



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

”EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL SECTOR DEL BY PASS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA:

MARÍA VICTORIA ESTRADA VELASCO

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

” EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL SECTOR DEL BY PASS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA ”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MARÍA VICTORIA ESTRADA VELASCO

DIRECTORA: MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **María Victoria Estrada Velasco**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, María Victoria Estrada Velasco, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de enero de 2021

María Victoria Estrada Velasco

060357066-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: PROYECTO TÉCNICO, **EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN EL SECTOR DEL BY PASS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por la señorita: **MARÍA VICTORIA ESTRADA VELASCO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Soledad Núñez Moreno PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-01-20
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-01-20
Ing. Juan Carlos González García MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-01-20

DEDICATORIA

Dedico este trabajo hecho con mucho esmero primero a Dios y a María Auxiliadora por darme fuerza para obtener uno de mis anhelos más deseados. A mis padres Juan y Edith por su trabajo y amor al ser un gran apoyo en mi vida, a mis hermanos Jenny, Jacque y Marco siempre me han dado su apoyo y motivación para no rendirme en conseguir lo que deseo. A mis sobrinas Ary, Emmita y Janny mi gran motivación para esforzarme mucho en mis sueños.

María

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por darme su apoyo incondicional para no decaer cuando todo parecía imposible. De igual manera agradezco a mis hermanos por ser un ejemplo para alcanzar lo que sueñas; algún día sé que me convertiré en esa fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

Finalmente agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su motivación y conocimiento me permitió desarrollarme como persona, profesional y conocer grandes amistades.

María

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes de la investigación.....	3

CAPÍTULO II

2.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	5
2.2 Atmósfera.....	5
2.2.1 <i>Capas de la atmósfera</i>	5
2.3 Contaminación Atmosférica.....	6
2.4 Contaminantes Atmosféricos.....	6
2.4.1. <i>Contaminantes Primarios</i>	6
2.4.2. <i>Contaminantes Secundarios</i>	6
2.5 Óxidos de Nitrógeno (NO _x).....	7
2.5.1. <i>Concentración de óxidos de nitrógeno</i>	7
2.5.2. <i>Ozono Troposférico (O₃)</i>	7
2.5.3. <i>Aerosoles Secundarios</i>	8
2.6 Fuentes Móviles Contaminantes.....	8
2.7 Muestreadores Pasivos.....	8
2.8 Emisiones Vehiculares.....	9
2.9 Calidad del Aire en el Ecuador.....	9
2.10 Elementos y Factores del Clima.....	10
2.10.1 <i>Temperatura</i>	10
2.10.2 <i>Precipitaciones</i>	10

2.10.3	<i>Presión Atmosférica</i>	11
2.10.4	<i>Vientos</i>	11
2.10.5	<i>Latitud</i>	11
2.10.6	<i>Altitud</i>	12
2.10.7	<i>Corrientes Marinas</i>	12
2.11	Arc Gis	12
2.12	SOFTWARE PT VISSIM	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	14
3.1	Tipo de Investigación	14
3.2	Diseño de Estudio	14
3.3	Unidad de Análisis	14
3.4	Cuantificación de la Muestra	16
3.4.1	<i>Selección de los puntos de estudio</i>	16
3.4.1.1	Método	16
3.5	Etapas de la Investigación	18
3.5.1.	<i>Técnicas de preparación para la recolección y análisis de datos</i>	18
3.5.1.1.	<i>Materiales:</i>	18
3.5.2	<i>Recolección de muestras</i>	19
3.5.3	<i>Análisis de los muestreadores pasivos</i>	19
3.5.4	<i>Cálculo de la concentración:</i>	20
3.5.5.	<i>Curva de calibración de NO2 para determinar la longitud de onda</i>	21
3.5.5.1.	<i>Preparación de la solución patrón</i>	21
3.5.5.2.	<i>Preparación de la solución stock de nitrito</i>	21
3.5.5.3.	<i>Preparación de la Solución madre</i>	22
3.6	Conteo Vehicular	23
3.6.1.	<i>Método</i>	23
3.7	Uso del Software PTV Vissim	25
3.8	Mapas en Arc Gis	25
3.9	Análisis estadístico	25

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	26
----	------------	----

4.1	Concentraciones de NOx corregidas de acuerdo con las condiciones de la localidad según la normativa.....	26
<i>4.1.1.</i>	<i>Concentración de NOx en los puntos de monitoreo.....</i>	<i>27</i>
<i>4.1.2.</i>	<i>Concentración de NO en los puntos de monitoreo.....</i>	<i>28</i>
<i>4.1.3.</i>	<i>Concentración de NO2 en los puntos de monitoreo.</i>	<i>29</i>
<i>4.1.4.</i>	<i>Puntos Mínimos y Máximos de NOx (µg/m3).....</i>	<i>30</i>
4.2	Uso del Software PTV Vissim para simulación vehicular.....	31
4.3	Análisis de las concentraciones de NOx, NO y NO2, usando el SOFTWARE ARCGIS.	33
<i>4.3.1</i>	<i>Óxidos de Nitrógeno (NOx).</i>	<i>33</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO2).</i>	<i>35</i>
<i>4.3.3.</i>	<i>Concentración de NOx Puntual en la zona de estudio.</i>	<i>39</i>
<i>4.3.4.</i>	<i>Concentración de NOx por simulación con el software PTV Vissim.</i>	<i>41</i>
4.5	Análisis estadístico	42
<i>4.5.1.</i>	<i>Análisis de ANOVA de un factor para las concentraciones NOx.....</i>	<i>43</i>
	CONCLUSIONES	44
	RECOMENDACIONES	45
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Ventajas e inconvenientes del uso de captadores pasivos.....	12
Tabla 1-3:	Puntos georreferenciados en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba..	21
Tabla 2-3:	Valores de concentración y absorbancias de disoluciones patrón de NO ₂	26
Tabla 1-4:	Concentraciones corregidas de NO _x	31
Tabla 2-4:	Conteo vehicular realizado en el mes de mayo 2020.....	36
Tabla 3-4:	Prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov para concentración de NO _x	47
Tabla 5-4:	ANOVA para las concentraciones de NO _x	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Zona de Estudio para el análisis.....	19
Figura 2-3: Puntos de Monitoreo en la zona de estudio.....	20
Figura 3-3: Puntos de conteo vehicular	28
Figura 1-4: Simulación del transporte vehicular en el programa PTV Vissim.....	37
Figura 2-4 Mapa de concentración promedio de NOx mediante ArcMap.....	39
Figura 3-4: Mapa de concentración de NO mediante ArcMap.....	41
Figura 4-4: Mapa de concentración de NO ₂ mediante ArcMap.....	43
Figura 5-4: Mapa de concentración de NO _x Puntual mediante ArcMap.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curva de calibración.....	27
Gráfico 1-4:	Concentración Promedio total de NO _x (μ/m^3).....	32
Gráfico 2-4:	Concentración Promedio de NO (μ/m^3).....	33
Gráfico 3-4:	Concentración Promedio de NO ₂ (μ/m^3).....	34
Gráfico 4-4:	Puntos mínimos, máximos y promedio de NO _x (μ/m^3).....	35

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3:	Masa de nitritos en el tubo.....	38
Ecuación 2-3:	Concentración Ambiente.....	39
Ecuación 3-3:	Masa total de la solución patrón de NO_2	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS

ANEXO B ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

ANEXO C CONTEO Y AFLUENCIA VEHICULAR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ATSDR: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades

CO₂ : Dióxido de carbono

CO: Monóxido de carbono

COVs: Compuestos orgánicos volátiles

g: Gramos

Ho: Hipótesis Nula

H1: Hipótesis Alternativa

IDW: Distancia inversa ponderada

IQCA: Índice de la Calidad del Aire de Quito

L: Litros

mL: Mililitros

MAE: Ministerio del Ambiente

MTOP: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

NO_x: Óxidos de nitrógeno

NO₂ : Dióxido de nitrógeno

NO: Óxido nítrico

NH₃ : Amoníaco

NEDA: Naftilamina

O₃ : Ozono

SO₂: Dióxido de azufre

SIG: Sistema de Información Geográfica

TEA: Trietanolamina

UV: Ultravioleta

µg: Microgramos

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración de contaminantes atmosféricos en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba y así verificar la calidad del aire en esta zona de gran flujo vehicular. Para el estudio se procedió a determinar la concentración de NO_x considerando 36 puntos ubicados 500 metros cuadrados a la redonda del área de influencia del lugar mencionado, utilizando captadores pasivos preparados previamente en el laboratorio y colocados 2.5 m sobre el suelo en postes o lugares estratégicos. Los muestreadores pasivos aplican el proceso de difusión molecular captando NO_x por medio de una solución de trietanolamina, n-butanol. El monitoreo se realizó durante un período de 4 semanas y los captadores fueron analizados por un espectrofotómetro UV para determinar su absorbancia y a través de fórmulas establecer las concentraciones de los contaminantes. Posteriormente fue establecido el flujo vehicular mediante el conteo de los transportes en 6 puntos de la zona para luego simularlo en el software PTV Vissim y con los resultados mediante mapas visualizar las zonas que abarcan la mayor concentración del NO_x. Según la medición se establece que el valor máximo es de 3042.527 µg/m³ en 8 días, siendo una concentración de 380.32 µg/m³ diaria, estipulando que este contaminante sobrepasa los límites permisibles de acuerdo al MAE, 2003 donde se establece el valor para NO_x es de 100 µg/m³ al año y 150 µg/m³ en 24 horas. Esto se debe a la cantidad de vehículos, locales comerciales y semáforos; además que la zona de estudio es un punto clave para el ingreso y salida de transportes hacia la ciudad de Riobamba. Se recomienda realizar monitoreos con un tiempo superior a un mes y así corroborar datos de las concentraciones del contaminante estudiado.

Palabras clave: <ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)>, <MUESTREADORES PASIVOS>, <FLUJO VEHICULAR>, <EMISIÓN DE NO_x>, <BY PASS RIOBAMBA>, <PTV VISSIM(SOFTWARE)>.

ABSTRACT

The purpose of the current research was to evaluate the atmospheric pollutants concentration in the BY PASS area, Riobamba city in order to verify the air quality in this heavy traffic flow area. For this study, it was necessary to determine the NO_x concentration, considering 36 points placed 500 square meters around the influence area and using passive collectors which were previously prepared in the laboratory and placed 2.5 meters above the ground in posts or strategic places. The passive samplers apply the molecular diffusion process which catches NO_x through a triethanolamine, n-butanol solution. The monitoring process was carried out during a 4-week period and the collectors were analyzed with the use of a UV spectrophotometer in order to determine their absorbance and establish the pollutant concentrations through formulae. Then, the traffic flow was established through the counting of the means of transport in 6 points of the area for their further simulation in Vissim PTV software; with the results obtained through maps, it was possible to observe the areas with the highest concentration of NO_x. According to the measuring, it is established that the maximum value is 3042.527 µg/m³ in 8 days with a concentration of 380.32 µg/m³ a day, determining that this pollutant exceeds the allowed limits according to MAE, which establishes the value for NO_x in 100 µg/m³ a year and 150 µg/m³ in 24 hours. This is due to the number of vehicles, shops and traffic lights. In addition, the study area is a clue point for the entry and exit of transport in Riobamba city. It is recommended to monitor the area for more than a month and ratify the data related to the concentrations of the pollutant studied.

Keywords: <NITROGEN OXIDE (NO_x)>, <PASSIVE SAMPLERS>, <VEHICULAR FLOW>, <ATMOSPHERIC POLLUTANTS>, <PTV VISSIM (SOFTWARE)>.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del ambiente y la desaparición de los recursos no renovables han preocupado a la comunidad, ocasionando la toma de decisiones con respecto a los peligros de la destrucción del entorno natural para el presente y futuras generaciones.

Uno de los principales gases contaminantes producidos por los vehículos de transporte son los NOx; precursores de contaminantes secundarios de alta incidencia ambiental causado por la quema de combustibles fósiles, que al contacto con la atmosfera dará lugar al ozono (O₃) troposférico siendo un oxidante que deteriora la salud humana ocasionando enfermedades.

“Si bien en general, la calidad del aire en los países de altos ingresos ha mejorado en las últimas décadas, los efectos adversos de la contaminación del aire ambiental exterior en la salud por NOx sigue siendo un problema mundial de salud pública, incluso a niveles relativamente bajos”.
(Sánchez, 2018)

El estudio de este proyecto se sitúa en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador, ya que en este sitio existe gran afluencia vehicular al ser un punto focal para la entrada y salida de transportes a la urbe, la falta de conocimiento de la ciudadanía respecto a la contaminación del aire evita que las mismas tomen acciones pertinentes para preservar la salud y proteger el entorno natural.

Para determinar la calidad del aire y conocer la concentración de NOx expuestas por las emisiones vehiculares se utilizará muestreadores pasivos ubicados en el sector de estudio.

Formulación (Incógnita)

¿Las concentraciones de NOx provenientes de las emisiones vehiculares afectan la calidad del aire en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba?

JUSTIFICACIÓN

Este estudio se fundamenta en investigar la calidad del aire en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba, siendo un lugar al que se encuentra expuesta la población que transita y vive en la zona, debido a que es más sensible al estar en contacto con los NOx.

En la actualidad el transporte es una de las principales actividades, siendo que genera mayor contaminación.

La concentración de NOx se determina mediante el uso de captadores pasivos, obteniendo datos significativos acerca de la contaminación existente; los muestreadores pasivos se los ubica en puntos estratégicos a una altura de 2,5m que permite dar a conocer cuál es la concentración de NOx que la zona automotriz emite hacia la atmósfera y la afección dirigida hacia la ciudadanía en el sector del BY PASS

Este proyecto es de gran importancia y favorecerá a la ciudad de Riobamba al generar datos para proyectos futuros, permitirá plantear normativas para la ciudad y vigilar las emisiones aportando conocimientos que ayuden en el tratamiento de efectos producidos por estar en contacto con los NOx.

Además de establecer planes y políticas para prevenir la contaminación del aire y verificar si los valores emitidos están o no en los límites permisibles que se mencionan en la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes de la investigación

El transporte es una de las principales actividades humanas que genera la mayor contaminación ambiental.

La Asociación Ecuatoriana Automotriz señala que en el Ecuador el 35% de impacto ambiental negativo producido por los automotores no cumplen con la normativa establecida. En el año 2017 el cantón Chunchi estableció que el 65% de vehículos ya cumplieron su ciclo de vida y siguen en circulación, presentando emisiones que son peligrosas. (Rivera y Mata, 2020)

Riobamba es una ciudad que se encuentra en constante crecimiento, al estar ubicada en el centro del país es una de las principales vías de paso desde la región costa a la sierra y viceversa, y se considera a la zona del BY PASS como un punto de ingreso hacia la urbe.

En el año 2017 en el centro histórico de la ciudad de Riobamba estudió el comportamiento de contaminantes atmosféricos entre ellos el NO_2 . En este proyecto se utilizó tubos palmes en lugar de los tubos vacíos de vidrio con TEA considerando 42 puntos y analizándolos en espectrofotometría UV-visible llegando a la conclusión de la escasa concentración del NO_2 y el aumento del ozono en el fin de semana por la disminución de vehículos. (Miranda, 2017)

En el 2019 Nieto realiza la evaluación de contaminantes atmosféricos emitidos en una zona de la ciudad de Riobamba usando muestreadores pasivos para medir la concentración de óxidos de nitrógeno y sus resultados determinaron que de acuerdo a la Normativa vigente los NO_x no sobrepasan los límites permisibles establecidos en la norma ecuatoriana. (Nieto, 2019)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concentración de contaminantes atmosféricos en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar la concentración de NO_x en el sector del BY PASS a través del uso de muestreadores pasivos.
- ✓ Establecer el flujo de vehículos de transporte que transitan la zona.
- ✓ Indicar mediante mapas las concentraciones de NO_x presente en la zona.

CAPÍTULO II

2.1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.2 Atmósfera

La capa gaseosa que se encuentra en el globo terráqueo es la atmósfera. Provista de gases como el nitrógeno en un 78.1%, de oxígeno en un porcentaje de 21.0%, 0,9% de argón y CO₂ presente en un 0,003 %. Se encuentra provista de aire y los diferentes gases que presentan varias propiedades. Con el transcurso del tiempo su composición ha ido modificándose; hoy es muy diferente a cuando se formaba la Tierra.

Esta capa es de vital importancia, gracias a la misma surge que exista la vida en el planeta Tierra y evita que los rayos del Sol afecten la existencia de los seres vivos. (Ruíz ,2018)

2.2.1 Capas de la atmósfera

La atmósfera se encuentra dividida en varias capas de acuerdo a su altitud y densidad del aire:

- Tropósfera

Primera capa sobre a superficie. Conformada por las nubes. Presenta un grosor diverso en la parte de los polos es de 8Km y en la zona ecuatorial tiene 16Km.

- Estratósfera

Esta capa alcanza los 50Km de altura, no permite el paso del 99% de los rayos Ultravioletas producidos por las radiaciones procedentes del sol. Es una capa muy estable por lo q hay la presencia de aviones; además presenta vientos que se desplazan de manera horizontal (200Km/h).

- Mesósfera

Esta capa inicia por arriba de la estratósfera y alcanza una altura hasta los 85Km de altitud. En esta zona se impide el paso de cuerpos extraños ingresen al interior del planeta como son los meteoritos.

- Termósfera

Capa que inicia sobre la mesósfera con unos 85Km y va hasta unos 600Km. El incremento de la temperatura es notable mientras se va subiendo debido a las radiaciones solares. Además, que ocurren reacciones químicas más rápidas. Y también hay la presencia de las señales de radio.

- Ionósfera

Comprendida entre los 60 y 400Km de altitud. Existe la presencia de cargas eléctricas por la ionización de átomos y moléculas.(Espinoza ,2015)

2.3 Contaminación Atmosférica

La contaminación atmosférica está definida como el primordial problema que afecta la salud de las personas por la presencia de sustancias tóxicas. Cuando cualquier sustancia altera la composición de esta capa y sobrepase los límites permisibles de acuerdo a la normativa ambiental vigente afecta a la población. Además de definirla como una mixtura de las emisiones de otros orígenes como es el caso: de actividades agropecuarias, domésticas, industriales, automotrices y de sustancias propias de animales y plantas. De acuerdo al lugar donde se ocasiona la contaminación atmosférica esta puede ser:

-**Local:** Una fuente fija como lo es una fábrica con una chimenea contaminante.

-**Regional:** Abarca cientos de kilómetros cuadrados como el smog fotoquímico.

-**Global:** Debilitan la capa de ozono afectando la estratosfera como son los clofluorocarbonados.
(Espinoza ,2015)

2.4 Contaminantes Atmosféricos

Los contaminantes del aire son aquellas sustancias que modifican la composición de la atmósfera, afectando al ambiente y estas pueden ser ocasionadas por actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles.

2.4.1. Contaminantes Primarios

Son aquellos contaminantes expuestos directamente hacia la atmósfera. Y entre los principales tenemos al Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) y material particulado. (Fountain ,2019)

2.4.2. Contaminantes Secundarios

Es aquel contaminante que no se exponen directamente y se forma a través de reacciones químicas de los contaminantes primarios. Entre estos tenemos a los aerosoles secundarios y al ozono troposférico.(Fountain ,2019)

2.5 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los NO_x son gases formados por nitrógeno y oxígeno; los óxidos de nitrógeno son tóxicos e irritantes que pueden producir ácidos en el ambiente. Se forman por la combustión de vehículos y plantas eléctricas. “Los NO_x participan en la formación de ozono mediante reacciones fotoquímicas, y su tiempo de vida media varía desde pocas horas en días soleados hasta varios días en periodos húmedos”.(Cuesta y González 2018)

Algunos efectos que producen estos gases son problemas en el tracto respiratorio y sensibilidad a los alérgenos, además niños pueden padecer asma. Se ha determinado que personas sensibles a estos problemas son aquellas que habitan en zonas rurales por la presencia de vehículos debido a esto presentan mayor riesgo en su salud sobre todo los aledaños a carreteras.(Núñez y Saura, 2018)

2.5.1. Concentración de óxidos de nitrógeno

Los óxidos de Nitrógeno (NO_x) son la suma del óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). El flujo vehicular ha hecho que las emisiones vayan en aumento y se produzca contaminación por parte de este gas. El dióxido de Nitrógeno se incrementa cuando existe la presencia de mayor cantidad de ozono en el entorno. En el Distrito Metropolitano de Quito en los meses de lluvia y presencia de bajas temperaturas hubo concentraciones menores por menor tráfico vehicular y esto ha sido registrado en los últimos 5 años. También se ha establecido que en zonas urbanas existe mayor contaminación por estar en contacto directo con el humo continuo de los escapes de los transportes.(Arias, 2015)

2.5.2. Ozono Troposférico (O₃)

El ozono troposférico ubicado bajo la atmósfera surge a partir del NO_x, se localiza entre el suelo y 19Km de altitud y se produce cuando hay elevadas temperaturas y baja humedad. Es una molécula inestable que reacciona fácilmente con otras sustancias químicas. Este contaminante secundario se forma a partir de reacciones fotoquímicas que van directamente al ambiente por emisiones de transporte y lo más característico es el smog fotoquímico.

Los efectos que puede ocasionar este contaminante es la toxicidad ya que es potente y agresivo para los factores bióticos como plantas y animales; además de dañar materiales como el caucho y a portar al efecto invernadero.(Monteverde, 2018)

2.5.3. Aerosoles Secundarios

Son contaminantes secundarios que se forman a partir de reacciones químicas. En el siglo XXI surgieron afecciones respiratorias en la salud de las personas por el denominado smog tipo Londres, producto de trabajar con minerales peligrosos. Algunos aerosoles secundarios son los sulfatos y nitratos, los cloruros cuya composición de halita (NaCl) y material mineral como silicatos y carbonatos. En el caso de actividades antropogénicas estas producidas por trabajos de construcción, emisiones industriales y por transportes vehiculares. Al encontrarse en el ambiente se los ve en estado líquido sin color; los aerosoles secundarios son utilizados para la fabricación de plásticos, barnices, pinturas entre otros. (Boldo, 2016)

2.6 Fuentes Móviles Contaminantes

En estas fuentes intervienen los contaminantes primarios y secundarios y estas fuentes conforman zonas intervenidas por el hombre cuyas actividades antropogénicas son evidentes como la capacidad de desplazarse de un lugar a otro con automóviles, buses, trenes, aviones, barcos entre otras. Los vehículos son los que producen mayor volumen de contaminación por sus motores de combustión interna cuyos gases salen al exterior por el tubo de escape, ocasionando afecciones a quien los rodea. Para evaluar las emisiones de partículas del óxido de nitrógeno se ha llevado a utilizar varios programas o softwares desarrollados en Estados Unidos por la Agencias de Protección Ambiental como por ejemplo Mobile.(Sbarato, 2016)

2.7 Muestreadores Pasivos

Son captadores con forma de tubo que por medio de un proceso de difusión molecular capta gases contaminantes por medio de una solución química previamente realizada en el laboratorio. Y esta solución es utilizada para un contaminante particular. Los tubos una vez colocados en un recipiente tipo caja que les proteja de las condiciones ambientales como la lluvia y la radiación solar; cumplirán el monitoreo desde horas, semanas, o meses. Es necesario quitarle las tapas a los tubos para que la solución pueda cumplir la captación de los gases. A través de este método, es posible medir varios gases como dióxido de nitrógeno (NO_2), Dióxido de azufre (SO_2), amoníaco (NH_3), compuestos orgánicos volátiles y ozono (O_3). (Delgado, 2016)

Tabla 1-2: Ventajas e inconvenientes del uso de captadores pasivos

Método de Medida	Ventajas	Inconvenientes
CAPTADORES PASIVOS	Bajo costo en adquisición de materiales y análisis Sencillo de manipular Útiles para estudios base Estudio de efectos a largo plazo Estudio en amplias zonas de muestreo.	No son útiles para todos los contaminantes. Medidas semanales, quincenales o mensuales. Transporte de muestras y análisis en el laboratorio. Determinan promedio del tiempo de muestreo Datos con incertidumbre.

Fuente: Delgado, 2016.

Realizado por: Estrada, María, 2020.

2.8 Emisiones Vehiculares

La capacidad de movilizarse usando automóvil ha ido produciendo contaminación atmosférica en el entorno donde hay presencia de NOx que al estar en contacto con rayos solares se transforman en ozono troposférico, mezclándose y así produciendo un nublillo amarillento irritante para la visión.

Estas sustancias son las que lleva alterar el ambiente donde autos con motores de combustión y el uso de combustibles fósiles los llevan a la atmósfera. En los años 70 fue cuando se empezó a considerar el hecho de restringir emisiones hacia la atmósfera por las afecciones respiratorias a la población.

Las emisiones se dan a través de los tubos de escape de los automotores y estos dependen de 3 factores: tipo de transporte, comportamientos de conducción, factores climáticos y localidad geográfica.

En cuanto al tipo de transporte se refiere a la tecnología que posee como cilindrada de motor, tipo de combustible y edad del vehículo.

Los comportamientos de conducción describen a la velocidad con la circula el transporte y su recorrido. Los factores climáticos y la localidad geográfica se representan a la temperatura, humedad del ambiente, altitud de operación para el desempeño y emisiones que realizará el automóvil. (Peñañiel, 2019)

2.9 Calidad del Aire en el Ecuador

La calidad del Aire se determina de acuerdo a su estado natural hasta que éste se vea afectado y

empiece a repercutir en su estado y la salud humana. Como en todo el planeta y en nuestro país Ecuador, el aire ha ido perdiendo sus características sobre todo en las ciudades capitalistas como Quito, Guayaquil o Cuenca en donde el aumento de personas y la apertura de nuevas fábricas presenta un gran engrandecimiento.

Aunque la pérdida de las propiedades de la calidad de aire óptimo es alarmante, en el Ecuador se cuenta con información precisa sólo de ciudades como Quito, Guayaquil o Cuenca donde se van realizando monitoreo y estudios de aire determinando las características naturales del mismo.

Los gases que son generados en el Ecuador son: Dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, e hidrocarburos. Aunque algunos factores también afectan como la quema de madera e insecticidas y pesticidas en la agricultura.(Cantuña y Guamán, 2019)

2.10 Elementos y Factores del Clima

Según menciona Gonzalvo cada zona en nuestro planeta presenta un clima diferente y esto se registra debido a ciertos elementos como temperaturas, precipitación, presión y vientos. La variedad de los climas en el mundo se debe a la presencia de factores que condicionan las zonas como es el caso de la latitud, altitud y la distancia sobre el nivel del mar.(Gonzalvo, 2015)

ELEMENTOS

2.10.1 Temperatura

La Temperatura es una dimensión que permite determinar cuan frío o caliente se puede encontrarse el planeta Tierra en ciertas zonas. Las zonas climáticas de acuerdo a su temperatura se las ha dividido en los Polo Norte y Polo Sur a las más frías y las zonas cálidas en el Ecuador. Esta magnitud ve el calor térmico que un cuerpo posee. La temperatura puede encontrarse afectada de acuerdo a la altura y con la lejanía o proximidad del mar. Esta magnitud utiliza un instrumento para su medición como es el caso del termómetro. En el transcurso del día la Temperatura se va modificando; considerando la temperatura máxima en el día y la mínima que surge en el anochecer. “La suma de las energías de todas las moléculas del cuerpo se conoce como energía térmica; y la temperatura es la medida de esa energía promedio”. (Yirda, 2019)

2.10.2 Precipitaciones

La precipitación es considerada como una parte esencial del ciclo hidrológico porque a través de esta se provee de agua hacia nuestro planeta Tierra. Para que ocurra esta condición debe existir la formación de nubes que provienen de la condensación de los cuerpos de agua. Una vez que se enfría el aire, vuelve a caer como lluvia, nieve o granizo y nuevamente comienza el ciclo cuando

suben las masas de aire. En cada continente las precipitaciones son variadas cerca del ecuador surgen considerables lluvias; al igual que en las épocas del año como el Fenómeno del Niño. Existe la presencia de lugares donde las precipitaciones son bajas y casi nulas como es el caso de los desiertos. (Zambrano, 2017)

2.10.3 Presión Atmosférica

La presión atmosférica se considera a la influencia que se encuentra haciendo el aire en un determinado lugar o superficie. Hay que considerar que la presión va cambiando en los diferentes puntos del planeta. La presión acata de la altura; si tenemos cerca el nivel del mar ésta será más alta. Si por ejemplo nos encontramos en la cima de una montaña existe menor cantidad de aire por encima de nuestras cabezas, menor peso y menor presión. Los cambios en la presión se ven reflejados también por los efectos meteorológicos. Para medir este elemento del clima se utiliza un instrumento llamado barómetro. (Ayarzagüena, 2017)

2.10.4 Vientos

Se considera viento al movimiento de las masas del aire que ocurren en la capa de la Tierra llamada tropósfera. Cuando el aire caliente pesa menos; este sube y el viento viene a tomar el sitio de las zonas frías a las de elevadas temperaturas. Existe la presencia de vientos que surgen de manera habitual como las brisas de la costa que en el día sopla el viento del mar hacia la superficie terrestre y al caer la noche de manera inversa. A los vientos se los clasifica en locales y vientos regionales. El instrumento que mide el viento es el anemómetro. Y el dispositivo giratorio denominado veleta es quien nos determina la dirección del viento. (López, 2016)

FACTORES

2.10.5 Latitud

El factor de la latitud se lo define como el trayecto que surge entre un punto del planeta y la línea horizontal es decir el ecuador. La línea ecuatorial sirve para otorgar la definición de latitud. Por esta razón se divide al planeta de acuerdo a los 2 hemisferios terrestres: latitud norte y latitud sur. La latitud permite dividir a nuestro planeta en regiones climáticas debido a la presencia de la luz solar que incide en cada parte. Así es como surgen las estaciones en el hemisferio norte y sur y en los polos el día y la noche sea seguido por el tiempo que la Tierra emplea en invertir su inclinación y así mostrar un hemisferio u otro. (Raffino, 2020)

2.10.6 Altitud

A este factor se le considera como una trayectoria vertical, ubicándolo desde un punto de la Tierra en relación con el mar. Se considera que cuando nos encontramos a mayor altitud las temperaturas disminuyen, y si la altitud es menor la temperatura irá en aumento. Por esta razón muchas zonas montañosas se encuentran cubiertas de nieve además de ser una barrera contra el viento. A la altitud se la mide en metros sobre el nivel del mar utilizando un altímetro. Al verse la altitud influenciada por la temperatura y la presión han surgido pisos térmicos mientras va en aumento este factor. (Grauss, 2015)

2.10.7 Corrientes Marinas

Masas de agua provenientes del océano con respecto a su movimiento debido a la rotación que realiza el planeta Tierra influyendo en vientos y la litósfera. Existe la presencia de agua fría y cálida provenientes de los diferentes pisos climáticos que se trasladan de manera superficial y submarina. Así se tiene a:

- Corrientes Cálidas: Masas de agua que se ubican en la parte superior del mar que emigra desde la parte costera oriental del continente en sentido opuesto al movimiento de rotación de la Tierra y sucede en el hemisferio Norte.
- Corrientes Frías: Masas de agua que no presentan temperatura elevada y se encuentran a profundidad. Proviene de las regiones polares del ártico y compensan a las aguas cálidas.

La trayectoria de las corrientes marinas otorga un ciclo energético calórico en el mundo, otorgando una variedad de climas para algunas regiones como zonas costeras. (Raffino, María Estela, 2020)

2.11 Arc Gis

Software muy utilizado debido que abarca herramientas útiles para realizar mapas temáticos sobre información geográfica. Basado en el Sistema de Información geográfica (SIG). Algunas de sus ventajas:

- Organización y gestión de contenidos.
- Dibuja y modifica mapas.
- Vistas en 2D/3D.
- Se configura de una manera factible e individualizada.
- No requiere programación.
- Automatiza geo procesos.
- Permite realizar combinaciones en conjunto como el Excel. (Pinto, 2020)

2.12 SOFTWARE PT VISSIM

Software de simulación de vehículos considerando la toma de tiempos y determinar el tráfico en las zonas urbanas en el sector de estudio. Permite ver a los automotores animados en 2D y 3D. Una vez que son ingresados los datos se construye una red vial, considerando el número de carriles, sus direcciones con vías georreferenciadas.

Se considera el número de vehículos por hora, previos datos tomados anteriormente. La composición de los vehículos que se encuentran en la zona será colocada en inputs.

Signal Head: Coloca a los semáforos y la temporización que estos presentan; es decir el tiempo en que van cambiando su luz.

-Vehicle Routes: la ruta que tomara el conductor en la carretera.

-Public Transport Stop: paradas de los buses donde la gente espera.

-Public Transport Line: el tránsito de las líneas de bus que están circulando por la vía de acuerdo a la operación que cada una tiene. (Toaza y Reyes, 2017)

Utilizado para medir mediciones microscópicas, enfocándose en las emisiones de tráfico vehicular como (NO_x, PM10). Este programa permite realizar hasta 12000 ensayos. Los factores que considera son:

“Emisiones específicas, emisiones totales, emisiones por tipo de vehículo, mapas de velocidad media.” (Assdorf, 2016)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo Explicativa- Longitudinal

Explicativa

Describe y establece las causas por las que sucede un fenómeno. Además, determina el por qué y para qué de lo que está sucediendo.

Longitudinal

Se realizan mediciones repetidas de un fenómeno que está ocurriendo por establecidos periodos de tiempo con el fin de evaluar cambios.

3.2 Diseño de Estudio

El estudio consta de recoger cierto número de valores o datos donde se observe que existe un predominio directo del NO₂, determinado por el flujo vehicular que transita la zona y la concentración del contaminante del lugar analizado mediante PT VISSIM y Arc Gis.

3.3 Unidad de Análisis

El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo en la ciudad de Riobamba ubicada en el centro geográfico del país, situada en la cordillera de los Andes, con una altitud sobre el nivel del mar: 2758 m, sus coordenadas geográficas son 78°40' 18" a 78°40' 36" de longitud occidental y de 1°38'40" a 1°38' 47" de altitud Sur. La zona de estudio se analizó en el sector del BY PASS lugar focal para la entrada y salida de vehículos de la ciudad, entre las intersecciones de las Avenidas Panamericana, la Av. Monseñor Leonidas Proaño y la Av. Lizarzaburu.



Figura 1-3: Zona de Estudio para el análisis
Realizado por: Estrada María, 2020

3.4 Cuantificación de la Muestra

3.4.1 Selección de los puntos de estudio

3.4.1.1 Método

Una vez elegida la zona de estudio se hace una selección de puntos de acuerdo a la técnica de muestreo aleatorio simple donde se situaron los muestreadores pasivos, tratando de tomar los puntos más alejados del lugar focal del proyecto; se consideró los lugares donde la población realiza sus actividades cotidianas como el comercio y así determinar las concentraciones del contaminante una vez se trasladó hacia el laboratorio donde se los analizó.

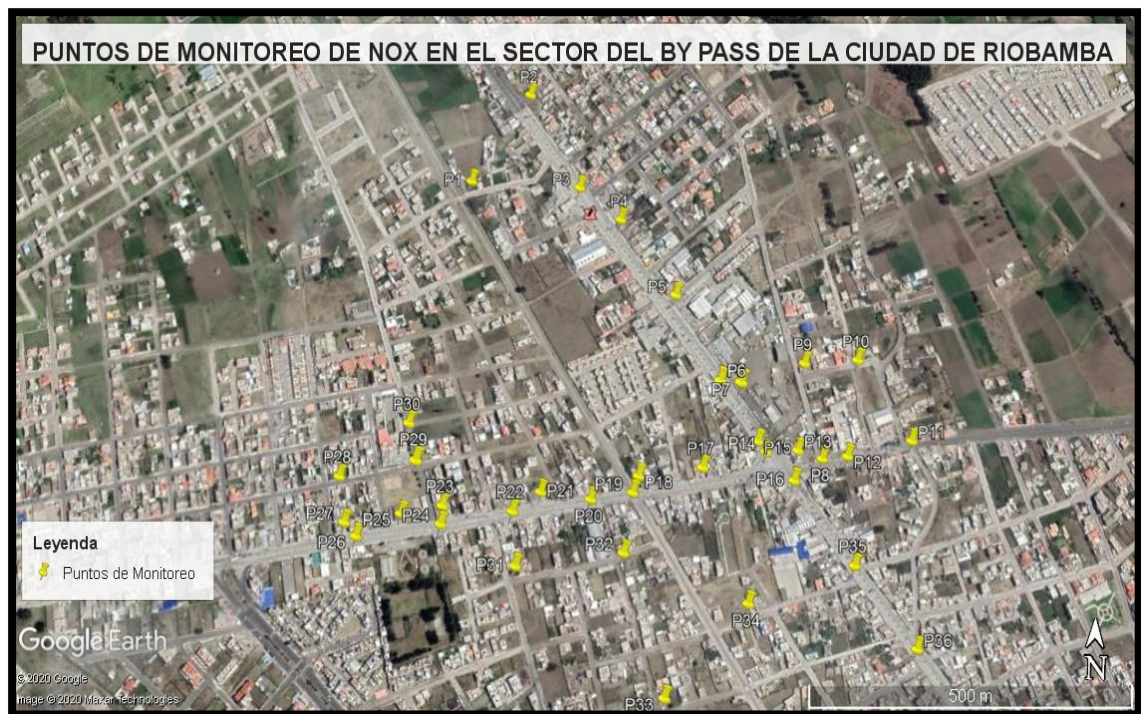


Figura 2-3: Puntos de Monitoreo en la zona de estudio.

Realizado por: Estrada María, 2020.

Tabla 1-3: Puntos georreferenciados en el sector del BY PASS de la ciudad de Riobamba.

PUNTOS DE MONITOREO	COORDENADAS	
	ESTE (X)	NORTE (Y)
P1	758295,00 m E	9818432,00 m S
P2	758389,00 m E	9818578,00 m S
P3	758479,00 m E	9818428,00 m S
P4	758550,00 m E	9818379,00 m S
P5	758644,00 m E	9818264,00 m S
P6	758718,00 m E	9818133,00 m S
P7	758752,00 m E	9818132,00 m S
P8	758883,00 m E	9818025,00 m S
P9	758857,00 m E	9818166,00 m S
P10	758945,00 m E	9818174,00 m S
P11	759029,00 m E	9818056,00 m S
P12	758924,00 m E	9818030,00 m S
P13	758844,00 m E	9818036,00 m S
P14	758792,00 m E	9818032,00 m S
P15	758779,00 m E	9818047,00 m S
P16	758837,00 m E	9817992,00 m S
P17	758690,00 m E	9818006,00 m S
P18	758587,00 m E	9817990,00 m S
P19	758578,00 m E	9817966,00 m S
P20	758511,00 m E	9817954,00 m S
P21	758431,00 m E	9817962,00 m S
P22	758387,00 m E	9817933,00 m S
P23	758275,00 m E	9817937,00 m S
P24	758274,00 m E	9817911,00 m S
P25	758210,00 m E	9817924,00 m S
P26	758141,00 m E	9817890,00 m S
P27	758121,00 m E	9817909,00 m S
P28	758108,00 m E	9817974,00 m S
P29	758228,00 m E	9817999,00 m S
P30	758214,00 m E	9818055,00 m S
P31	758395,00 m E	9817856,00 m S
P32	758565,00 m E	9817880,00 m S
P33	758632,00 m E	9817684,00 m S
P34	758762,00 m E	9817816,00 m S
P35	758931,00 m E	9817874,00 m S
P36	759025,00 m E	9817762,00 m S

Realizado por: Estrada María, 2020.

3.5 Etapas de la Investigación

3.5.1. Técnicas de preparación para la recolección y análisis de datos

Para este estudio fue aplicada el muestreo pasivo a través de la técnica usada para los contaminantes de NO₂, se fundamentó en su elaboración, ubicación, adecuación, recolección y traslado de los captadores pasivos para ser llevados al laboratorio de Química Instrumental y analizarlos por el espectrofotómetro Uv-Visible.

Los captadores consistieron en tubos vacíos estériles de vidrio de 10 mL, se los acondicionó en el laboratorio y fueron etiquetados de acuerdo al punto de estudio. A parte se realizaron cubiertas de metal para cada captador; siendo un mecanismo de protección para las condiciones meteorológicas de la zona y el soporte que lo mantendrá sujeto a los postes en cada punto de muestreo.

Los captadores permanecieron por 7 días y se los llevó al laboratorio para su respectivo análisis, por un tiempo de 4 semanas, desde el 23 de enero al 23 de febrero de 2020.

3.5.1.1. Materiales:

Materiales de campo

- Cajas de metal para los captadores pasivos de NO₂
- Alambre de amarre
- Cinta doble faz
- Taipe
- Hielera térmica
- Mica negra
- Cámara
- Pegatinas de precios

Materiales de laboratorio

- ✓ **Materiales y equipos**
- Probeta de 1000mL
- Vaso de precipitación de 500mL
- Frasco ámbar de 1L.
- Fundas de color negro
- Balanza analítica
- Rotulador

- Refrigeradora

✓ **Sustancias y reactivos:**

- Trietanolamina (TEA)
- N-butanol
- Agua destilada

Preparación:

- Añadir 7.5g del reactivo de Trietanolamina a 500mL de agua destilada.
- Agregar 1.5mL de n-butanol, utilizar la varilla de agitación para homogenizar la mezcla agregando agua destilada hasta diluir 500mL.

Almacenar la mezcla en una botella ámbar, taparla muy bien y cubrirla con fundas negras; llevar a refrigerar.(Crespo, 2016)

3.5.2 *Recolección de muestras*

Se ocupó el líquido anteriormente preparado colocando 6mL, en los tubos de ensayo previamente cubiertos con taípe negro evitando la entrada de luz solar.

Los tubos se los colocó a los 2.5 metros del suelo en los postes de energía eléctrica que tengan un óptimo acceso, y se sujetó con la cinta doble faz a las cajas de metal la misma que se inmovilizó con alambre.

Se retiró el tapón del tubo durante 8 días y se llevó la muestra al laboratorio para su análisis.

3.5.3 *Análisis de los muestreadores pasivos*

Materiales y equipos:

- Balanza analítica
- Espectrofotómetro Uv-Visible
- Cámara extractora de gases
- Agitadores magnéticos
- Varillas de agitación
- Una probeta de 100mL
- 2 vasos de precipitación de 100mL
- Guantes, mascarilla y mandil
- Tubos captadores de NO₂

Sustancias y Reactivos:

- Naftilamina (NEDA)
- Ácido acético
- Á. sulfamílico
- Agua destilada

Pruebas colorimétricas

Para determinar la presencia de NO₂ en los muestreadores pasivos se realizaron pruebas de color mediante 2 compuestos:

- Compuesto A: En la balanza analítica se pesa 0.4g de naftilamina y utilizando la varilla de agitación se homogeniza con 80mL de ácido acético.
- Compuesto B: En la balanza analítica se pesa 0.64g de ácido sulfamílico y se lo mezcla con la varilla de agitación con 80 mL de ácido acético hasta que se homogenice completamente. (Ibarlucía, 2017)

Método:

- Se coloca a la par 1mL del compuesto A y compuesto B previamente realizados en los tubos que se recogieron de los postes eléctricos.
- Se ubica la tapa en los tubos y se debe agitar para dejarlos reposar, se notará la reacción por el cambio de color de transparente a un color rosa pálido a oscuro; todo dependerá de la cantidad de NO₂ que haya absorbido la muestra. (Cueva, 2016)

Medición:

- Las muestras son llevadas al espectrofotómetro Uv-Vis con una longitud de onda de 545nm donde se realizarán las lecturas de las absorbancias para cada tubo.

3.5.4 Cálculo de la concentración:

La masa de nitritos presente en cada muestreador pasivo debe ocupar la fórmula que se encuentra a continuación:

$$m (\mu\text{g}) = C \text{ 't} (\mu\text{g/mL}) *V(\text{mL}) \quad \text{(Ecuación 1-3)}$$

Donde:

- m= Es la masa de los nitritos presente en cada muestreador.
- C 't = Es la concentración del nitrito en el tubo, de acuerdo a la curva de calibración.

- V= Es el volumen de los compuestos colorimétricos agregados en cada tubo.

Respecto a la concentración de los nitritos en los tubos se llevará a cabo una regla de tres con la concentración de nitritos en los captadores de muestreo.

Para la concentración ambiente medida se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$c = m * \frac{1}{D_{12}} * A * t \quad \text{(Ecuación 2-3)}$$

Donde:

- c = Es la concentración ambiente medida en (μ/m^3).
- m= Es la cantidad del gas que ha sido absorbido durante la exposición (μg)
- A= Es el área transversal del tubo cilíndrico (m^2)
- t = Es el tiempo de exposición (s)
- L = Es la longitud del tubo (m)
- D_{12} = Es el coeficiente de difusión entre NO_2 y el aire (m^2/s)
- $D_{12}(m^2/s) = 1,36 \times 10^{-5} * \left(\frac{T(K)}{273}\right)^{1.91}$; donde T (K) se refiere a la T° en grados Kelvin.

3.5.5. Curva de calibración de NO_2 para determinar la longitud de onda

La realización de la curva de calibración estándar y su longitud de onda, se necesita la preparación de algunas soluciones como:

3.5.5.1. Preparación de la solución patrón

Preparar 1.5g de nitrito de sodio y aforar con 1000mL de agua destilada.

3.5.5.2. Preparación de la solución stock de nitrito

Se debe disolver 10 mL de la solución patrón previamente realizada en 250 mL de agua destilada, colocar en una botella ámbar y refrigerar.

3.5.5.3. Preparación de la Solución madre

Se debe colocar todas las sustancias preparadas en todo el proceso: En un balón aforado de 50mL, se coloca 6mL de solución stock, 14mL de solución absorbente, 2 mL de peróxido de hidrógeno, 2mL de compuesto A y 2 mL de compuesto B; para ser aforado con agua destilada.(Nieto, 2019)

- En matraces aforados de 50 mL poner 2, 4, 6, 8, 10, 12 mL de la solución madre preparada anteriormente y aforar con agua destilada, evaluar las absorbancias en el espectrofotómetro Uv-Vis.

Para calcular la Masa Total de las soluciones patrón de NO₂ se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$mT = CT\left(\frac{\mu g}{mL}\right) * V_s \text{ (mL)} \text{ (Ecuación 3-3)}$$

Donde:

mT = Es la masa total de las soluciones patrón de NO₂

CT= Concentración conocida de NO₂ en la disolución estándar.

Vs= Volumen total de la disolución estándar añadido.

Tabla 2-3: Valores de concentración y absorbancias de disoluciones patrón de NO₂.

ABSORBANCIAS A 545 nm	CONCENTRACIÓN DE NITRITO EN EL TUBO(μg/mL)	MASA DE LOS NITRITOS EN EL TUBO(μg)	CONCENTRACIÓN DE CALIBRACIÓN ESTÁNDAR(μg/mL)
0	0	0	0
0.972	0.182	0.364	15
1.615	0.373	0.746	30
2.435	0.565	1.13	60
3.328	0.757	1.514	80
3.572	0.958	1.916	90
3.760	1.152	2.304	105

Realizado por: Estrada María, 2020.

La curva de calibración se construye una vez calculada concentración y masa de nitritos, considerando las absorbancias y realizando una regresión lineal.

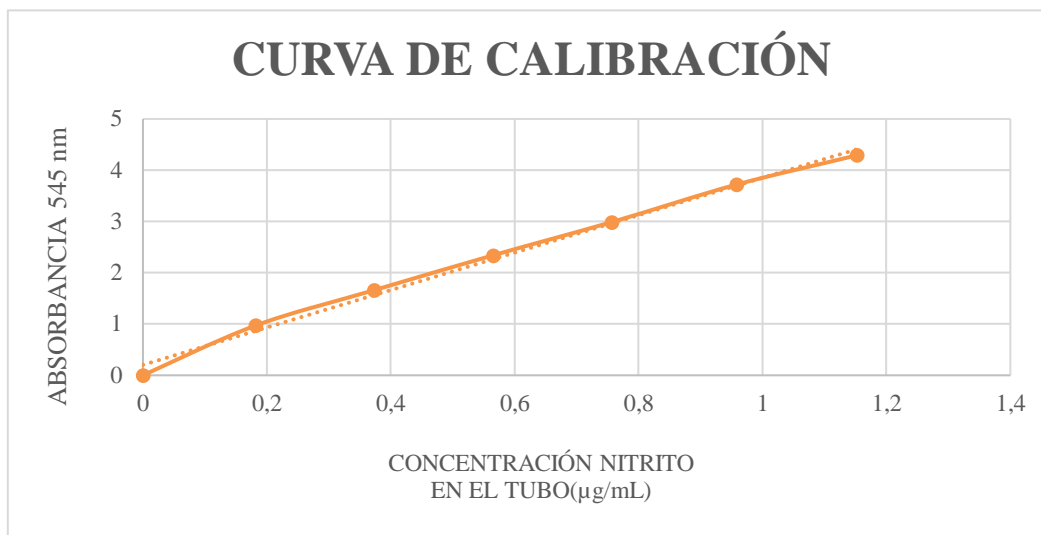


Gráfico 1-3: Curva de calibración

Realizado por: Estrada María, 2020.

3.6 Conteo Vehicular

3.6.1. Método

Se identificaron algunos puntos alrededor de la zona del BY PASS para el conteo vehicular y este se realizó entre semana considerando una hora pico para la afluencia de transportes.

Los automotores que se tomó en cuenta son: camiones, autos pequeños y camionetas que circulan en la zona. La cuantificación se realizó en un solo día y éste se llevó a cabo el día miércoles 27 de mayo del 2020 en una hora determinada de 07:00 – 08:00 de la mañana.

La cuantificación vehicular se utilizó el método de (Estrada y Cabrera, 2017) que menciona que las personas deben ser ubicadas en un lugar donde se visualizan los vehículos llevando un registro en tablas dependiendo de la categoría de los mismos, para su respectiva tabulación y cumplir con los objetivos trazados en el trabajo de titulación.

Finalmente, los datos se tabularon y se realizó un ajuste para aumentar la afluencia vehicular.



Figura 3-3: Puntos de conteo vehicular
Realizado por: Estrada María, 2020.

3.7 Uso del Software PTV Vissim

Se debe localizar el lugar de estudio que es proporcionado por el mapa del programa PTV Vissim. El siguiente paso es escoger Network Object y utilizar la herramienta LINKS insertando las vías sobre el mapa de acuerdo a la zona.

La herramienta VEHICLE INPUTS, se utilizó para insertar el número de vehículos y son los registrados en los puntos de conteo vehicular. A continuación, se utilizó la herramienta CONFLICT AREAS para señalar las intersecciones en las vías; seleccionando las calles de preferencia.

Se seleccionó la herramienta NODES para medir el flujo vehicular de la zona delimitada, además de arrojar los datos de las emisiones de NOx, COV, CO y el consumo de combustible de los vehículos de transporte.

Una vez colocadas todas las herramientas se procede a correr la simulación vehicular con el tiempo estimado de 1 hora.

Al terminar la simulación se procede a generar un documento en Excel con todos los datos.

3.8 Mapas en Arc Gis

Para la elaboración de mapas de emisiones se utilizó el Software Arc Gis 10.3, se realizó el modelamiento de los datos de las concentraciones.

Una vez obtenida la parte cartográfica utilizamos la herramienta IDW con la concentración de los puntos de muestreo que facilitará la interpolación de datos, luego se escoge la herramienta Kriging que ayudará la validación estadística de los mismos. Finalizado el procedimiento el archivo tipo ráster presenta la información de la dispersión de contaminantes en cada zona, se lo edita, se selecciona la escala de colores para mejor comprensión y apreciación de las emisiones para cada punto en el lugar de estudio y se obtiene la presentación del mapa final. (Túqueres, 2017)

3.9 Análisis estadístico

El programa SPSS se utilizó para validar la información aplicando la prueba no paramétrica llamada Kolmogorov-Smirnov que verifica si los datos de la muestra siguen una misma distribución. Este análisis prueba si la muestra posee normalidad en sus valores a través de contrastar las hipótesis; el intervalo de confianza que se aplicó es del 95%.

Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y así validar el cumplimiento de la hipótesis según sea el caso.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Concentraciones de NO_x corregidas de acuerdo con las condiciones de la localidad según la normativa.

Una vez que se realizaron los cálculos mencionados en el capítulo II y se obtuvieron las concentraciones de NO₂ se procedió a corregir los datos registrados de acuerdo a las condiciones de la zona de estudio; según lo establece la Norma ecuatoriana de la Calidad del Aire o Nivel de Inmisión en el Libro VI-Anexo 4.

Tabla 1-4: Concentraciones corregidas de NO_x.

CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE NO_x POR PUNTO			
Punto	μ/m³	Punto	μ/m³
1	2892.778	19	2604.273
2	2696.721	20	2473.06
3	2597.903	21	2482.226
4	2594.605	22	2471.424
5	2825.446	23	2740.346
6	3042.527	24	2941.638
7	2894.804	25	2714.07
8	2561.346	26	2528.172
9	2539.849	27	2742.376
10	2881.271	28	2524.631
11	2579.784	29	2601.191
12	2592.208	30	2498.43
13	2581.078	31	2911.829
14	2844.682	32	2506.542
15	2477.597	33	2534.455
16	2719.989	34	2563.215
17	2651.084	35	2631.65
18	2646.227	36	2911.719

Realizado por: Estrada María, 2020.

4.1.1. Concentración de NOx en los puntos de monitoreo

En las cuatro semanas que se llevó a cabo el monitoreo en los 36 puntos mencionados en la tabla 1-4 en la zona de estudio sector del BY PASS se verifica que en los datos existen puntos con valores de mayor concentración que en otros; esto sucede por la presencia de mayor actividad comercial y tránsito vehicular.

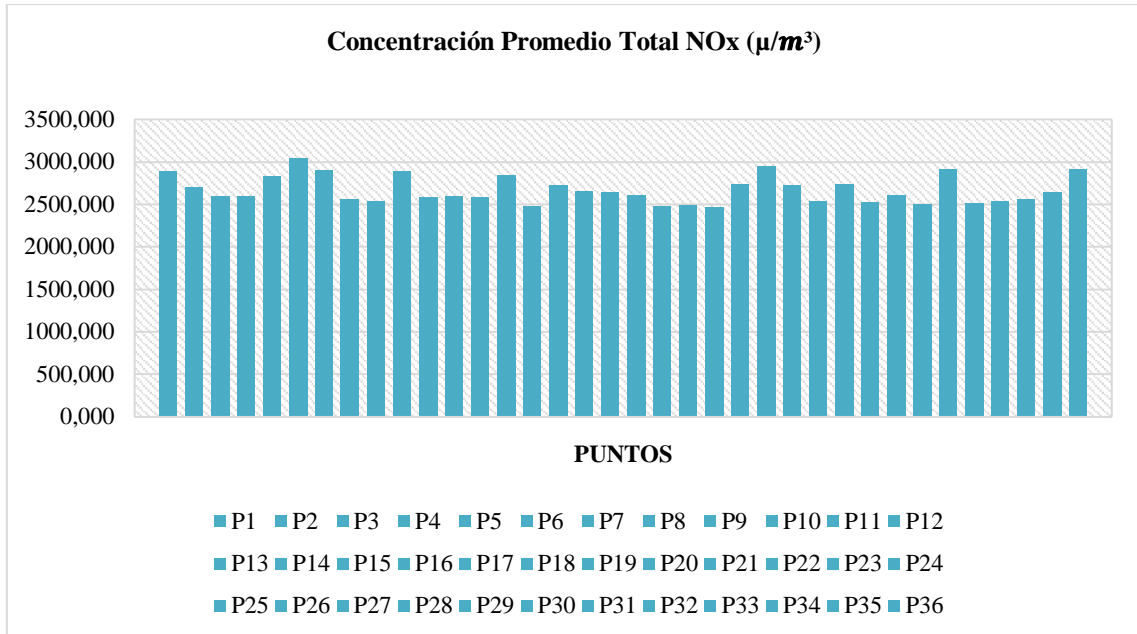


Gráfico 1-4: Concentración Promedio total de NOx (μ/m^3)

Realizado por: Estrada María, 2020.

En el gráfico 1-4 se observa que existe una mayor emisión en el punto 6 cuya concentración es $3042,527 \mu/m^3$ de NOx, luego le sigue el punto 20 con una concentración de $2473,060 \mu/m^3$ y una menor emisión en el punto 22 de $2471,424 \mu/m^3$ debido a la afluencia de vehículos en el lugar; según (Puertas, 2019) señala que la ubicación de la zona de estudio al ser ésta una carretera de paso para trasladarse a otros sectores y cantones de la ciudad de Riobamba.

La acumulación de NOx se ve elevada por tránsito de vehículos sobre todo transportes de carga pesada que consumen diésel, la existencia de varios semáforos en el lugar que producen aglomeración de autos y la presencia de edificios altos que evitan la dispersión de los contaminantes; concordando con lo mencionado por (Orozco y Romaña, 2017) cabe indicar que varios puntos fueron ubicados en paradas de buses y lugares estratégicos de emisiones y que la zona de estudio se encuentra una de las principales carreteras de ingreso y salida de la ciudad de Riobamba.

4.1.2. Concentración de NO en los puntos de monitoreo

Para los 36 puntos monitoreados en la zona de estudio se visualiza la presencia de ciertos valores con mayor concentración de NO se debe a la presencia de vehículos como camiones, camionetas que transitan en el lugar incrementando el flujo vehicular.

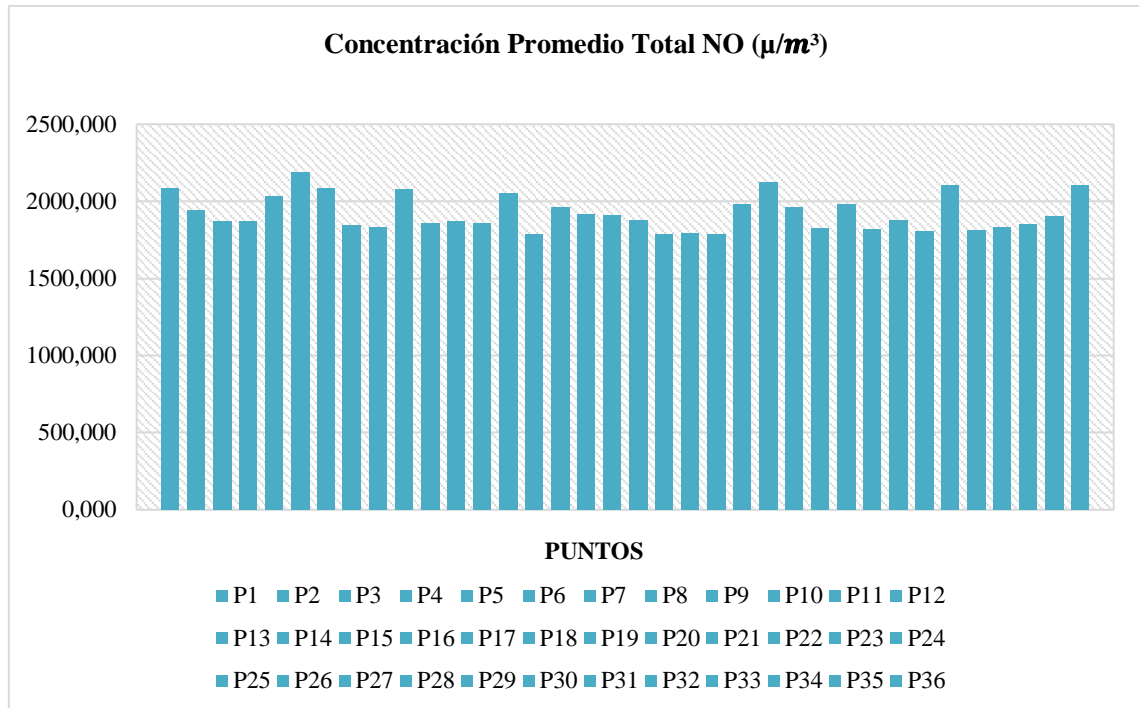


Gráfico 2-4: Concentración Promedio de NO (μ/m^3)
Realizado por: Estrada María, 2020.

En el gráfico 2-4 señala la concentración promedio de NO que se origina por la producción de los motores de los vehículos, la mayor emisión en el punto 6 se presenta con 2191,819 μ/m^3 de NO, siendo el punto 22 el de menor concentración emitida con un valor de 1783,825 μ/m^3 ; ésta variación de datos surge según (De la Morena, 2015) porque al realizar el monitoreo hubo mayor radiación solar y temperatura por lo que ocurre una rápida oxidación del NO a NO₂. Además, el óxido nítrico se descompone de manera rápida en la atmósfera y al reaccionar en presencia de la luz del sol forma ozono y smog así lo menciona la (ATSDR, 2019) y manifiesta que los moradores y gente que transita en el sector de estudio están expuestos a este contaminante al ser respirados en el aire ocasionando afecciones a corto y largo plazo.

4.1.3. Concentración de NO₂ en los puntos de monitoreo.

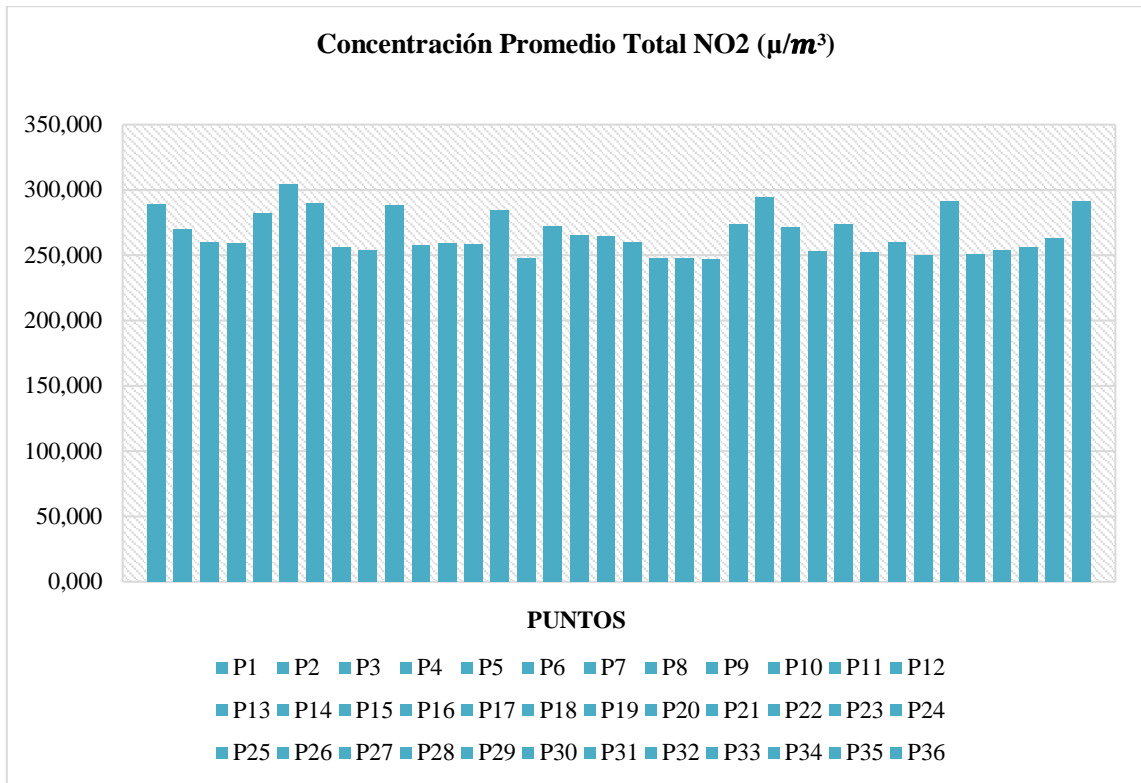


Gráfico 3-4: Concentración Promedio de NO₂ (µ/m³)

Realizado por: Estrada María, 2020.

La gráfica 3-4 indica la concentración promedio de NO₂ expuesta en el tiempo de monitoreo donde existió una temperatura máxima de 25.3°C; se constata que el punto 6 presentó una mayor emisión de 304.253 µ/m³ y el punto 22 señala una disminución en su emisión de 247.142 µ/m³. Según lo establece la Normativa europea considera que éstos puntos no sobrepasan los umbrales de alerta en su emisión de NO₂; así lo menciona (Boldo y Querol, 2014) y aluden que las emisiones no deben exceder los 400 µ/m³.

La ubicación de los captadores pasivos en lugares residenciales y en sitios donde hay gran cantidad de vehículos de transporte pesado hace que exista mayor contaminación de NO₂; esto concuerda con lo mencionado por (Ortega, 2015) donde las concentraciones en su mayoría son por transportes a diésel para el funcionamiento de su motor. Así mismo el NO₂ disminuye al encontrarse en presencia de luz solar y se incrementa la producción de O₃ troposférico siendo el contaminante principal del smog fotoquímico y ocasionando problemas a la ciudadanía como al medio.

De acuerdo a las categorías establecidas por el Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA) todas las concentraciones de los puntos se encuentran en la categoría de nivel de precaución cuyo rango va de los 201-1000 µ/m³ de concentración máxima en 1 hora; cuya condición para la salud humana se la considera como no saludable para personas extremadamente sensibles. (Paredes, 2017).

4.1.4. Puntos Mínimos y Máximos de NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

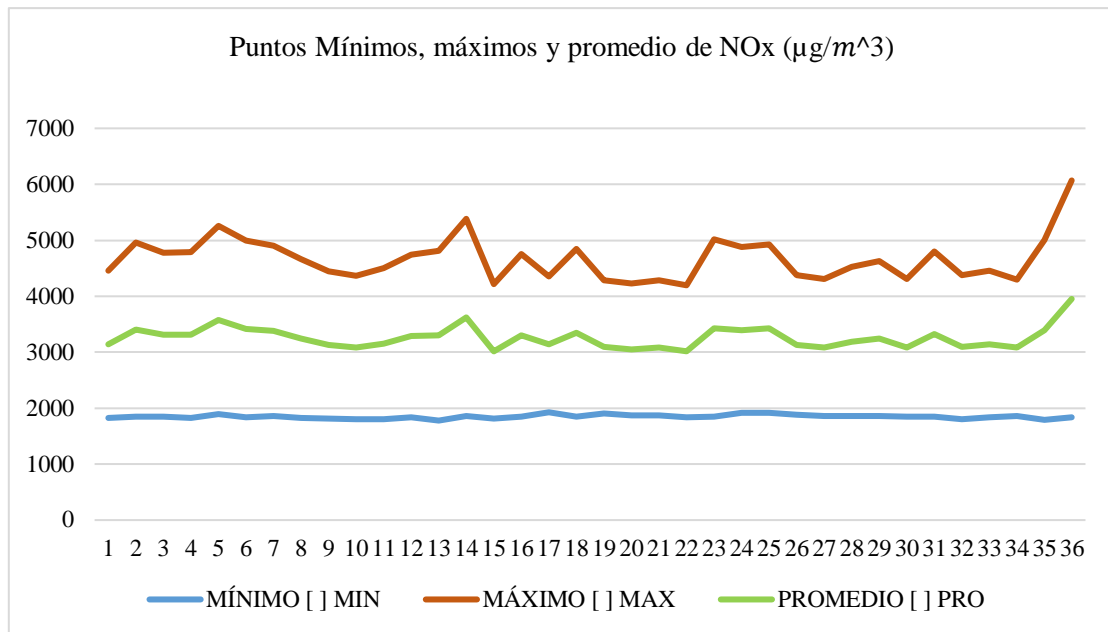


Gráfico 4-4: Puntos mínimos, máximos y promedio de NO_x (μ/m^3)

Realizado por: Estrada María, 2020.

En el gráfico 4-4 se observa un patrón de importante crecimiento en los puntos: 6, 14 y 36, debido que éstos están ubicados en sitios estratégicos del sector del BY PASS, por tanto son sitios de mayor emisión de NO_x, en varios puntos se observa resultados que sobrepasan la normativa ambiental impuesta por el MAE en el 2003, indudablemente los contaminantes sobrepasan los valores máximos permisibles en los puntos estratégicos del sector del BY PASS y de sus alrededores en general, al hacer la comparación pertinente con los datos obtenidos exceden la normativa ambiental y de la misma forma se puede apreciar que los puntos de menor emisión de NO_x son los puntos: 15 y 22 reportando que hubo una menor captación de NO_x. (MAE, 2013)

4.2 Uso del Software PTV Vissim para simulación vehicular.

Para la simulación vehicular en el sector del BY PASS se realizó un conteo manifestado en el literal 2.5 de conteo vehicular considerando 6 puntos en las intersecciones entre las Avenidas Panamericana, la Av. Monseñor Leonidas Proaño y la Av. Lizarzaburu.

Tabla 2-4: Conteo vehicular realizado en el mes de mayo 2020.

SECTOR BY PASS RIOBAMBA				
Av. Leonidas Proaño				
PUNTO 1	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	71	93	226	390
Av. Lizarzaburu (bajada)				
PUNTO 2	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	40	95	322	457
Av. Lizarzaburu (subida)				
PUNTO 3	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	60	165	300	525
Av. Monseñor Leonidas Proaño				
PUNTO 4	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	60	85	175	320
Carretera Panamericana(subida)				
PUNTO 5	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	95	181	394	670
Carretera Panamericana (bajada)				
PUNTO 6	Camiones	Camionetas	Autos	TOTAL
miércoles, 27 de mayo de 2020	93	160	415	668

Realizado por: Estrada María, 2020.

La tabla 2-4 presenta el total del conteo vehicular que se llevó a cabo en el mes de mayo, efectuándose en un solo día, debido a la situación que se está presentado a nivel mundial del covid-19, es por esto que no se consideró buses en la categorización vehicular; a pesar de la circunstancia existían un número considerable de vehículos circulando en la zona estos datos fueron de gran utilidad para realizar la simulación en el Software.

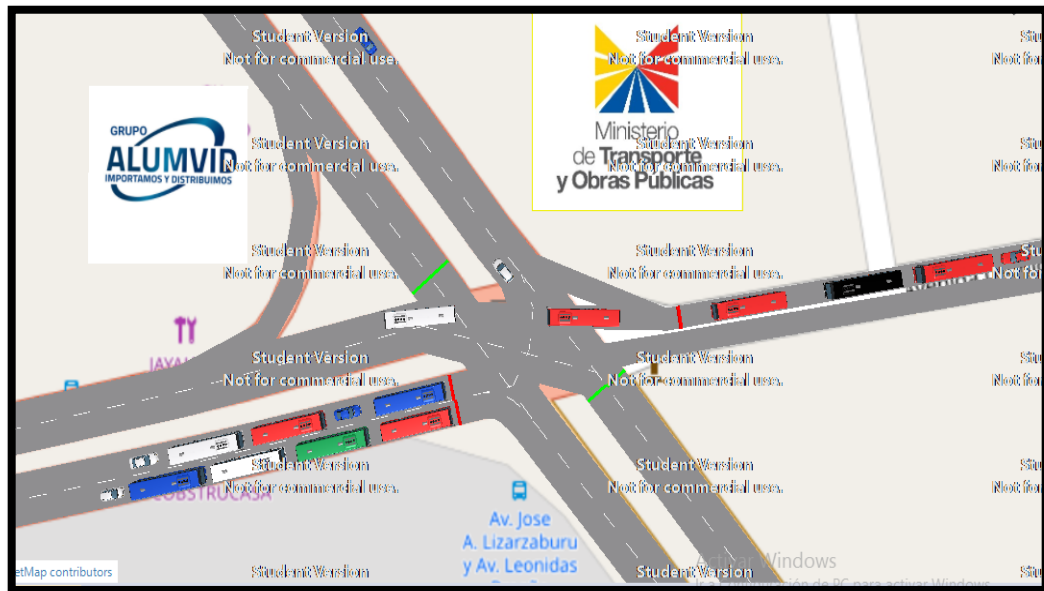


Figura 1-4: Simulación del transporte vehicular en el programa PTV Vissim.

Realizado por: Estrada María, 2020.

4.3 Análisis de las concentraciones de NO_x, NO y NO₂, usando el SOFTWARE ARCGIS.

Con los datos obtenidos de las concentraciones de los contaminantes por los muestreadores pasivos, se realizó mapas temáticos que permite visualizar la dispersión de los gases, considerando una escala colorimétrica.

4.3.1 Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

La figura 2-4 muestra la dispersión espacial de la concentración de los NO_x durante el tiempo de monitoreo. Indica los niveles de emisión del contaminante en cada punto. Como se evidencia los puntos 1, 6,7, 10, 14, 24, 31,36 sus valores de concentración varían de 3041,21 – 2813,33 ($\mu\text{/m}^3$) que va de una tonalidad de color rojo a naranja señalando que existe alta concentración; así lo corrobora (Cuesta y González, 2018) donde los lugares residenciales presentan elevada contaminación de NO_x al ubicarse en un corredor vial es decir las vías más importantes de la urbe, siendo el caso el lugar de estudio un punto clave para el ingreso y salida de transportes a la ciudad de Riobamba, estos sitios presenta gran actividad comercial por parte de las personas aledañas al sector, y se alude la presencia de una unidad educativa y el Hospital Universitario Andino. Los puntos de menor concentración se muestran con una coloración azul.

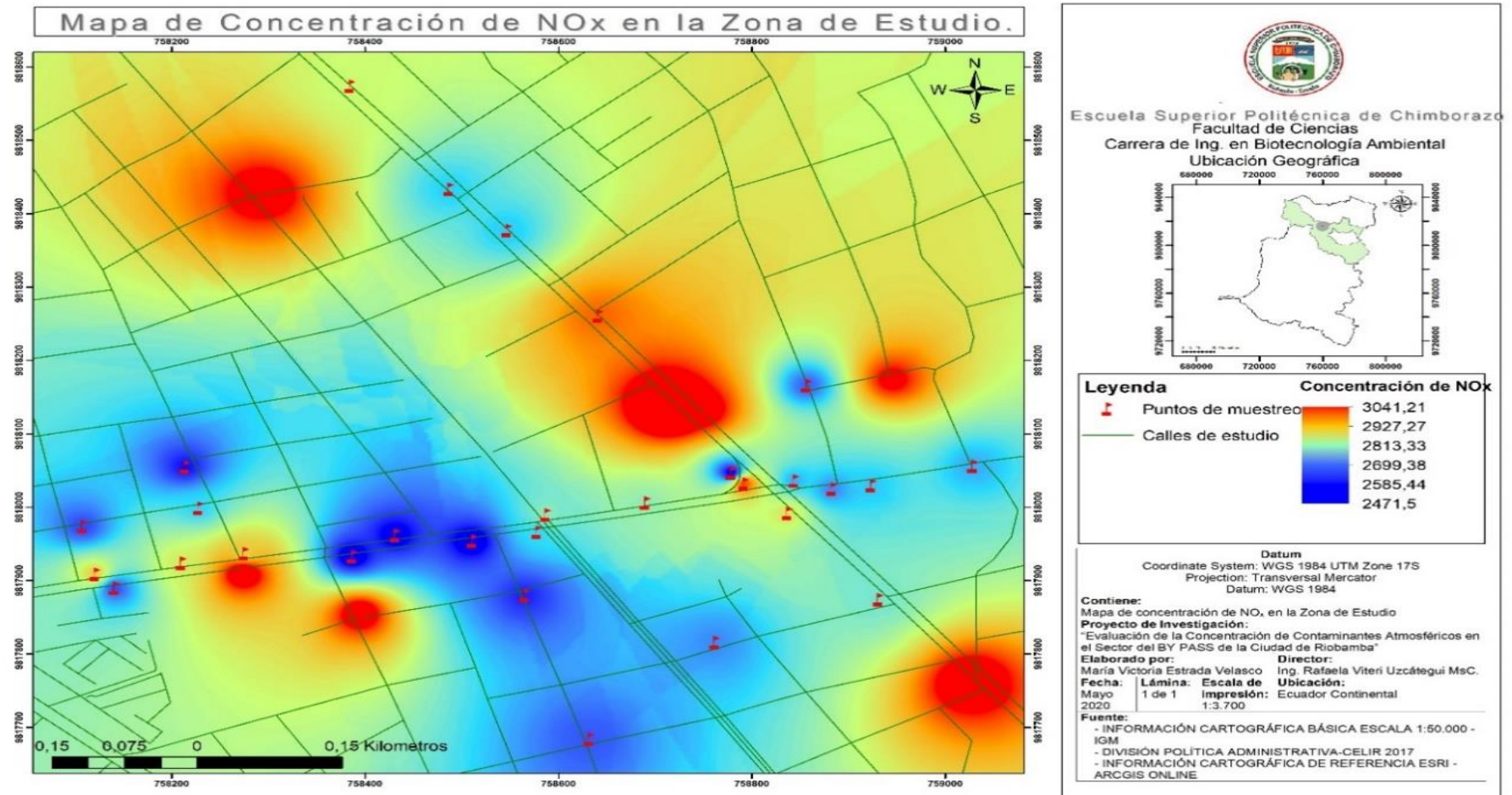


Figura 2-4: Mapa de concentración promedio de NOx mediante ArcMap.

Realizado por: Estrada María, 2020.

4.3.2 Óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

En la figura 3-4 con ayuda del software Arc Gis se observa el mapa de la concentración de NO en la zona del BY PASS, se visualiza que los valores coordinan con los NOx que en los mismos puntos 1, 6, 7, 10, 14, 24, 31,36 se tornan una coloración rojiza de acuerdo a la escala colorimétrica y esto se debe a las zonas que muestran un mayor tránsito de vehículos, por encontrarse cerca al Hospital y un centro educativo donde se evidencia mayor flujo vehicular debido a que la población realiza actividades diariamente ya sea por atención médica o estudios. A diferencia de los colores fríos como el azul donde la concentración es menor y esto se debe a que son lugares residenciales. Además, se observa que la calidad del aire se ve afectado por el aumento de la población, uso de combustibles fósiles. Así (Vidal y Pérez, 2017) aportan a la información obtenida, donde tipos de viento de calma, el aumento de temperatura también ocasiona que el gas se vuelva más denso y no permite la dispersión de los contaminantes en el lugar.

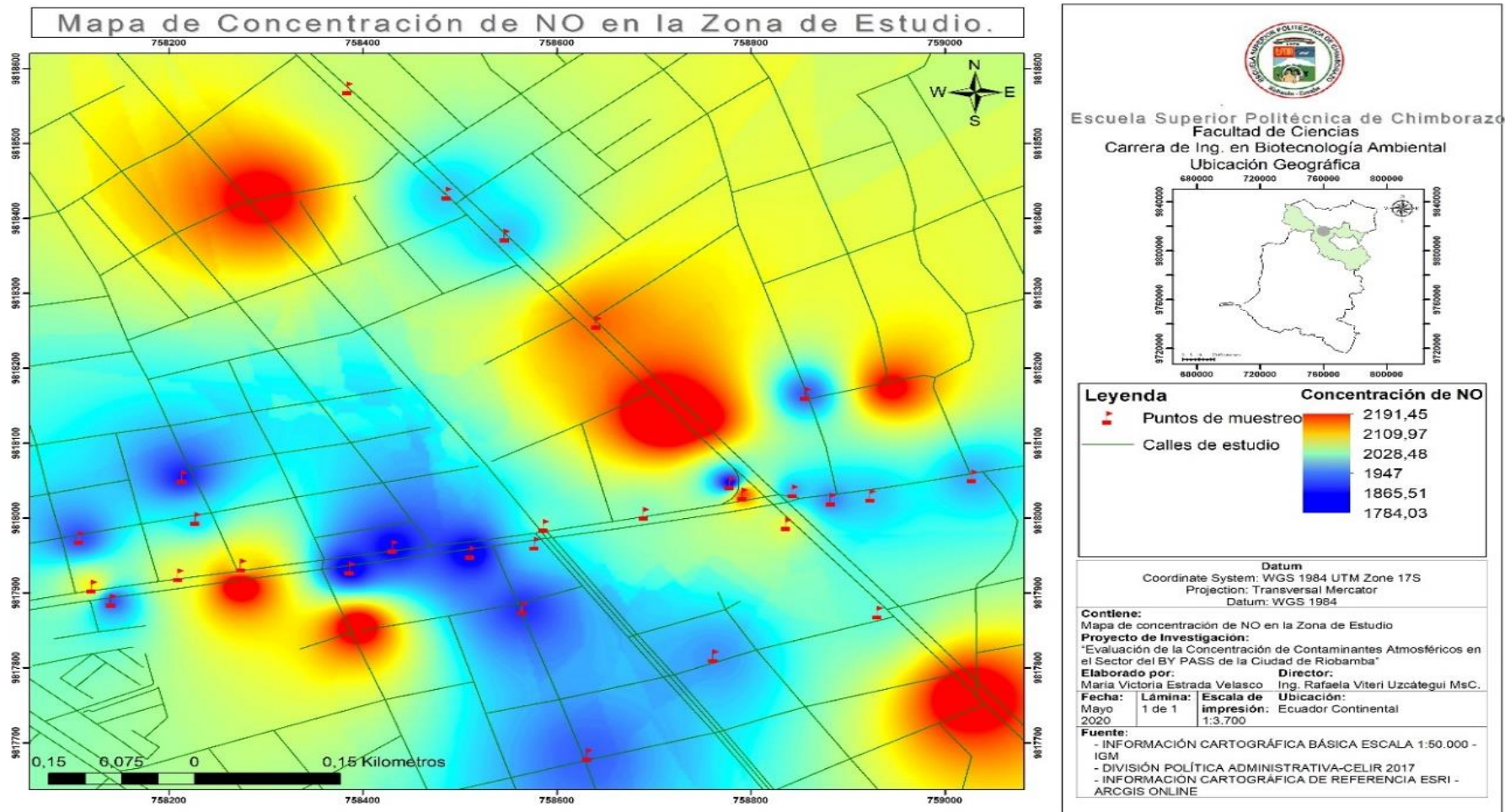


Figura 3-4: Mapa de concentración de NO mediante ArcMap.

Realizado por: Estrada María, 2020.

Así en la figura 4-4 se visualiza la distribución de NO_2 a través del Software Arc Gis donde se evidenció que el color rojo va hacia los puntos de monitoreo que presentan mayor concentración de NO_2 ; considerando que son los mismos puntos ya mencionados como 1, 6, 7, 10, 14, 24, 31, 36 cabe señalar que el NO_2 representa el 10% de los NO_x y que el dióxido de nitrógeno en presencia de luz se transforma rápidamente en otro contaminante que es el O_3 troposférico. Además (Ruíz, 2018) señala que los elevados niveles de emisión de NO_2 se debe a los vientos donde mostraron una velocidad menor a los 3 m/s y una dirección noreste; ocasionando el desplazamiento de contaminante. Se menciona además que el aumento de la concentración de dióxido de nitrógeno surge por la elevada circulación de carros particulares de transporte público y privado. El sector del BY PASS contribuye a la economía de la ciudad por la gran presencia comercial en la zona incrementando las emisiones (Molano y Zambrano, 2018)

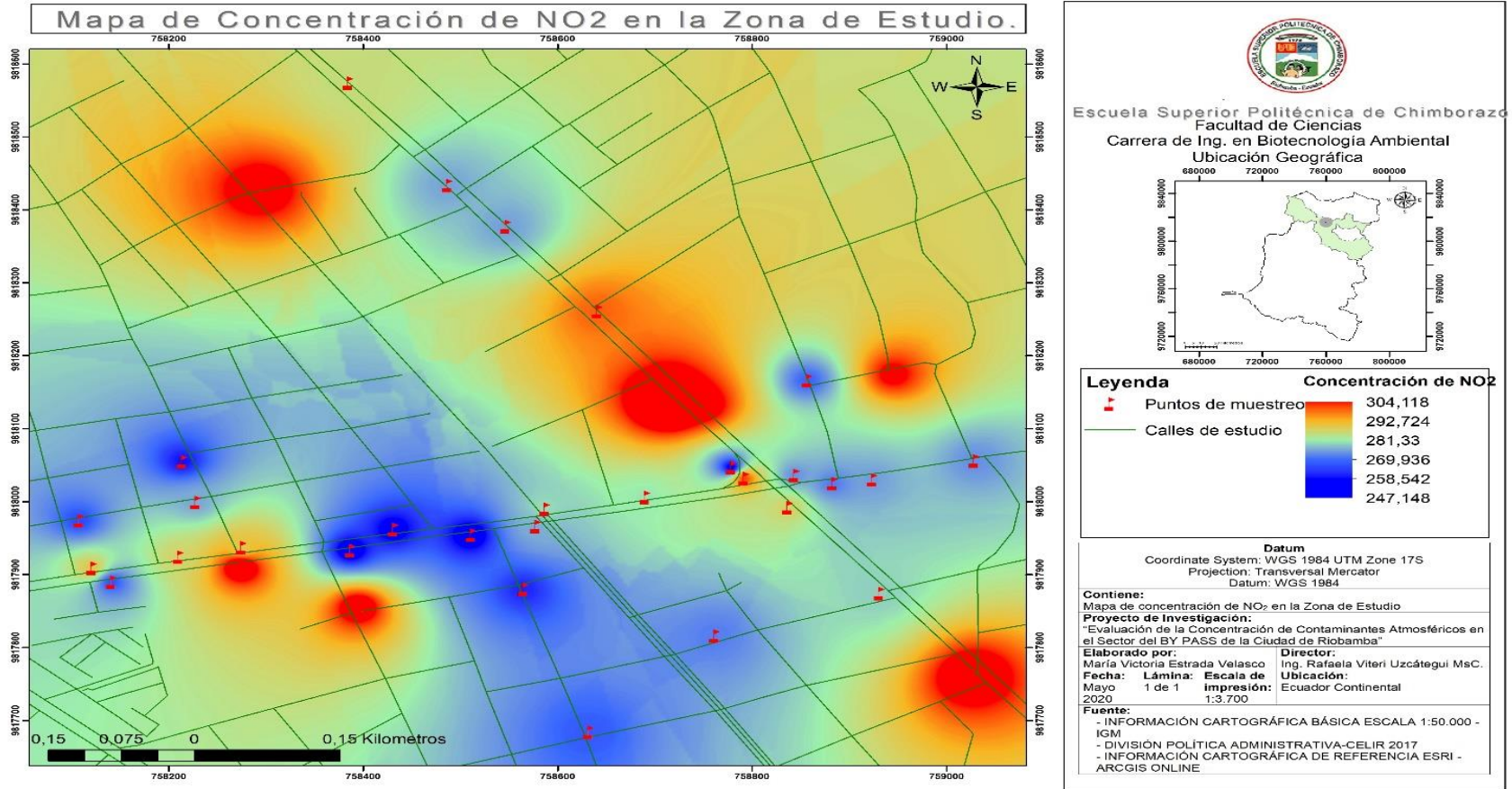


Figura 4-4: Mapa de concentración de NO₂ mediante ArcMap.

Realizado por: Estrada María, 2020.

4.3.3. Concentración de NO_x Puntual en la zona de estudio.

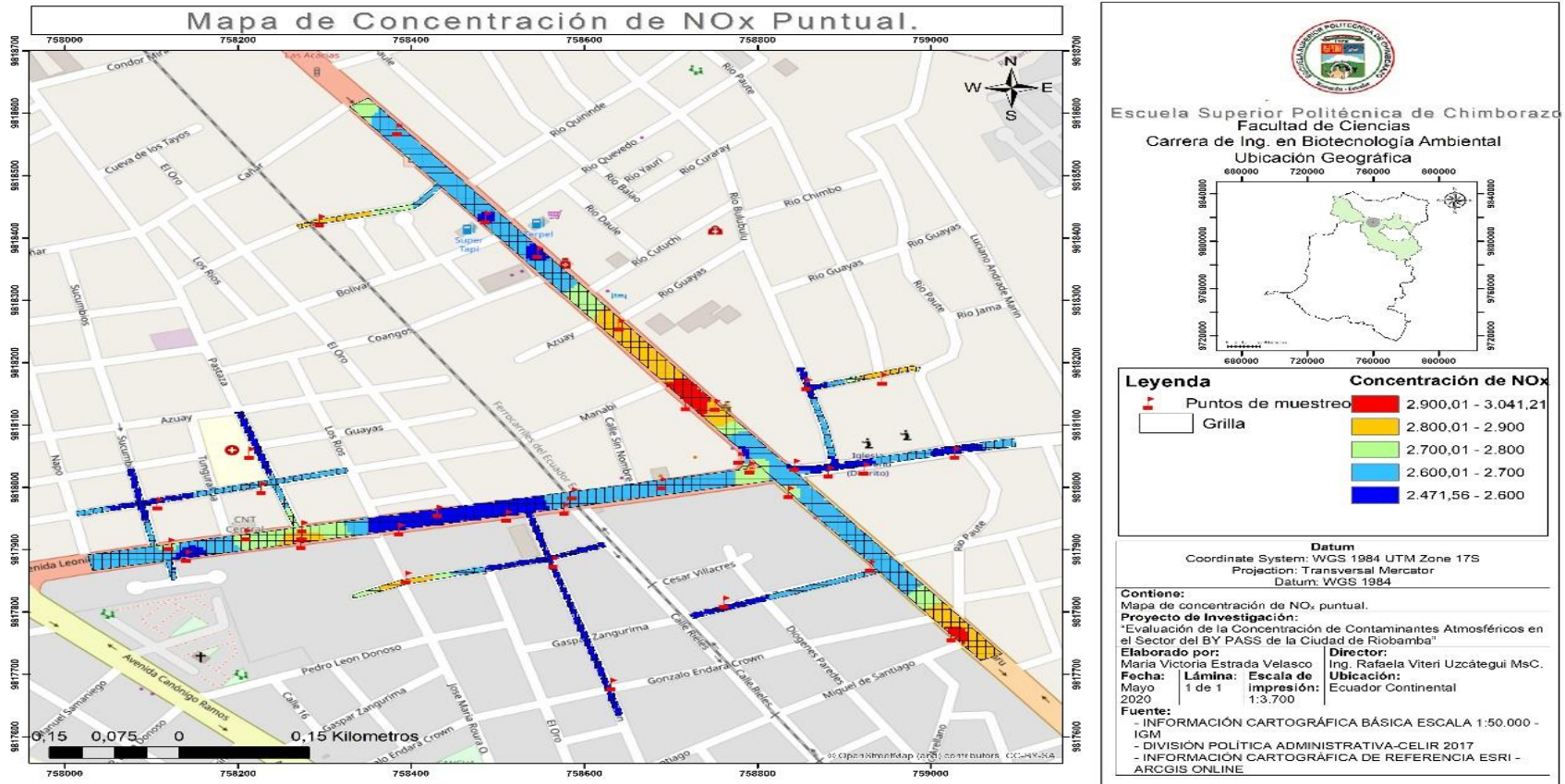


Figura 5-4: Mapa de concentración de NO_x Puntual mediante ArcMap.

Realizado por: Estrada María, 2020.

La figura 5-4 muestra la concentración puntual del NO_x ubicando de forma geográfica y específica los puntos que muestran una elevada contaminación, mediante una malla, cada celda posee una dimensión de 5 x 5m, situando al punto 6, 7, 24 y 36 de color rojo con respecto a la paleta de colores como puntos de mayor emisión y a su alrededor el color amarillo debido al desplazamiento, densidad del tránsito y por acción del viento se puede apreciar la dispersión del contaminante. Asimismo, en el punto 6 y 7 se encuentra ubicado el taller de Tapi del MTOP donde constantemente existe entrada y salida de vehículos de carga pesada; el punto 24 es una calle de entrada hacia el Hospital Universitario Andino y el punto 36 está ubicado un patio de carros y una lubricadora de transportes. Esto es respaldado por (Moscoso, Vázquez y Astudillo, 2015) donde visualiza que los puntos de menor concentración NO_x se los establece de color azul y se atribuye a la luz solar que ocasiona la formación química de otros contaminantes.

4.3.4. Concentración de NO_x por simulación con el software PTV Vissim.

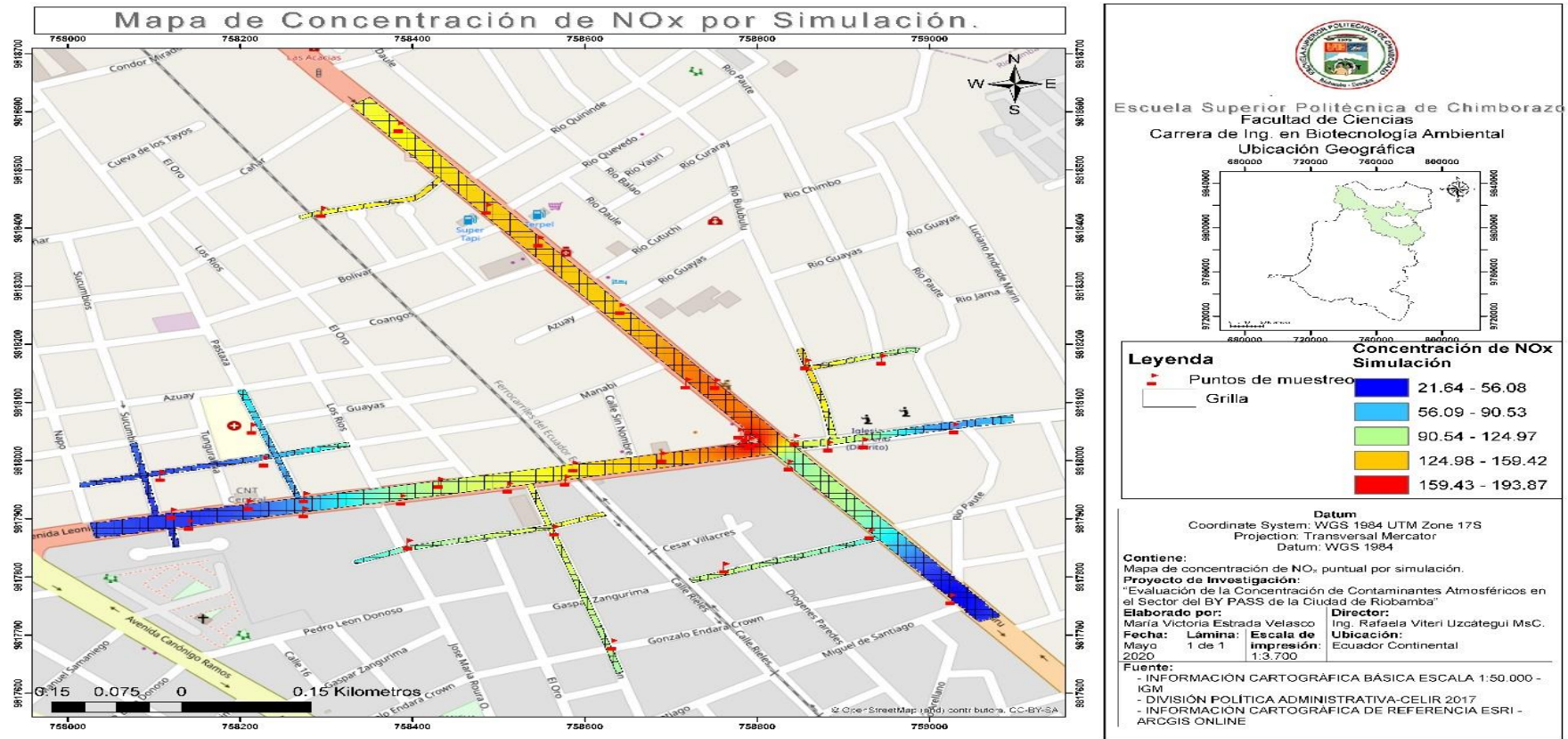


Figura 6-4: Mapa de concentración de NO_x por simulación.

Realizado por: Estrada María, 2020

En la figura 6-4 se muestra el mapa sobre la simulación del PTV Vissim realizada en Arc Gis con celdas de 5x5m, se establece que los puntos de mayor emisión de NO_x son el punto 6, 7, 14, 15, 17 aquellos que se encuentran en las intersecciones de las avenidas y se los ha marcado de rojo y disminuye a un color amarillo para los puntos donde se va dispersando el contaminante y para los puntos de color azul y celeste son los puntos de baja concentración, como antes se mencionó los valores pueden variar debido que el conteo vehicular se realizó en la época que estaba presente la cuarentena y el flujo de transporte fue escaso. Afirma (Martínez, 2017) que la presencia de semáforos y acumulación de vehículos éstos al acelerar emiten mayor cantidad de emisiones y ocurre en los puntos de color rojo.

4.5 Análisis estadístico

Para la validación de los datos de concentración de NO_x se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov que se muestra en la tabla 3-4, ésta facilitó verificar si los datos obtenidos y analizados durante el muestreo de las 4 semanas cumplieron una distribución normal.

Tabla 3-4: Prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov para concentración de NO_x

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra					
		SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
N		36	36	36	36
Parámetros normales ^{a,b}	Media	2147.70	1885.14	1961.71	4672.24
	Desviación estándar	514.397	105.591	137.175	392.142
Máximas diferencias extremas	Absoluta	0.389	0.283	0.178	0.127
	Positivo	0.389	0.283	0.178	0.127
	Negativo	-0.275	-0.204	-0.098	-0.112
Estadístico de prueba		0.389	0.283	0.178	0.127
Sig. asintótica (bilateral)		0.198 ^c	0.185 ^c	0.166 ^c	0.153 ^c

Realizado por: Estrada María, 2020

A través de la estadística descriptiva realizada para los datos de las concentraciones muestra una desviación estándar para la semana 1 el valor es 514.397; la semana 2 el valor es de 105.591; semana 3 presenta un valor de 137.175; semana 4 el valor de 392.142 e indica que tan dispersos están los valores en relación con la media. Y muestra como resultado:

- a) La distribución de prueba es normal.
- b) Se calcula a partir de datos.

c) Corrección de significación de Lilliefors.

4.5.1. Análisis de ANOVA de un factor para las concentraciones NO_x

En la tabla 5-4 representa el análisis de la varianza que da a conocer la dispersión de las concentraciones a la media así lo corrobora (Rincón y Macías, 2019) para el análisis de las concentraciones de NO_x se utilizó un intervalo de confianza del 95% cuyo nivel de significancia es de 0,05 por lo tanto los datos son normales de acuerdo a la prueba realizada anteriormente. Entonces nos planteamos las siguientes hipótesis a ser analizadas:

H_0 = Los datos de la concentración de los NO_x cumple con la prueba de normalidad.

H_i = Los datos de la concentración de los NO_x no cumple con la prueba de normalidad.

Tabla 5-4: ANOVA para las concentraciones de NO_x .

ANOVA					
ANÁLISIS DE VARIANZA					
CONCENTRACIONES NO_x .	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Valor crítico para F.
Entre grupos	894748,792	35	25564,251	10,642	1,689
Dentro de grupos	1,0709E10	35	3,346E8		
Total	1.0709E10	35			

Realizado por: Estrada María, 2020.

Decisión: El análisis de las varianzas en las concentraciones de NO_x muestra que el $V_p = 1,689 > 0,05$ y se toma la decisión de aceptar la hipótesis nula (H_0) donde los valores de las concentraciones de NO_x son normales en el sector de la zona del BY PASS y se rechaza la hipótesis alternativa (H_i) de que los valores de las concentraciones de NO_x no son normales. El valor de p en el análisis de varianza al ser mayor al nivel de significancia muestra que no existe una diferencia significativa entre sus concentraciones. (Rivera y Mata, 2020)

CONCLUSIONES

- Las concentraciones de NOx ubicadas en los 36 puntos y monitoreados en el transcurso de 4 semanas en el lugar de estudio usando muestreadores pasivos y análisis de espectrofotometría UV-Visible, establece que el valor máximo de concentración es de $3042.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 días, siendo una concentración de $380,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diaria, estipulando que este contaminante sobrepasa los límites permisibles con respecto (MAE, 2013) donde se muestra que el valor para NOx es de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al año y $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.
- El uso de los muestreadores pasivos captó el contaminante por la presencia de la Trietanolamina y N-butanol formando un líquido absorbedor preparado en el laboratorio; donde los puntos más relevantes son 1, 6,7, 10, 14, 24, 31,36 mostraron mayor concentración de NOx debido a la cantidad de vehículos que circulan en zona, la presencia de locales comerciales y los semáforos.
- El flujo de vehículos se realizó mediante la cuantificación del tránsito, organizándolos en categorías de camiones, camionetas y autos pequeños; que circulaban en la zona del BY PASS se seleccionó 6 puntos los cuales permiten la interconexión de las avenidas Monseñor Leonidas Proaño, José A. Lizaraburu, y las carreteras Panamericanas; en el software PTV Vissim se simuló la circulación de los automotores y permitió visualizar la afluencia del tráfico en el sector de estudio.
- Los mapas de las concentraciones de NOx en el sector del BY PASS muestra que hay gran dispersión de contaminantes debido a factores meteorológicos como la velocidad y dirección del viento y en su mayoría se sitúan en la Carretera Panamericana donde circulan gran cantidad de vehículos que ingresan de la zona Norte y centro del país, de igual manera salen de la ciudad sobre todo en días de feria debido que la ciudad de Riobamba es una ciudad agrícola productiva, y muchas zonas aledañas llegan a ofrecer sus productos en los principales mercados y tiendas de la ciudad.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar monitoreos con un tiempo superior a un mes para tener mejores resultados concentración del contaminante estudiado.
- Colocar señalética en los puntos a muestrear para evitar que estos sean destruidos y puedan ser analizados.
- Incentivar a las autoridades para que sigan dando charlas sobre la calidad del Aire, promoviendo acciones al control de la contaminación y así la ciudadanía tome cuidado de su bienestar y de las generaciones futuras en cuanto al cuidado de su salud y la calidad del aire.
- Usar una mejor tecnología para investigaciones de calidad del Aire y así evitar errores al analizar la concentración de las muestras.
- Seguir realizando este tipo de estudio y determinar cómo las emisiones van cambiando a través del tiempo considerando los factores meteorológicos.

GLOSARIO

Absorbancia: Es la proporción de luz que se mide por una solución realizada en el laboratorio. La absorbancia se mide con un colorímetro o un espectrofotómetro. Los valores de las absorbancias miden la concentración de contaminantes en el ambiente. (Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos, 2013)

Corredor vial: Se refiere aquellas vías por donde circula el transporte de manera continua, constituida por varias calzadas y es una ruta importante para las ciudades por los varios carriles en cada sentido según la demanda de tránsito. (INVÍAS, 2018)

Disoluciones: Mezcla homogénea constituida por sustancias puras que no tienen reacción química entre sí y están mezcladas de manera proporcional pero difieren en su concentración. Una de las sustancias es el disolvente y la otra el soluto. (Raffino, María 2020)

Espectrofotómetro Uv-Vis: Es un equipo que permite analizar el proceso en el cual una molécula absorbe radiación ultravioleta visible causada por un electrón excitado. (Universidad de Alicante 2020)

Geo procesos: Proporcionar herramientas que facilitan el trabajo de analizar y administrar datos geográficos. (esri, 2016)

Georreferenciación: uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial. Se localiza las entidades geográficas es fundamental tanto en la representación cartográfica como en SIG. (esri, 2016)

Muestreo Aleatorio: Se considera aquellos elementos que forman un todo, tomando una muestra seleccionando por una probabilidad una parte a manera de sorteo. (Ochoa, 2015)

Muestreador Pasivo: Dispositivo que permite determinar a través de técnicas un contaminante por inmisión y verificar su concentración en el aire, evaluando la contaminación atmosférica. (ENVIRA, 2020)

Longitud de Onda: Distancia presente entre dos puntos seguidos en el mismo estado de vibración (misma elongación, velocidad, aceleración). Se simboliza mediante la letra griega λ (lambda) y se expresa en unidades de longitud (m). (Castaños, 2016)

Ozono Troposférico: Surge a partir de los óxidos de nitrógeno (NO_x) de manera natural a la atmósfera y de los compuestos orgánicos volátiles (COV), pero también por intrusiones de ozono estratosférico o por descargas eléctricas de una tormenta.(Generalitat de Catalunya, 2017)

Prueba No Paramétrica: los datos no satisfacen los supuestos de la prueba paramétrica, especialmente el supuesto de la distribución normal de los datos.(MINITAB, 2019)

Smog Fotoquímico: Niebla que surge de la producción de contaminantes secundarios, como el ozono troposférico, se queda en la superficie del planeta y no sale a la estratosfera. El smog fotoquímico se produce cuando hay reacciones fotoquímicas de ciertos gases en presencia de luz solar. (Juste, 2019)

Solución Patrón: disolución de una sustancia utilizada como referencia al momento de hacer una valoración o estandarización.(Skoog, 2014)

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, V. Calidad del Aire en Quito. [en línea], 2015. [Consulta: 11 marzo 2020]. , pp. 63.

ASSDORF, C., *Aplicación del modelo de microsimulación PTV VISSIM para el cálculo de emisiones del tráfico* [en línea]. 2016. S.l.: s.n. Disponible en: http://oa.upm.es/46085/1/INVE_MEM_2016_248917.pdf.

AYARZAGÜENA, B., Meteorología - Presión atmosférica - Taller Virtual de Meteorología y Clima. [en línea], 2017. [Consulta: 11 marzo 2020]. Disponible en: <http://meteolab.fis.ucm.es/meteorologia/presion-atmosferica--2>.

BIBLIOTECA AGRÍCOLA NACIONAL DE LOS ESTADOS UNIDOS, Absorbancia. *Química* [en línea], 2013. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://quimica.fandom.com/wiki/Absorbancia>.

BOLDO, E., *La contaminación del aire* [en línea], 2016. Madrid: Catarata. ISBN 978-84-9097-228-1. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/312070894>.

CANTUÑA, L. & GUAMÁN, S., Análisis de rendimiento de la tecnología LORAWAN aplicado al desarrollo en un sistema de monitoreo de calidad de aire en la Unidad Educativa Santo Tomás Apóstol Riobamba. [en línea] ,2019. [Consulta: 1 diciembre 2020], pp.144. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11026/1/98T00246.pdf>.

CASTAÑOS, E., Longitud de onda. *CienciaontheCrest* [en línea] ,2016. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://cienciaontheCrest.com/tag/longitud-de-onda/>.

CRESCO, L., *Uso de geles como captadores pasivos para la determinación de NO₂* [en línea]. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2016. [Consulta: 1 diciembre 2020] Disponible en: http://oa.upm.es/42971/1/TFG_LAURA_CRESCO_BARTOLOME.pdf.

CUESTA, A. & GONZÁLEZ, C., Distribución espacial de concentraciones de SO₂, NO_x Y O₃ en el aire ambiente de Manizales. [en línea],2018. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v34n3/0188-4999-rica-34-03-489.pdf>.

CUEVA, P. *Estudio de SO₂ y NO₂ empleando muestreo pasivo en la zona industrial de Vía a La Costa - Guayaquil* [en línea]. S.l.: ESPOCH, 2016. [Consulta: 9 noviembre 2020] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7853/1/236T0287.pdf>.

DE LA MORENA, B. Análisis de la concentración de O₃ y NO_x (NO + NO₂) en Andalucía Occidental. [en línea],2015. [Consulta: 6 octubre 2020]. Disponible en: <http://www.conama8.conama.org/modulodocumentos/documentos/CTs/CT140.pdf>.

DELGADO, J. Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. *Descripción del Método de Medida* [en línea], 2016. [Consulta: 1 diciembre 2020] Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10803/10539>.

ENVIRA., ¿Qué son los captadores pasivos para medir la calidad del aire? *Eurofins Envira Ingenieros* [en línea] ,2020. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://envira.es/es/captadores-pasivos-medida-de-calidad-del-aire/>.

ESPINOZA, M. Unidad I QA | Química verde | Contaminación. *Scribd* [en línea], Ecuador 2015. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/272226118/Unidad-I-QA>.

ESRI. ¿Qué es el geoprocésamiento?—Ayuda | ArcGIS for Desktop. [en línea],2016. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/main/analyze/what-is-geoprocessing.htm>.

ESTRADA, E. & CABRERA, J. Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016. *Cumbres* [en línea], vol. 3, no. 1, pp. 135-142, 2017. [Consulta: 17 septiembre 2020]. ISSN 1390-3365, 1390-9541. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550728>.

FOUNTAIN, H. ¿Cuáles son los contaminantes primarios y secundarios más peligrosos? *Envira IOT* [en línea],2019. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://enviraiot.es/contaminantes-primarios-y-secundarios-mas-peligrosos/>.

GENERALITAT DE CATALUNYA. ¿Qué es el ozono troposférico? *Departamento de Territorio y Sostenibilidad* [en línea], 2017. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: http://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laيرة/avaluacio/campanya_ozo/que_es_lozo_troposferic/.

GONZALVO, R. LECTURA: Elementos y Factores del Clima. *Recursos Académicos* [en línea],2015. [Consulta: 10 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.recursosacademicos.net/elementos-y-factores-del-clima/>.

GRAUSS, F. Significado de Altitud (Qué es, Concepto y Definición) - Significados. [en línea],2015. [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.significados.com/altitud/>.

IBARLUCÍA, D. Determinación del NO₂ (Dióxido de Nitrógeno) atmosférico en la ciudad de Tandil mediante muestreadores pasivos y una técnica espectrofotométrica. [en línea], pp. 97. 2017. [Consulta: 1diciembre 2020] Disponible en: <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/1442>.

INVÍAS,. Glosario de Manual de diseño geométrico de carreteras. [en línea].2018. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/42-servicios-de-informacion-al-ciudadano/glosario>.

LÓPEZ, M. El lenguaje de los meteorólogos: Los vientos. *Aemetblog* [en línea].2016 [Consulta: 11 marzo 2020]. Disponible en: <https://aemetblog.es/2016/03/29/el-lenguaje-de-los-meteorologos-los-vientos/>.

MAE. Plan Nacional de la Calidad del Aire. [en línea]. 2013 [Consulta: 6 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.ambiente.gov.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>.

MARTÍNEZ, J. “Análisis de emisiones de un vehículo en conducción por ciudad y renovación del sistema PEMS utilizado”. [en línea], pp. 94. 2017. [Consulta: 1diciembre 2020] Disponible en: http://oa.upm.es/43508/1/TFG_JOSE_CARLOS_MARTINEZ_RISCO.pdf.

MINITAB, M.B. ¿Cómo Elegir entre una Prueba no Paramétrica y una Prueba Paramétrica? [en línea].2019. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://blog.minitab.com/es/como-elegir-entre-una-prueba-no-parametrica-y-una-prueba-parametrica>.

MIRANDA, G. *Evaluación del comportamiento de los contaminantes atmosféricos O₃, NO₂ Y COVs en el efecto fin de semana en el centro histórico de la ciudad de Riobamba* [en línea]. 2017. [Consulta: 1diciembre 2020] Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/7849/1/236T0285.pdf>.

MOLANO, L.C.M. & ZAMBRANO, A.N.Z. Análisis espacial y temporal de la concentración de NO₂ troposférico en cuatro áreas urbanas de Colombia para el periodo entre 2005 y 2016. [en línea], pp. 128. 2018. [Consulta: 1 Octubre 2020] Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1749&context=ing_ambiental_sanitaria.

MONTEVERDE, M. Influencia del ozono troposférico (O₃) en la morfología de especies vegetales utilizadas en jardines verticales. [en línea], pp. 159. 2018. [Consulta: 10 noviembre 2020] Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9236/1/UDLA-EC-TIAM-2018-18.pdf>.

MOSCOSO, D; et al. Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador. [en línea], vol. 12, pp. 10.2015. [Consulta: 1 diciembre 2020] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v12n2/v12n2a10.pdf>.

NIETO, J. *Evaluación de contaminantes atmosféricos provenientes del sector automotriz en la Avenida 9 de octubre de la ciudad de Riobamba* [en línea].2019. [Consulta: 12 abril 2020] Riobamba: ESPOCH. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/11164/1/236T0448.pdf>.

NÚÑEZ, V. & SAURA, G., Evaluación de la calidad del aire para los óxidos de nitrógeno, municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara, Cuba. *Revista Cubana de Meteorología* [en línea], vol. 24, no. 0, pp. 365-373. 2018. [Consulta: 18 agosto 2020]. ISSN 2664-0880. Disponible en: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/442>.

OROZCO, R. & ROMAÑA, J. Estimación de las concentraciones de los contaminantes atmosféricos criterio: MP₁₀, SO₂, CO, COVS, NO_X emitidos por las fuentes móviles en las principales vías de la ciudad de Barranquilla. [en línea], pp. 109. 2017. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/2983/1045719569%20-%201047217982.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ORTEGA, M. Aportación a la investigación sobre la reducción de las emisiones de NO_x en grupos diesel utilizados para generación de energía eléctrica. . [en línea], pp. 192. 2015 [Consulta: 18 agosto 2020].

PAREDES, J.L.M. Análisis temporal multivariante de la contaminación atmosférica dentro del Distrito Metropolitano de Quito. [en línea], pp. 86. 2017. [Consulta: 18 agosto 2020]. [Disponible en: http://oa.upm.es/47313/1/TFM_Juan_Luis_Manosalvas_Paredes.pdf].

PEÑAFIEL, M. Estimación de un inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres para la ciudad de Azogues aplicando el modelo internacional de emisiones vehiculares. [en línea], 2019. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8894/1/14542.pdf>.

PINTO, A. ▷ Qué es y para que se usa el ArcGis. *IngenieriaReal.com* [en línea].2020 [Consulta: 13 marzo 2020]. Disponible en: <https://ingenieriareal.com/te-explicamos-el-uso-del-arcgis-y-descarga-la-ultima-version-aqui/>.

PUERTAS, C. *Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos.* [en línea]. 2019. [Consulta: 18 agosto 2020]. QUITO: PUCE. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16945/TESIS%20FINAL%20CAROLINA%20PUERTAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RAFFINO, Estela. *Atmósfera: Concepto, Característica, Capas e Importancia.* [en línea].2020. [Consulta: 4 marzo 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/atmosfera/>.

RAFFINO, María. *Disolución - Concepto, tipos, componentes, propiedades y ejemplos. Disoluciones .Definición* [en línea].2020. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/disolucion/>.

RAFFINO, María Estela. *Corrientes Marinas: Concepto, Tipos y Causas.* [en línea]. 2020. [Consulta: 1 junio 2020]. Disponible en: <https://concepto.de/corrientes-marinas/>.

RINCÓN, Y. & MACÍAS, J. *Evaluación de la calidad del aire en dos instituciones educativas de la comuna 8 en la ciudad de Villavicencio, mediante la medición directa de las emisiones de CO, NOx y so2, procedentes de las fuentes móviles que transitan sobre el kilómetro 1, Vía Acacias.* [en línea], 2019. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19244/2019yeimyrincon?sequence=8&isAllowed=y>.

RIVERA, N. & MATA, C. *Análisis de emisiones contaminantes originados por el parque automotor en Cuenca.* [en línea]. 2020. [Consulta: 16 octubre 2020].Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/1efbc5d7cdd350b1d8db42721dd0fc72/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>.

RUÍZ, A. *Evaluación de la dispersión de contaminantes atmosféricos del complejo termas de la Virgen de la ciudad de Baños de Agua Santa.* [en línea],2018. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/10543>.

SBARATO, D. *Contaminación del Aire* [en línea]. 1º Edición. Córdoba,Argentina: Editorial Encuentro. 2018 [Consulta: 20 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.bibliotechnia.com.mx/portal/visor/web/visor.php>.

SKOOG, D.A. *Fundamentos de Química Analítica.* [en línea]. 9a. S.l.: Cengage Learning, 2014. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: https://issuu.com/cengagelatam/docs/skoog_issuu.

TOAZA, B. & REYES, J. *Metodología para la estimación del tráfico del transporte público urbano. Aplicación a la ciudad de Ambato.* [en línea], 2017. [Consulta: 18 agosto 2020]. Disponible en:<http://192.188.46.193/bitstream/123456789/37305/1/Toaza%20Pomboza%20Lenin%20Bladimir-2017.pdf>.

TÚQUERES, R. *Estudio y análisis de las emisiones de No2 generadas por el campo automotor en el sector del Terminal Terrestre de la ciudad de Riobamba.* [en línea],2017. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/7022/1/236T0278.pdf>.

UNIVERSIDAD DE ALICANTE. *Espectroscopia ultravioleta visible. Servicios Técnicos de Investigación. Espectroscopía ultravioleta visible* [en línea].2020. [Consulta: 1 diciembre 2020]. Disponible en: <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x-de-monocristal-y-espectroscopias-vibracional-y-optica/espectroscopia-ultravioleta-visible.html>.

VIDAL, O. & PÉREZ, A. *Estimación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Emitidos por una Industria Papelera Mediante el Modelo AERMOD. Ingeniería* [en línea], vol. 23, no. 1, pp. 31-47. 2017. [Consulta: 7 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4988/498858053003/html/index.html>.

YIRDA, A. *¿Qué es Temperatura?» Su Definición y Significado* [2020]. *Concepto de - Definición de* [en línea]. 2019 [Consulta: 11 marzo 2020]. Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/temperatura/>.

ZAMBRANO. Precipitación (lluvia, nieve, granizo...) Información, características, definición, tipos y medición. *Naturaleza Paradais Sphynx* [en línea]. 2017 [Consulta: 11 marzo 2020]. Disponible en: <https://naturaleza.paradais-sphynx.com/atmosfera/precipitacion-tipos-medicion.htm>.

ANEXOS:

ANEXO A. PREPARACIÓN DE CAPTADORES PASIVOS.



➤ Ubicación de los captadores pasivos en los postes.



Anexo B. Análisis de las muestras



➤ Pruebas colorimétricas.



Anexo c: Conteo y afluencia vehicular.

