los gases de combustión se originan a partir de componentes incombustibles de los combustibles sólidos o líquidos. Estos incluyen óxidos de sílice, aluminio, calcio en el caso de carbón, o sulfatos de diferentes elementos en el caso de fuel pesado. El polvo es peligroso para los seres vivos ya que las partículas de polvo pueden estar recubiertas por sustancias tóxicas y/o cancerígenas.

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 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 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.

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 4 de 12
			Edición 1

Las partículas ambientales caen dentro de una distribución de tres modos: fino ($< 0,1$ y 1 micrones), grueso (< 1 micrones). La Agencia de Protección del Medio ambiente de los 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}), también regulan las partículas inferiores a $2,5$ micrones de diámetro ($MP_{2,5}$).

Las partículas con un diámetro menor a 10 micrómetros PM_{10} son un indicador que representa la fracción respirable de las partículas suspendidas totales susceptible de causar efectos en la salud, debido a que por su tamaño pueden penetrar más profundamente en el sistema respiratorio humano es decir en la parte torácica que incluya la tráquea, pulmones y bronquios.


6. DESCRIPCIÓN

6.1. Principio

Método Gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal.

6.2. Consideraciones Previas

La colocación de los monitores debe determinarse en base a criterios específicos de ubicación de sonda. A continuación se mencionan algunas pautas para la ubicación de sondas una vez que se ha seleccionado la ubicación general de la estación, basado en el Código regulador federal de los Estados Unidos (40 CFR 58, Apéndice E).

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 5 de 12 Edición 1
---	------------------------------------	--	------------------------------------

Los criterios de ubicación para asegurar una recopilación uniforme de datos de calidad del aire son necesario para que sean compatibles y comparables, los criterios de ubicación de sonda se refieren a la colocación horizontal y vertical de la sonda y a la distancia a obstrucciones, árboles y caminos


Colocación vertical y horizontal de la sonda.

La altura de la entrada de la sonda o monitor debe estar tan cerca como sea posible de la zona de respiración y a 3 ó 15 metros de altura sobre el nivel del terreno. Se requiere una distancia mínima de separación de 2 metros entre la entrada de la sonda o monitor y cualquier pared, parapeto, penthouse, etc. para sondas ubicadas sobre techos u otras estructuras. Además, las sondas o monitores deben colocarse lejos de cualquier horno o conducto de incineración.

Distancia a las obstrucciones. La sonda o monitor debe ubicarse lejos de obstáculos y edificios de modo que la distancia entre cualquier obstáculo y la entrada de la sonda o monitor debe equivaler a dos veces la altura de la diferencia de altura entre el obstáculo y el muestreador.

Otros criterios de separación

1. Debe estar a más de 20 metros de los árboles.
2. La distancia del muestreador a los obstáculos, tales como edificios, debe equivaler a dos veces la altura de la diferencia de altura entre el obstáculo y el muestreador.
3. No debe haber cerca hornos ni conductos de incineración.
4. La distancia a los caminos varía con el tráfico.

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 6 de 12
			Edición 1


Distancia a los caminos. Las emisiones del motor de los vehículos constituyen una fuente de particulado, plomo y emisiones orgánicas volátiles. Por lo tanto, debe mantenerse una distancia mínima de separación entre los caminos y los lugares de monitoreo para que puedan obtenerse datos válidos. Por ejemplo cuando el tráfico promedio diario (vehículos por día) es <10,000, la distancia mínima de separación (metros) es de >10.

También debe mantenerse una distancia mínima de separación entre la estación de muestreo y otras áreas de tráfico automotor, tales como los estacionamientos.

Distancia a los árboles. Los árboles pueden proporcionar superficies de absorción y/o reacción y pueden afectar los patrones normales de circulación del viento. Para limitar estos efectos, las entradas de la sonda o monitores deben colocarse a por lo menos 20 metros de la línea de goteo de los árboles.

Los Filtros

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.

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 7 de 12 Edición 1
---	------------------------------------	--	------------------------------------

6.3. Equipos y materiales


- Muestreador PM₁₀.
- Indicador de intervalos de tiempo (temporizador).
- Cronómetro
- Porta-filtros
- Registrador de presión
- Filtros para captación
- Cajas porta filtros.
- Pinzas.

Condiciones ambientales.

Determinar las condiciones ambientales de la prueba: temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica, registrar en el formato de datos de campo.

6.4. Desarrollo

El equipo será manejado conforme a las especificaciones proporcionadas en el manual de instrucciones del fabricante del equipo y será colocado en una plataforma libre de interferentes.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN A IRE AMBIENTE	Página 8 de 12
			Edición 1

Muestreador de PM₁₀



La Norma de Calidad del Aire establece lo siguiente: El equipo muestreador, de alto caudal o de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 10 micrones de diámetro aerodinámico.


Las partículas menores a 10 micrones serán captadas en un filtro, de alta eficiencia.

Conservación y envío de la muestra

Una vez colocado el filtro en una caja de protección enviar codificado al laboratorio para su análisis respectivo.

6.6 Resultados

El laboratorio debe contar con un procedimiento validado para la determinación de PM₁₀. Los datos deberán ser reportados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ajustados a condiciones normales de presión y temperatura.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 9 de 12
			Edición 1


La concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas continuas cada seis días como mínimo. (Norma Ecuatoriana de Calidad del aire).

6.7 Medidas de seguridad

A continuación se detallan medidas de seguridad generales para protección del equipo, el manual de operación del equipo determinara ciertas especificaciones como medidas de seguridad del equipo, las cuales se deben acatar.

- Bajo ninguna circunstancia se deberá conectar el equipo a una fuente de poder de 220V, para evitar un corto circuito, utilizar un multímetro para verificar el voltaje.
- No se debe guardar el instrumento en presencia de disolventes, puesto que las partes que conforma el equipo pueden sufrir daños.
- Evitar la penetración de agua en el instrumento.
- Tomar todas las medidas de seguridad hacia el equipo en el lugar de monitoreo (contra robo, instalaciones).

Utilizar los implementos de protección personal, estos son: guantes de látex, mandil u overol.

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 10 de 12 Edición 1
---	------------------------------------	--	-------------------------------------


6.8 Control de calidad.

- Realizar una verificación del equipo antes de empezar el monitoreo para ver si está captando el flujo.
- Cadena de custodia.
- Hoja de campo.


6.9. Prevención y control de la contaminación ambiental

- Colocar los guantes utilizados en una funda plástica, luego depositarla en un tacho.

7. CONTROL DE CAMBIOS


	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 11 de 12
			Edición 1

CONTROL DE CAMBIOS DEL DOCUMENTO			
EDICIÓN	FECHA	CAMBIOS EFECTUADOS	CAUSA

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ EN AIRE AMBIENTE	Página 12 de 12
			Edición 1

8. ANEXOS

- Cadena de Custodia (CC-MCA-01).
- Hoja de campo para PM₁₀, PM_{2,5} (HC-MCA-01).

	CÓDIGO HC-MCA-01		HOJA DE CAMPO PM10 Y PM 2,5				Página... Edición:1
	PM₁₀ <input type="checkbox"/>	MP_{2,5} <input type="checkbox"/>					
Fecha:							
Datos Condiciones Ambientales							
Punto de Muestreo/Descripción:							
Código de Muestra							
N°	Hora inicial	Temperatura ambiente inicial	Presión inicial	Hora final	Temperatura ambiente final	Presión final	Observaciones
Responsable			Firma				



**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DE RIOBAMBA**

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE


**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE
MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE**

(PEE/MCA/03)

Edición N-1


Fecha de Emisión: 2017-06-12

COPIA CONTROLADA N-1 ASIGNADA A:		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Investigador	Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental	Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba
Fecha: 2017-06-08	Fecha: 2017-06-10	Fecha: 2017-06-12

	CÓDIGO PEE/MCA/02	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 1 de 8
			Edición 1

ÍNDICE

1.	OBJETO.....	2
2.	ALCANCE.....	2
3.	RESPONSABLES.....	2
4.	DOCUMENTOS DE REFERENCIAS.....	2
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	3
6.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	3
6.1	Principio.....	3
6.2	Consideraciones previas.....	3
6.3	Equipos y materiales.....	4
6.4	Desarrollo.....	4
6.5	Tratamiento de Resultados.....	5
6.6	Medidas de seguridad.....	5
6.7	Control de calidad.....	6
6.8	Prevención y control de la contaminación ambiental.....	6
7.	CONTROL DE CAMBIOS.....	7
8.	ANEXOS.....	8

	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 2 de 8
			Edición 1

1. OBJETO

Desarrollar la sistemática para la determinar de Material Particulado PM_{2,5} en aire ambiente.

2. ALCANCE


Este procedimiento se aplica para la determinación de concentraciones de Material Particulado PM_{2,5} en calidad de aire ambiente

3. RESPONSABILIDADES

- El Técnico encargado del monitoreo.
- El Responsable Técnico que es el encargado de la revisión de este procedimiento.
- El Director de Higiene y Gestión Ambiental que es el encargado de aprobar este procedimiento.

4. REFERENCIAS

- Norma de Calidad del Aire

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 3 de 8
			Edición 1

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Material Particulado: Material suspendido en el Aire en forma de partículas sólidas o gotas de líquido (aerosoles).

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 atmosfera 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.

Análisis gravimétrico: Determinación de la concentración de partículas basado en la diferencia de peso.

Muestreador de Aire de Bajo Caudal: Equipo de muestreo de material particulado que toma muestras de aire a un Bajo flujo, el cual normalmente corresponde a 16.7 l/min y por un periodo de 24 horas.


6. DESCRIPCIÓN

6.1. Principio

Método Gravimétrico, mediante muestreador de bajo caudal.

6.2. Consideraciones Previas

Las condiciones previas para este muestreo son las detalladas en el procedimiento de muestreo de PM_{2,5}.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 4 de 8
			Edición 1

6.3. Equipos y materiales

- Muestreador PM 2,5
- Indicador de intervalos de tiempo (Temporizador).
- Cronómetro.
- Porta-filtros
- Registrador de presión.
- Cajas porta filtros.
- Pinzas.
- Filtros especiales para la captación de partículas


Condiciones ambientales.

Determinar las condiciones ambientales de la prueba: temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica, registrar en el formato de datos de campo.

6.5 Desarrollo

El equipo será manejado conforme a las especificaciones proporcionadas en el manual de instrucciones del fabricante del equipo y será colocado en una plataforma libre de interferentes.

La Norma de Calidad del aire señala que el equipo muestreador, de bajo caudal, estará equipado con una entrada aerodinámica capaz de separar aquellas partículas de tamaño superior a 2,5 micrones de diámetro aerodinámico. Las partículas menores a 2,5 micrones serán captadas en un filtro.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 5 de 8
			Edición 1

Conservación y envío de la muestra

Una vez colocado el filtro en una caja de protección enviar codificado al laboratorio para su análisis respectivo.

6.6 Resultados


Los datos deberán ser reportados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ajustados a condiciones normales de presión y temperatura. El resultado debe ser proporcionado por un laboratorio acreditado.

La concentración se determinará mediante el peso ganado por el filtro, dividido para el volumen total de aire muestreado en un período de 24 horas.

6.7 Medidas de seguridad

A continuación se detallan medidas de seguridad generales para protección del equipo, el manual de operación del equipo determinara ciertas especificaciones como medidas de seguridad del equipo, las cuales se deben acatar.

- Bajo ninguna circunstancia se deberá conectar el equipo a una fuente de poder de 220V, para evitar un corto circuito, utilizar un multímetro para verificar el voltaje.
- No se debe guardar el instrumento en presencia de disolventes, puesto que las partes que conforma el equipo pueden sufrir daños.
- Evitar la penetración de agua en el instrumento.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 6 de 8
			Edición 1

- Tomar todas las medidas de seguridad hacia el equipo en el lugar de monitoreo (contra robo, instalaciones).

Utilizar los implementos de protección personal, estos son: guantes de látex, mandil u overol.


6.8 Control de calidad.

- Realizar una verificación del equipo antes de empezar el monitoreo.
- Cadena de custodia.
- Formato de campo.


6.9. Prevención y control de la contaminación ambiental

- Los guantes utilizados deben depositarlos en tachos para residuos ordinarios.

7. CONTRO DE CAMBIOS

	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 7 de 8
			Edición 1

CONTROL DE CAMBIOS DE DOCUMENTOS			
EDICIÓN	FECHA	CAMBIOS EFECTUADOS	CAUSA

	CÓDIGO PEE/MCA/03	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTÍCULADO PM_{2,5} EN AIRE AMBIENTE	Página 8 de 8
			Edición 1

8. Anexos.

- Cadena de Custodia (CC-MCA-01).
- Hoja de campo para PM₁₀, PM_{2,5} (HC-MCA-01).



RIOBAMBA
GAD MUNICIPAL

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL
DE RIOBAMBA**


GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y
FORMACIÓN
(PEE/MCA/04)**

Edición N-1


Fecha de Emisión: 2017-06-12

COPIA CONTROLADA N-1		
ASIGNADA A:		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Investigador	Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental	Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba
Fecha: 2017-06-08	Fecha: 2017-06-10	Fecha: 2017-06-12

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 1 de 7
			Edición 1

ÍNDICE

1.	OBJETO.....	2
2.	ALCANCE.....	2
3.	RESPONSABLES.....	2
4.	DOCUMENTOS DE REFERENCIAS.....	2
5.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	3
6.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	3
6.1	Desarrollo.....	4
6.2	Responsabilidades.....	5
7.	CONTROL DE CAMBIOS.....	6
8.	ANEXOS.....	7

	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 2 de 7
			Edición 1

1. OBJETO

Identificar las necesidades de capacitación sobre aspectos de Monitoreo calidad del aire, medio ambiente, legislación ambiental.

2. ALCANCE


Es aplicable a todo el personal del departamento de gestión ambiental del GAD Municipal de Riobamba, cuyas responsabilidades sean control y vigilancia del recurso aire en la ciudad.

3. RESPONSABLES

- Responsable Técnico del Dpto. Gestión Ambiental
- Director de Higiene y Gestión Ambiental GADM Riobamba

4. REFERENCIAS

- Norma Nacional de Calidad del Aire
- Norma ISO 14001: 2004
- Norma ISO 9001:2005

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 3 de 7
			Edición 1

5. DEFINICIONES

Capacitación

Actividad destinada a la concienciación y al incremento de conocimientos. Incluye cursos introductorios y de actualización, seminarios, entrenamiento, auto capacitación por lectura y comprensión de documentos y de toda otra forma que sirva a los fines enunciados.

Formación

Conocimientos adquiridos a través de procesos de capacitación e instrucción complementaria al cargo.

Habilidades

Capacidades personales que potencien el ejercicio de la función a desempeñar.

Experiencia


Saber acumulado en el desarrollo de funciones similares y/o en la vida laboral previa.

Función

Conjunto de actividades articuladas y afines que contribuyen a alcanzar los objetivos de la institución

6. DESCRIPCIÓN

El personal del departamento de gestión ambiental y de nueva incorporación en el proyecto calidad del aire recibirá la información y documentación de carácter ambiental pertinente a su puesto de trabajo.

	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 4 de 7
			Edición 1


Asimismo, cuando el trabajo que dicho personal realice actividades relacionadas al monitoreo de la calidad del aire y de gestión ambiental en el recurso aire, recibirá formación ambiental equivalente los temas necesarios para la ejecución de las distintas actividades.

El personal que cambie de puesto de trabajo o de actividad recibirá, en el momento del cambio, la información/formación ambiental específica que hasta entonces se haya facilitado para ese puesto o función.

6.2 Desarrollo

El jefe de Gestión Ambiental identificará las necesidades de formación ambiental. Para ello analizará los siguientes elementos:

- a. Requisitos legales y otros requisitos.
- b. Objetivos del proyecto Calidad del aire
- c. Implementación de la red de monitoreo
- d. Resultados de muestreos de calidad del aire.
- e. Observación en campo de ejecución del monitoreo que puedan ser corregidas del ser el caso o mejoradas mediante formación adicional.
- f. Información de los técnicos de campo.
- g. Cambio de actividades, técnicas, tecnología y análisis de laboratorio.

 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 5 de 7
			Edición 1


Una vez identificadas estas necesidades, se comentarán con el Director de Higiene y Gestión Ambiental quien analizará, aprobará el requerimiento para que autorice su ejecución.

6.2 Responsabilidades


Todos los niveles de dirección y mandos deben desempeñar las labores de concienciación y motivación ambiental a todo el personal involucrado en el proyecto sobre:

- a. La importancia del cumplimiento de los objetivos ambientales.
- b. El papel y las responsabilidades de cada uno en el cumplimiento de los objetivos.
- c. La importancia de reducir al mínimo los efectos ambientales.
- d. Las consecuencias derivadas de la falta de seguimiento de los procedimientos.
- e. Los beneficios de la puesta en marcha de herramientas necesarias como la red de monitoreo del aire, que permita una gestión ambiental coordinada y bien fundamentada.

7. CONTROL DE DOCUMENTOS


 RIOBAMBA <small>GAD MUNICIPAL</small>	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 6 de 7
			Edición 1

CONTROL DE CAMBIOS			
EDICIÓN	FECHA	CAMBIOS EFECTUADOS	CAUSA

	CÓDIGO PEE/MCA/04	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO PARA CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 7 de 7 Edición 1
---	------------------------------------	---	-------------------------------

8. ANEXOS


- Cronograma de Capacitación.
- Lista de Asistencia.

	CÓDIGO CCF-MCA-01	CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 1 de 2					
			Edición 1					

ACTIVIDADES PROGRAMADAS EN EL AÑO 2018

N	ACTIVIDAD	ASISTENTES	QUIEN DICTA EL CURSO	METODO DE EVALUACION	FECHA DE EVALUACION DE EFICACIA	RESPONSABLE	MESES						
							3	4	5	6	7	8	
1	Legislación ambiental	Técnico responsable de monitoreo Jefe de Gestión Ambiental Pasantes	Funcionario del MAE	Examen	Examen al finalizar el curso	Jefe de Gestión Ambiental	X						
2	Gestión de la calidad del aire en Quito	Técnico responsable de monitoreo Jefe de Gestión Ambiental Pasantes	Jefe de investigación y monitoreo de la calidad del aire de Quito.	Examen	Examen al finalizar el curso	Jefe de Gestión Ambiental	X	X					
3	Metodologías de monitoreo atmosférico	Técnico responsable de monitoreo. Jefe de Gestión Ambiental Pasantes.	Jefe de investigación y monitoreo de la calidad del aire de Quito.	Examen	Examen al finalizar el curso	Jefe de Gestión Ambiental		X					


Nota: 3 = marzo, 4 = abril, 5 = mayo, 6 = junio, 7 = julio, 8 = agosto.

	CÓDIGO CCF-MCA-01	CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN	Página 1 de 2
			Edición 1

ACTIVIDADES PROGRAMADAS EN EL AÑO 2018

N	ACTIVIDAD	ASISTENTES	QUIEN DICTA EL CURSO	METODO DE EVALUACION	FECHA DE EVALUACION DE EFICACIA	RESPONSABLE	MESES						
							3	4	5	6	7	8	
4	Módelos predictivos de contaminación del aire y manejo de estaciones meteorológicas y de monitoreo de calidad del aire	Técnico responsable de monitoreo Jefe de Gestión Ambiental Pasantes	Técnicos y analistas de la red de monitoreo de la calidad del aire de Quito.	Examen y práctica	Examen al finalizar el curso y práctica	Jefe de Gestión Ambiental		X					
5	Construcción de inventarios de fuentes de emisión.	Técnico responsable de monitoreo Jefe de Gestión Ambiental Pasantes	Funcionario de la Secretaria de Ambiente de Quito	Examen y práctica	Examen al finalizar el curso y práctica	Jefe de Gestión Ambiental				X			

Nota: 3 = marzo, 4 = abril, 5 = mayo, 6 = junio, 7 = julio, 8 = agosto.

	CÓDIGO LA-MCA-02	LISTA DE ASISTENCIA	Página 1 de 1
			Edición 1

Nombre del Proyecto		
Instructor del Curso:		
Firma:		
Tema del Curso:		
Fecha:	Horario:	Lugar:

Certifico haber sido instruido sobre el tema de la referencia

Nombres y Apellidos	Firma

RESPONSABLE DEL REGISTRO

NOMBRE: CARGO: FECHA:	FIRMA:	N° DE TRABAJADORES EN EL CURSO:
--	---------------	--

6.14 Plan de Acción

El plan de acción para sensibilizar, ejecutar y evaluar la propuesta se la realiza, considerando aspectos como metas, actividades, recursos responsable y tiempo de ejecución. En la siguiente tabla se muestra.

Tabla 32. Contaminantes y métodos de medición

ETAPAS	METAS	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLES	TIEMPO
SENSIBILIZAR	Marzo a mayo del 2018	- Charlas con personal administrativo. - Capacitaciones al personal involucrado. - Reuniones con personal de la red de monitoreo atmosférico de Quito y con directores de proyectos de Universidades. Compra de equipos de monitoreo pasivo y manual	Tecnológicos, económicos, material de oficina.	- Director Financiero. - Jefe de Gestión Ambiental - Técnico de Monitoreo	180 días
EJECUTAR	A partir de junio del 2018	- Capacitaciones a trabajadores. - Implementación de las estaciones de monitoreo pasivo.	Tecnológicos, económicos, humanos, material de oficina	- Director Financiero - Jefe de Gestión Ambiental	5 días
EVALUAR	En marzo, junio y diciembre 2018	Antes: Revisión de la propuesta. Durante: La implementación de la propuesta. Después: Verificación del cumplimiento de las metas propuestas	Tecnológicos, económicos, humanos, material de oficina.	- Jefe de Investigación y monitoreo de calidad del aire de Quito Director Higiene y Gestión Ambiente	90 días

Elaborado por: Investigador

6.14.1 Administración de la propuesta

Esta propuesta es administrada por el Jefe de Recursos Financieros del GAD Municipal de Riobamba, participará también el Director de Higiene y Gestión Ambiental, y el Jefe del departamento de Gestión Ambiental. De tal manera que se coordine de forma eficaz la administración en la gestión ambiental en el recurso aire.

El administrador de la propuesta para la ejecución de algunas actividades debe apoyarse en la Jefe responsable del análisis de laboratorio y del Monitoreo Atmosférico de Quito, para coordinar la compra de materiales y equipos adecuados para el monitoreo; con el Director financiero del GAD Municipal para adquisición de equipos de protección personal, la disponibilidad de un vehículo para el recorrido por los distintos puntos de monitoreo entre otras actividades. También se necesitara del apoyo de Instituciones educativas a nivel superior y entes públicos.

El Rediseño de la red de monitoreo atmosférico representa una base para la ejecución y gestión de otros proyectos que aporten información para implementar a futuro una red permanente de monitoreo, estudios que beneficien no solo al Municipio si no a otras dependencia como el ministerio de Salud, de Ambiente, entre otros. El monitoreo como tal se desarrolla en base a la ejecución de los procedimientos detallados en el estudio realizado. Siempre que la dinámica atmosférica cambie el administrador de la propuesta es el encargado de insertar las mejoras necesarias o cambios en la forma de gestión.

Es importante que el Jefe de Gestión Ambiental que es el responsable del monitoreo cuente con los recursos económicos y apoyo por parte del Alcalde de Riobamba, para la implementación de las mejoras propuestas en el estudio.

6.15 Plan y seguimiento de la propuesta

Tabla 33. Seguimiento y evaluación

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1.- Quien solicita la evaluación	Director de Higiene y Gestión Ambiental del GADM Riobamba.
2.- ¿Por qué evaluar?	Necesidades administrativas.
3.- ¿Para qué evaluar?	Para verificar el funcionamiento de la red de monitoreo.
4.- ¿Qué evaluar?	La toma de muestra según los procedimientos establecidos.
5.- ¿Quién evalúa?	Jefe de Investigación y Monitoreo de la Secretaria de Medio Ambiente de Quito
6.- ¿Cuándo evaluar?	3 meses después de la instalación de las estaciones.
7.- ¿Cómo evaluar?	En base a procesos determinados para seguimiento de proyectos administrativos de la institución.
10.- ¿Con qué?	Observación en campo Registros de análisis de laboratorio, de resultados de gases y de campo.

Elaborado por: Investigador

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (1o de Mayo de 2016). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de atedr: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (s.f.). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de atedr: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs71.html
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (s.f.). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de atedr: https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts110.html
- Albert, L (1997). *paho.org*. Obtenido de bvsde: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-01a4.pdf>
- Ambiente, M. d (2012). Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión. En MAE, *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente* (págs. 2-13). Quito.
- Andrés, D., Ferrero, E., & Mackler, C (1997). MONITOREO DE CONTAMINANTES DEL AIRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO-ARGENTINA. *Información Tecnológica*, 11.
- Aránquez, E., Ordoñez, J., Serrano, J., Aragonés, N., Fernández Patier, R., Gandarillas, A., & Galán, I (1999). Contaminantes Atmosféricos y su Vigilancia. *Revista Española de Salud Pública*, 123-132.
- Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental* (2003). Obtenido de Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>
- Corona Zambrano, E. A., & Rojas Caldelas, R. I (2009). Calidad del aire y su incorporación en la planeación urbana: Mexicali, Baja California, México. *ScieloO México*, 79-102.

- Centro de Recursos Ambientales de Navarra (CRANA) (22 de Abril de 2016). *Fundación crana*. Obtenido de Fundación crana: http://www.crana.org/es/contaminacion/mas-informacion_3/monaxido-carbono
- Chile, I. d (26 de Julio de 2016). *Instituto de Salud Pública de Chile*. Obtenido de Instituto de Salud Pública de Chile: <http://www.ispch.cl>
- Flores Rodríguez, J., & Albert Palacios, L. A (1997). Contaminación Atmosférica. En J. Flores Rodríguez, & L. A. Albert Palacios, *Introducción a la Toxicología Ambiental* (págs. 123-47). México: Metepec ECO.
- Flores Rodríguez, J., & Albert Palacios, L. A (1997). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de bvsde: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-02a9.pdf>
- Haro, A (Mayo de 2016). *Proyecto Calidad del Aire* (A. Haro, Intérprete) Riobamba, Chimborazo.
- Hidrocarburos, M. d (s.f.). *Hidrocarburos*. Obtenido de Hidricarburos.gov: <http://www.hidrocarburos.gov.ec/confirman-calidad-de-combustible-que-distribuye-ep-petroecuador-al-pais/>
- Inche, J (2004). Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. En J. Inche, *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones* (págs. 59-61). Peru.
- Inche, J. L (2004). Transporte y Dispersión de la contaminación. En J. L. Inche, *Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones* (pág. 118). Peru.
- INSTITUTO GEOFÍSICO (2016). *Informe Especial Volcán Tungurahua - N°9*. Quito.
- Jerves, R., & Armijos, F (2016). Análisis y revisión de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador. . *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 25-34.
- Martínez, A. P., & Romieu, I (s.f.). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/intromon/cap3.pdf>
- Matínez, A., & Romieu, I (1997). *Introducción al monitoreo atmosférico*. México: ECO.

- Ministerio del Ambiente (2012). Norma de Calidad el Aire o Nivel de Inmisión. En M. d. Mbiante, *Anexo 4 del Texto Unificado de Legislación Secundaria Norma de Calidad el Aire o Nivel de Inmisión* (pág. 13). Quito.
- Organización Mundial de la Salud (2004). *Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsci/fulltext/guiasaire.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (Septiembre de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de who: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/es/>
- Organización Panamericana de la Salud (1997). Organización Panamericana de la Salud. En A. P. Martínez, & I. Romieu, *Introducción al monitoreo atmosférico* (págs. 1-36). Mexico: ECO. Obtenido de Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental.
- Páez Pérez, C (2008). *Gestión de la Calidad del Aire*. Quito: Ecuador.
- Palacios Espinoza, E., & Espinoza Molina, C (2014). CONTAMINACIÓN DEL AIRE EXTERIOR.CUENCA - ECUADOR, 2009- 2013. POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas*, 12.
- Perugachi Caueñas, N. P (julio de 2016). Aplicación de un modelo matemático para determinar la difusión de contaminantes atmosféricos bajo condiciones físicas y meteorológicas de la ciudad de Riobamba. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca de la EMOV EP (2015). *Informe de la Calidad del Aire*. Cuenca.
- Romero Placeres, M., Diego Olite, F., & Álvarez Toste , M (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epimediología*, 44.
- Rubén Jerves, F. A.-A (2016). ANÁLISIS Y REVISIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE. *LA GRANJA*, 10.
- Salud, O. M (2005). *Organización Mndial de la Salud*. Obtenido de Organización Mndial de la Salud:

http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

Salud, O. M (26 de Julio de 2016). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <http://www.who.int>

Salud, O. P (7 de Mayo de 2014). *Salud-ambiental-y-desarrollo-sustentable*. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: http://www.paho.org/arg%20%20/index.php?option=com_content&view=article&id=1314:la-calidad-del-aire-se-esta-deteriorando-en-muchas-de-las-ciudades-del-mundo&catid=334:arg04-salud-ambiental-y-desarrollo-sustentable&Itemid=228

Valderrama, J., & Rojas, C (1997). Información Tecnológica. *Información Tecnológica*, 12-15.

ANEXOS

ANEXO A. Guías de la entrevista

ANEXO A1

GUÍA DE LA ENTREVISTA

Institución GAD Municipal de Riobamba

Entrevistado Ing. Luis Melena

Entrevistador Tesisista

Lugar Riobamba Fecha 2010-11-20

Objeto de Estudio: Conocer La Gestión del Departamento Ambiental

1. ¿Por qué se inició con el monitoreo de la Calidad del Aire?

Porque se usó el material portabederos a lento, masas y
espumas verdes con cobertura vegetal; por parque automotor que
cumple su ciclo de vida; graneros erigidos del volcán

2. ¿Desde cuándo se monitorea el Aire?

13 de Febrero del 2008

3. ¿Cuáles son los objetivos del Monitoreo?

Determinar un diagnóstico de las condiciones de la contaminación de
Riobamba y áreas de influencia inmediata.

4. ¿Existen normas u ordenanzas para el Control de la Calidad del Aire?

No

5. ¿Cuál es la gestión que se ha realizado en la Ciudad en este tema?

Trabaja con Gestiones con Instituciones Públicas y Privadas como
universidades, Policía, Municipios autónomos y se hizo un plan estratégico
Ambiental; Ejes Urbano, Rural
Urbano: Aire, Agua
Rural: Protección de Vertederos, etc

Miércoles, etc.

6. ¿Cuáles serían las alternativas para mejorar la calidad del aire?

Plantar un Bosque - Crear un vegetal en espacios Áreas Verdes
Reducir Vehículos • Educación Ambiental
Control de Emisiones - Mejorar la Red de Monitoreo Actual



ANEXO A2.

GUÍA DE LA ENTREVISTA

Institución GAD Municipal de Riobamba

Entrevistado In. Pedro Pablo Salas

Entrevistador Suzana Cevallos

Lugar Municipio de Riobamba Fecha 2018-11-21

Objeto de Estudio: Conocer el desarrollo del Monitoreo de la Calidad del Aire en la Ciudad

1. ¿Cuáles son los contaminantes que se monitorean y su frecuencia?

- SO₂ - O₃
- BTX
- Sedimentos

2. ¿Qué métodos de Monitoreo se utilizan?

Método Pasivo

3. ¿Cuántos puntos de Monitoreo existen actualmente?

Sitios: Guano, Praga, Cutara, Ame (Vuk); Centro
EMAPAR (Su) y Censura (Se Monitorea Sediment)

4. ¿Dónde se realizan los análisis de las muestras?

En el Laboratorio de Análisis del Municipio del Distrito
Metropolitano de Quito


5. ¿Cuáles son los resultados del Monitoreo?

No se obtienen los resultados

6. ¿Cuáles serían las alternativas para mejorar la calidad del aire?

- Ubicación de Rousión Vehículo en Pólambo.

- Densar de la Red de Monitoreo Actual con el objetivo de que se cubra mayor área.


ING. PATRICIO SALAS
GADM RÍOBAMBA.

ANEXO A3.

GUÍA DE LA ENTREVISTA

Institución Secretaria del Medio Ambiente del D.M de Quito

Entrevistado Jos. Valeria Diaz

Entrevistador Susana Cacha

Lugar Laboratorio Secretaria Ambiente Fecha 2016-10-06

Objeto de Estudio: Conocer las Metodologías aplicadas para la obtención de los resultados

1. ¿Cuál es el método de ensayo para los Gases que se monitorea en Riobamba?

Método Pasivo que consiste en utilizar el proceso físico de Difusión de los contaminantes en el Aire. El método de ensayo son técnicas analíticas de cromatografía iónica (NO_x , SO_2) y espectrofotometría UV visible (O_3), (método de Gases (BTK).

2. ¿Cuáles son los resultados de ensayo de los Gases Monitoreados?

Se observa tendencias de contaminación, en el tiempo y especialmente principalmente y para el caso del SO_2 NO_x se comparan con Normas Nacionales Ambientales.

3. ¿Cómo se reportan los resultados?

En mensajerías por correo electrónico mensual y luego un reporte anual para Pm_{10} , CO , NO_2 .

4. ¿Ha existido algún cambio en algún método de análisis de las muestras de gases?. Si es Así desde que año.

Se continúa trabajando con los mismos métodos.

5. ¿Cuáles serían las alternativas para mejorar la calidad del aire?

- 1) Mejorar la Calidad de Combustible
- 2) Disminuir el Uso de Vehículos
- 3) Controlar las emisiones de las Industrias
- 4) Mejorar la Cobertura vegetal (Polvo)
- 5) Control y Mantenimiento de los Vehículos (Revisión Vehicular)

ANEXO A4.

GUÍA DE LA ENTREVISTA

Institución Universidad Nacional de Chimborazo

Entrevistado Incy Arquimedes Pora

Entrevistador Susana Lucha

Lugar UNACH Fecha 2016-11-21

Objeto de Estudio: Conocer alternativas para la obtención de información de la Contaminación del Aire en Riobamba.

1. ¿Conocer los objetivos del Proyecto de Calidad de Aire en Riobamba?

Los objetivos del Proyecto de Calidad del Aire es el de
Fortalecer la red de Monitoreo que actualmente existe en la ciudad,
desarrollar proyectos con participación de estudiantes

2. ¿Cuáles son los Avances del Proyecto?

SE ha realizado tesis con estudiantes de la UNACH y
FSPOCH, como por ejemplo un modelo atmosférico con
datos meteorológicos

3. ¿Se realizado levantamiento de información sobre las fuentes fijas y móviles en la Ciudad?

Se realizó inicio con un reconocimiento, pero por
falta de recurso financiero aun no se termina.

4. ¿Cuáles son los resultados que se obtuvieron?

Actualmente se cuenta con datos de estaciones
meteorológicas

5. ¿Cuáles serían las alternativas para mejorar la calidad del aire?

Lo principal sería fortalecer el Monitoreo existente con
un rediseño de la Red de Monitoreo; también se podría
gestionar la creación de la Estación de Revisión Vehicular.

ANEXO B. Formato conteo vehicular (Riobamba)

ANEXO B1. SETOR SUR

En virtud al número de hojas del conteo vehicular se presenta una muestra del formato aplicado en campo.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL



FIGHA N°: 01 DIRECCIÓN: Avenida Félix Paredes FECHA: 2015-10-20 SENTIDO: Bojale
 ENCUESTADOR: Susana Cacho

TIPO	TOTAL
MOTOS	11
AUTOMOVIL	154
CAMIONETA	62
JEEP	31
BUSETA	6
BUS	10
CAMIÓN	24
TRAILERS	0
MAQ. PES	0

TIPO	TOTAL
MOTOS	8
AUTOMOVIL	170
CAMIONETA	55
JEEP	32
BUSETA	2
BUS	2
CAMIÓN	25
TRAILERS	0
MAQ. PES	0

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL



FICHA N° 01

DIRECCION: Av. Félix Ojeda

FECHA: 2016-10-20

ENCUESTADOR: Luis Sánchez

SENTIDO: Subida

TIPO	7:01 - 7:30										TOTAL
MOTOS											4
AUTOMOVIL											168
CAMIONETA											72
JEEP											40
BUSETA											5
BUS											94
CAMION											14
TRAILERS											1
MAQ. PES											1

TIPO	7:31 - 08:00										TOTAL
MOTOS											7
AUTOMOVIL											150
CAMIONETA											87
JEEP											48
BUSETA											3
BUS											92
CAMION											19
TRAILERS											0
MAQ. PES											0

OBSERVACIONES:

ANEXO B2. SECTOR CENTRO

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL



FICHA N° 01 DIRECCIÓN: Calle Colón SENSIDO: _____
 FECHA: 2016-10-15 ENCUESTADOR: Susana Cacha

TIPO	7:01 - 7:30										TOTAL
MOTOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3
AUTOMOVIL	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	50
CAMIONETA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	10
JEEP	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4
BUSETA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2
BUS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	5
CAMIÓN	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3
TRAILERS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
MAQ. PES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

TIPO	7:31 - 8:00										TOTAL
MOTOS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4
AUTOMOVIL	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	58
CAMIONETA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11
JEEP	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	4
BUSETA	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
BUS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
CAMIÓN	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
TRAILERS	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
MAQ. PES	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2

OBSERVACIONES: _____

ANEXO B3. SECTOR NORTE

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL



FICHA N° 01 SENTIDO: Bayuda
 DIRECCION: Av. Cumbuco Ramos FECHA: 2016-10-09
 ENCUESTADOR: Susana Ceña

TIPO	TOTAL
MOTOS	8
AUTOMOVIL	123
CAMIONETA	38
JEEP	40
BUSETA	2
BUS	5
CAMIÓN	7
TRAILERS	1
MAQ. PES	3

TIPO	TOTAL
MOTOS	2
AUTOMOVIL	32
CAMIONETA	43
JEEP	4
BUSETA	5
BUS	5
CAMIÓN	5
TRAILERS	5
MAQ. PES	5

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA E INDUSTRIAL

FICHA N° 01
DIRECCION: Av. Generalo Gomez

FECHA: 2016-10-03
ENCUESTADOR: Diego Sabido

SENTIDO: Subida

TIPO	7:01 - 7:30										TOTAL
MOTOS											3
AUTOMOVIL											100
CAMIONETA											38
JEEP											15
BUSETA											9
BUS											10
CAMIÓN											9
TRAILERS											0
MAQ. PES											0

TIPO	7:31 - 8:00										TOTAL
MOTOS											5
AUTOMOVIL											193
CAMIONETA											35
JEEP											18
BUSETA											6
BUS											6
CAMIÓN											5
TRAILERS											0
MAQ. PES											0

OBSERVACIONES:

ANEXO C. Fotos conteo vehicular

Sector Norte. Estación R- Norte- AME



Avenida Canónigo Ramos (Sentido norte)



Avenida Canónigo Ramos (Sentido sur)

Sector Sur. Estación R-Sur-EMAPAR

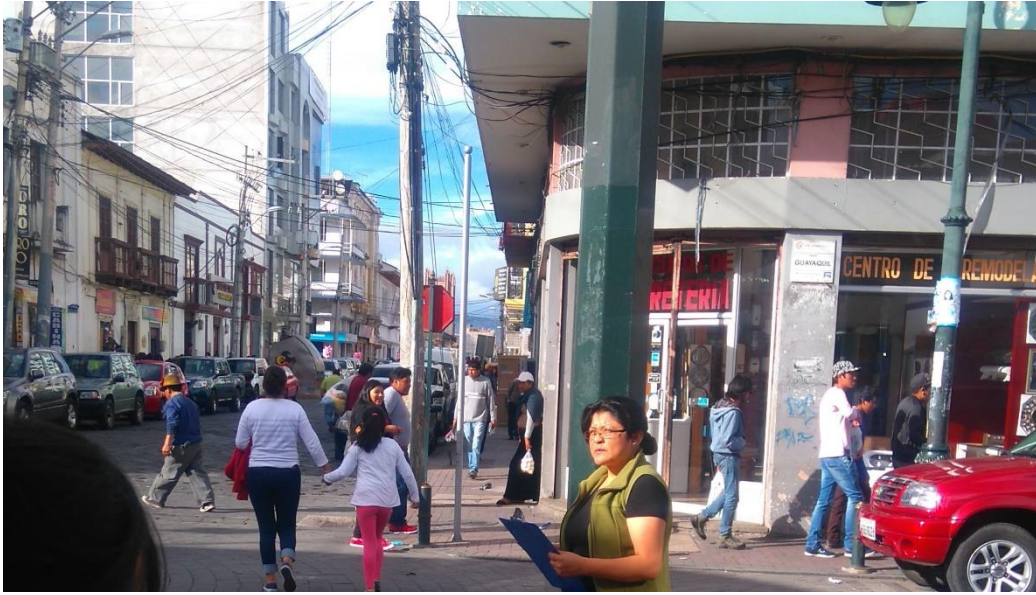


Avenida Félix Proaño (sentido este)



Avenida Félix Proaño (sentido oeste)

Sector Centro- Estación R-CENTRO



Calle Colón