



FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA CALIDAD DEL AIRE POR NO₂ Y
SO₂ EN LAS AVENIDAS PROCERES DE LA INDEPENDENCIA Y LAS FLORES EN
SAN JUAN DE LURIGANCHO

Línea de investigación:

Sistemas de información y optimización

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Esteban Tumialán, Jorge Orth

Asesor:

Galarza Zapata, Edwin
(ORCID: 0000-0003-4490-0740)

Jurado:

Guillen Leon, Rogelia
Mendoza Garcia, Jose Tomas
Minga, Julio Cesar

Lima - Perú

2021



Referencia:

Esteban, J. (2021). *Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores en San Juan de Lurigancho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5252>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR EN LA CALIDAD DEL AIRE POR NO₂ Y SO₂
EN LAS AVENIDAS PROCERES DE LA INDEPENDENCIA Y LAS
FLORES EN SAN JUAN DE LURIGANCHO

LINEA DE INVESTIGACIÓN:
Sistemas de información y optimización

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Esteban Tumialán, Jorge Orth

ASESOR:

Galarza Zapata, Edwin

(ORCID: 0000-0003-4490-0740)

JURADO:

Guillen Leon, Rogelia

Mendoza Garcia, Jose Tomas

Minga, Julio Cesar

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios en primer lugar, por brindarme salud. A mis padres Galindo y María, por su apoyo incondicional. A mi hermano Johan, por sus muestras de afecto y admiración. Por último a mi primo Roberto, por su ayuda en la ejecución de este proyecto.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haber sido mi guía espiritual durante toda mi vida, por ser mi fortaleza en momentos complicados y por brindarme experiencias buenas y malas. De esta manera permitirme el autoconocimiento de mis fortalezas y debilidades. A través de los cuales llenarme de felicidad plena y oportuna.

Le doy gracias a mis padres Galindo y María por inculcarme el deseo de superación ante las adversidades, por haberme dado la oportunidad de tener una educación en el transcurso de mi vida, de igual manera, a mi hermano Johan por su afecto, apoyo y comprensión a lo largo de toda mi vida. A mi primo Roberto, por su apoyo incondicional en la ejecución de este proyecto.

Agradezco de manera muy especial y sincera a mi asesor Dr. Edwin Galarza Zapata por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la tesis.

A mi docente informante: Mg. Rubén Martínez Cabrera, Mg. Violeta Vega Ventosilla y a todos los docentes de la FIGAE, por su paciencia, tiempo y aportes para nuestra formación de Ingenieros Ambientales.

A mi Universidad Nacional Federico Villarreal, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	3
1.1.1 Descripción del problema.....	3
1.1.2 Formulación del problema.....	6
1.2 Antecedentes.....	7
1.3 Objetivos.....	28
1.4 Justificación.....	29
1.5 Hipótesis.....	31
II. MARCO TEÓRICO.....	32
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	32
III. MÉTODO.....	49
3.1. Tipo de investigación.....	51
3.2. Ámbito espacial y temporal.....	53
3.3. Variables.....	54

3.4. Población y muestra.....	61
3.5. Instrumentos.....	61
3.6. Procedimientos.....	64
3.7. Análisis de datos.....	77
3.8. Consideraciones éticas.....	83
IV. RESULTADOS.....	84
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	124
VI. CONCLUSIONES.....	129
VII. RECOMENDACIONES.....	130
VIII. REFERENCIAS.....	131
IX. ANEXOS.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Comparación de dióxido de nitrógeno (NO ₂) temporadas verano e invierno años 2000 y 2011 _____	4
2.	Comparación de dióxido de nitrógeno (SO ₂) temporadas verano e invierno años 2000 y 2011 _____	5
3.	Rapidez promedio durante el 2017 en Bogotá para días típicos y atípicos por hora _____	10
4.	Mapa de la intensidad media diaria de tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013 _____	13
5.	Vehículos matriculados según su clase en Ecuador _____	14
6.	Principio de la diffusion _____	43
7.	Componentes de un tubo de difusión pasiva _____	44
8.	Muestreador pasivo para dióxido de azufre (SO ₂) _____	45
9.	Muestreador pasivo para dióxido de nitrógeno (NO ₂) _____	47
10.	Diagrama de flujo de metodología _____	64
11.	Ubicación de los 4 sitios seleccionados (en rojo) y las 6 estaciones meteorológicas (azul) _____	66
12.	Ubicación de los 4 sitios seleccionados (en rojo) y las 5 estaciones meteorológicas _____	67
13.	Mapa de seguridad medio bajo en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) _____	68
14.	Mapa de seguridad medio bajo en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7) _____	69
15.	Toma de coordenadas de ubicación de cada punto de muestreo mediante un GPS _____	71
16.	Escalera de madera _____	73
17.	Panel Honda _____	74
18.	Filtro pasivo Combi para SO ₂ y NO ₂ instalado en el Portafiltros _____	75
19.	Población del distrito de San Juan de Lurigancho por año _____	82
20.	Porcentaje según tipo de vehículo en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019 _____	86
21.	Porcentaje según tipo de vehículo en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) Diciembre 2019 _____	88
22.	Comparación del volumen de tránsito por avenidas _____	102
23.	Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Noviembre 2019 _____	102
24.	Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019 Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019 _____	103
25.	Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Diciembre 2019 _____	103
26.	Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Diciembre 2019 _____	104

27.	Comparación de la velocidad de recorrido por avenida _____	104
28.	Comparación de la intensidad horaria por avenidas _____	105
29.	Rosa de Vientos generado de la estación meteorológica San Juan de Lurigancho Noviembre 2019 _____	106
30.	Distribución de frecuencias de la clase de viento SENAMHI Estación San Juan de Lurigancho Noviembre 2019 _____	107
31.	Rosa de Vientos superpuesto en Google Earth SENAMHI Estación San Juan de Lurigancho Noviembre 2019 _____	108
32.	Rosa de Vientos generado de la estación meteorológica Campo de Marte Noviembre 2019 _____	109
33.	Distribución de frecuencias de la clase de viento SENAMHI Estación Campo de Marte Noviembre 2019 _____	110
34.	Rosa de Vientos superpuesto en Google Earth SENAMHI Estación Campo de Marte Noviembre 2019 _____	111
35.	Diagrama de flujo AERMAP _____	113
36.	Diagrama de flujo AERMET _____	115
37.	Diagrama de flujo AERMOD _____	117
38.	Concentración del NO ₂ en los Puntos de Muestreo _____	121
39.	Concentración del SO ₂ en los Puntos de Muestreo _____	123

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Parque vehicular nacional estimado, según clase de vehículo 2007 – 2018 (unidades vehiculares) _____	3
2.	Condiciones reales de las vías y Niveles de servicio _____	8
3.	Fórmulas del cálculo de volumen de tránsito y de intensidad _____	11
4.	Resultado del cálculo de volumen e intensidad de tránsito _____	12
5.	Desviaciones estandar para determinar el tamaño de la muestra _____	35
6.	La constante “K” y el nivel de confianza _____	36
7.	Perfil de emisiones por tipo de combustible – kg/km de operación _____	38
8.	Estimación de las emisiones del parque automotor de Lima-Callao del año 2010 _____	42
9.	Valores límites para SO ₂ _____	46
10.	Valores límites para NO ₂ _____	47
11.	Ventajas y Desventajas de los métodos de medición de la calidad del aire _____	48
12.	Coordenadas geográficas de los 6 puntos de muestreo _____	54
13.	Operacionalización de variables _____	54
14.	Criterios para selección de áreas de estudio de investigación _____	69
15.	Ubicación de los Puntos de Muestreo Pasivo _____	79
16.	Población del distrito de San Juan de Lurigancho por año _____	81
17.	Áreas verdes en espacios públicos _____	82
18.	Volumen de tránsito en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019 _____	85
19.	Volumen de tránsito en la avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) - Diciembre 2019 _____	87
20.	Relación entre volumen de tránsito y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en noviembre 2019 _	89
21.	Relación entre volumen de tránsito y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en diciembre 2019 _	90
22.	Velocidades de recorrido en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Noviembre 2019 _____	92
23.	Velocidades de recorrido en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019 _	93
24.	Velocidades de recorrido del mes de diciembre 2019 en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) _____	95
25.	Velocidades de recorrido del mes de diciembre 2019 en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) _____	96
26.	Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en noviembre _	97
27.	Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en diciembre 2019 _	98
28.	Intensidad horaria por avenidas _____	99
29.	Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en noviembre 2019 _	100
30.	Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en diciembre 2019 _	101
31.	Análisis estadístico de la dirección del viento _____	118

32.	Análisis estadístico de la velocidad del viento _____	118
33.	Resumen del comportamiento de las estaciones aplicando los criterios estadísticos a los parámetros de velocidad y dirección del viento _____	119
34.	Resultados de la concentración del NO ₂ por punto de muestreo _____	120
35.	Resultados de la concentración del SO ₂ por punto de muestreo _____	122

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal determinar la incidencia del flujo vehicular en la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos, a) determinar cuál es el Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores ubicadas, en noviembre y diciembre 2019. en los tramos ubicados en el distrito, b) determinar cuál es la Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 y c) determinar cuál es la Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 . El tipo de investigación es aplicada, no experimental, correlacional y transversal, las técnicas de recopilación de datos se realizaron utilizando un formato de conteo de vehículos, observación in situ. En base a la información recopilada en campo, se determinaron los resultados de las dimensiones de Flujo vehicular y la Calidad del aire medidos por los niveles de concentración de NO_2 y SO_2 . Se realizaron la prueba de hipótesis mediante la prueba estadística de correlación de Pearson; los resultados demostraron que el mayor flujo vehicular promedio fue en la avenida Próceres de la Independencia y el menor valor promedio en la avenida Las Flores durante los meses de noviembre y diciembre de 2019. Concluyéndose que el flujo vehicular si incide en la Calidad del aire por los niveles de concentración de NO_2 y SO_2 en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.

Palabras clave: Flujo vehicular, volumen de tránsito, velocidad de recorrido, intensidad horaria, Dióxido de nitrógeno, Dióxido de azufre.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to determine the incidence of vehicle flow in air quality by NO₂ and SO₂ in the avenues Próceres de la Independencia (section block 28-30) and Las Flores (section block 4-7) located in the district of San Juan de Lurigancho, in the months of November and December 2019, for which the following specific objectives were set, a) determine the volume of traffic related to air quality by NO₂ and SO₂ in the sections located in the district, b) determine what is the travel speed that is related to the air quality by NO₂ and SO₂ and c) determine what is the hourly intensity that is related to the air quality by NO₂ and SO₂. The type of research is applied, not experimental, correlational and transversal, the data collection techniques were performed using a format of vehicle count, in situ observation. Based on the information collected in the field, the results of the vehicle flow and air quality dimensions measured by the concentration levels of NO₂ and SO₂ were determined. Hypothesis testing was performed using the Pearson correlation statistical test; the results showed that the highest average vehicular flow was in Avenida Próceres de la Independencia and the lowest average value in Avenida Las Flores during the months of November and December 2019. Concluding that the vehicle flow if it affects the Air Quality by the levels of concentration of NO₂ and SO₂ in the avenues Próceres de la Independencia (section block 28-30) and Las Flores (section block 4-7) located in the district of San Juan de Lurigancho, in the months of November and December 2019.

Keywords: Vehicular flow, traffic volume, travel speed, intensity hourly, Nitrogen dioxide, Sulphur dioxide.

I. INTRODUCCIÓN

Esta tesis nos ha permitido determinar como el Flujo vehicular del transporte tiene incidencia en la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 ; estudio que se realizó en dos tramos de avenidas principales; uno ubicado en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7), se consideró como dimensiones del Flujo Vehicular al Volumen de Transito que mide el número de vehículos por día, a la Velocidad de Recorrido que nos permite medir la distancia recorrida por tiempo de recorrido y a la Intensidad que mide el número de vehículos que transitan en determinadas horas.

La información obtenida proviene de un estudio observacional del comportamiento vehicular para cuantificar el flujo, estableciendo puntos de conteos de manera que no se repitan dos veces el paso de los vehículos por un mismo punto, clasificando los diferentes tipos de vehículos de transporte en pesados, livianos y menores. Para medir la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 se utilizó la metodología para analizar la concentración de NO_2 y SO_2 mediante el método de difusión pasiva. Se instalaron estratégicamente seis equipos muestreadores en postes de alumbrado público a una altura de tres metros en los meses de noviembre y diciembre del 2019, las muestras fueron cuidadosamente enviadas al laboratorio Passam AG de Suiza, por medio de la empresa Klepel Consulting SAC.

Esta tesis expone los aspectos relevantes de este estudio en ocho capítulos de conformidad al reglamento de grados y títulos. El capítulo I, contiene el planteamiento del problema de investigación, los objetivos, las hipótesis y la definición de las variables; el capítulo II contiene el marco teórico y las teorías relacionadas al tema; el capítulo III comprende el Método, tipo y diseño de la investigación, estrategia de prueba de hipótesis, operacionalización de variables, la población, la muestra, instrumentos, procedimientos, evaluación de la

concentración de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, etapas de toma de información y análisis de datos; el Capítulo IV corresponde a resultados; el capítulo V corresponde a discusión, el capítulo VI corresponde a Conclusiones; el capítulo VII comprende recomendaciones, el capítulo VIII comprende las referencias bibliográficas y el punto IX corresponde a anexos.

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1 Descripción del problema

La ciudad de Lima es una gran ciudad que ha crecido durante los últimos años en forma desordenada, consecuencia de las características de la geografía del suelo, de la improvisación y poco desarrollo urbano en el distrito de San Juan de Lurigancho donde se desarrolla nuestro trabajo de investigación. Se suma a esta problemática el incremento de las importaciones de diferentes tipo de vehículos que ocasionan la saturación de las vías en diferentes horas del día, inclusive en algunas zonas este problema es permanente, la congestión vehicular consecuencia del incremento del flujo vehicular a la vez ocasionan graves problemas de contaminación ambiental que acrecientan el problema del Flujo vehicular en relación a la Calidad del aire.

Esta realidad problemática se muestra en el incremento del Flujo vehicular según las tablas y figuras que se muestran a continuación:

Tabla 1

Parque vehicular nacional estimado, según clase de vehículo 2007 – 2018 (unidades vehiculares)

CLASE DE VEHÍCULO	2007 ^R	2008 ^R	2009	2010	2011	2012	2013 ^R	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837	2 287 875	2 423 696	2 544 133	2 661 719	2 786 101	2 894 327
Automóvil	696 897	735 314	766 742	809 967	860 366	927 698	993 705	1 058 075	1 116 226	1 167 041	1 220 121	1 254 803
Station Wagon	250 979	261 441	274 566	285 300	289 649	292 840	318 022	340 009	369 554	403 193	436 923	472 955
Camioneta Pick Up	176 111	187 940	196 833	210 988	228 321	246 205	258 028	266 305	274 153	283 479	293 292	305 855
Camioneta Rural	159 829	184 328	207 067	235 889	272 596	318 484	330 472	342 645	354 858	365 316	379 895	391 591
Camioneta Panel	29 684	32 498	34 172	36 184	37 847	39 476	40 938	41 976	42 892	43 387	43 935	44 349
Omnibus	48 542	49 882	51 563	54 389	56 704	59 088	69 128	77 773	78 579	80 119	82 377	90 315
Camión	120 661	129 295	137 407	147 293	158 939	171 407	187 970	203 180	208 216	213 155	218 006	217 931
Remolcador	20 872	24 890	26 457	28 679	30 779	33 722	36 017	39 482	41 514	43 604	45 352	47 074
Remolque y Semi-remolque	30 728	35 382	38 027	41 001	44 664	48 917	53 595	54 251	58 141	62 425	66 200	69 454

Nota. La Tabla 1 representa el parque vehicular nacional según su clase de vehículo 2007 - 2018. Mencionado de *Parque Vehicular Nacional Estimado, según Clase de Vehículo: 2007 – 2018*, por Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Estadística - Servicios de Transporte Terrestre por Carretera – Parque automotor. (12 de octubre de 2020).

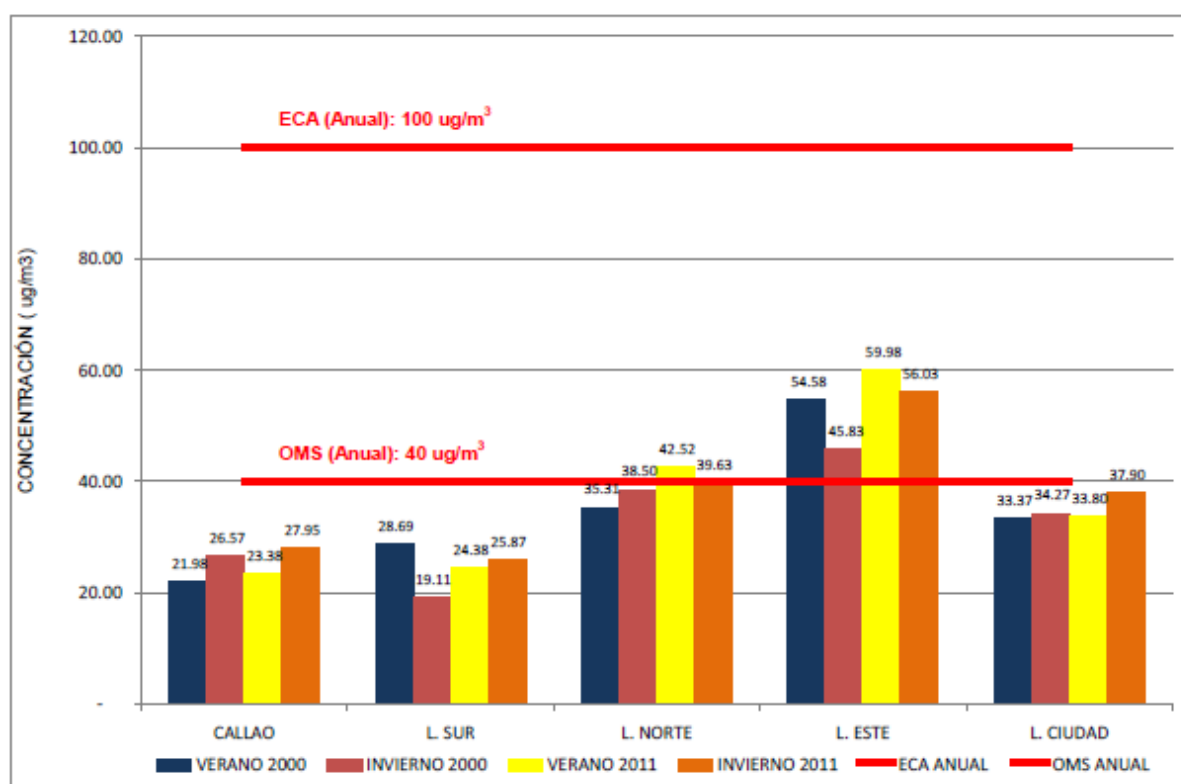
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344892-estadistica-servicios-de-transporte-terrestre-por-carretera-parque-automotor>

Esta tabla nos muestra la evolución creciente y significativa del parque automotor a nivel nacional. En San Juan de Lurigancho el crecimiento del parque automotor también ha sido exponencial afectando el flujo vehicular y la combustión de estos vehículos afectando a la Calidad del aire.

A la vez se está afectando a la Calidad del aire tal y como muestran diferentes estudios que se resumen en las siguientes figuras.

Figura 1

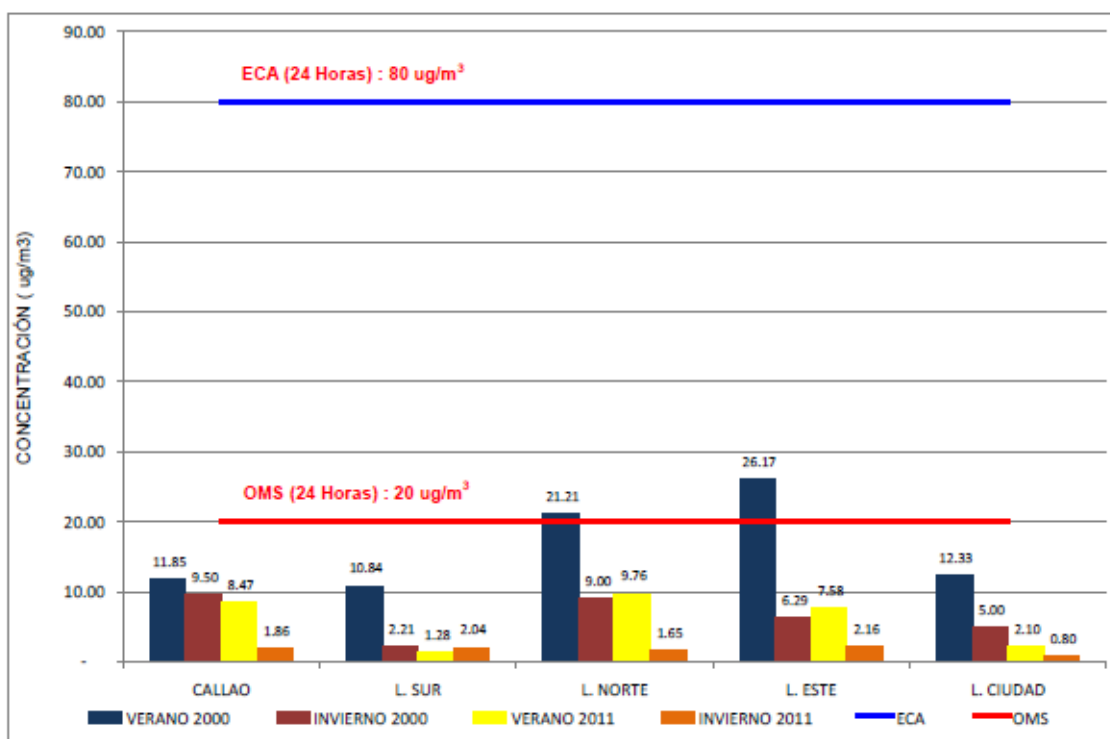
Comparación de dióxido de nitrógeno (NO_2) temporadas verano e invierno años 2000 y 2011



Nota. La Figura 1 representa los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en los distintos sectores de Lima Metropolitana y Callao en los años 2000 y 2011, siendo Lima Este (San Juan de Lurigancho) según la OMS en un período de 24 horas la concentración más elevada registrada en Verano 2000, Mencionado de *Estudio de saturación en Lima Metropolitana y Callao año 2011*, por Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. (5 de junio de 2021). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estudio-saturacion-lima-metropolitana-callao-ano-2011>

Figura 2

Comparación de dióxido de azufre (SO₂) temporadas verano e invierno años 2000 y 2011



Nota. La Figura 2 representa los niveles de concentración de dióxido de azufre (SO₂) en los distintos sectores de Lima Metropolitana y Callao en los años 2000 y 2011, siendo Lima Este (San Juan de Lurigancho) según la OMS en un período de 24 horas la concentración más elevada registrada en Verano 2000, Mencionado de *Estudio de saturación en Lima Metropolitana y Callao año 2011*, por Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. (5 de junio de 2021). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estudio-saturacion-lima-metropolitana-callao-ano-2011>

Estas figuras nos muestran el incremento constante de la contaminación ambiental que afectan a la Calidad del aire como consecuencia del dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno de las emanaciones de los tubos de escape del parque automotor.

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando no existe un equilibrio, como resultado de la presencia en el aire

de materiales nocivos producidos por el hombre, en cantidades grandes como para producir efectos perjudiciales. **(Romero, 2006).**

“Dicho problema, está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre”. **(Romero, 2006).**

Lima es la ciudad con el aire más contaminado de Latinoamérica, según el estudio **Global Urban Ambient Air Pollution Database de la Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017).** Esta evaluación mide el tamaño de las partículas contaminantes y su espectro por metro cúbico, y dio como resultado que la contaminación se origina en un 70% por el parque automotor y el resto por actividad comercial e industrias de generación de energía.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema General

PG: ¿Cuál es la incidencia de Flujo Vehicular en la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019?

1.1.2.2 Problemas Específicos

PE1: ¿Cuál es el Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019?

PE2: ¿Cuál es la Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019?

PE3: ¿Cuál es la Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019?

1.2 Antecedentes

Mendoza, A.J. y Mendoza, C.J. (2020), en su tesis referida a los niveles de servicio del Puente Grau y sus vías aledañas en la ciudad de Arequipa – 2019, efectúa el cálculo del flujo vehicular en el Puente Grau y la evaluación de los niveles de servicio de las vías formulando propuestas de solución para remediar el problema; y que para dicho cálculo utiliza la medición del volumen del tránsito en determinadas horas del día. Dicho estudio incluye la medición de los volúmenes horarios de máxima demanda de cada una de dichas vías, obteniendo los valores de control de tráfico realizado en el turno de la mañana (07:30 – 08:30), concluyendo que en ese horario se presenta la mayor cantidad de congestión vehicular.

Este referido trabajo de investigación contribuye al método de medición del flujo vehicular mediante el conteo del número de vehículos en diferentes horas. Otro aspecto a destacar es la cuantificación de la duración del recorrido y formula una propuesta de medición de flujo vehicular en tres dimensiones: el volumen de tránsito según el número de vehículos por

día, la velocidad de recorrido según la distancia recorrida por tiempo de recorrido y la intensidad horaria según el número de vehículos que transitan en determinadas horas. Ver Tabla 2.

Tabla 2

Condiciones reales de las vías y Niveles de servicio

<i>Definición y Operacionalización de Variables</i>					
<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Técnica</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Condiciones reales de las vías</i>	<i>Independiente</i>	<i>Características actuales de las vías a investigar</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Geometría de las vías • Sentido del flujo vehicular • Volumen vehicular • Tasa de flujo • Velocidad vehicular 	<i>Obtención de datos del flujo vehicular en horas y puntos determinados. Medición de las dimensiones de las vías.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Formato de conteo vehicular - Aplicación Google Maps y Google Earth.
<i>Niveles de servicio</i>	<i>Dependiente</i>	<i>Según el manual de capacidad de carreteras (HCM 2010) es la medida cualitativa que explica el estado de operación del flujo vehicular.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de demora • Relación Capacidad/Demand a en las vías 	<i>En función a los datos obtenidos, se desarrollarán cálculos guiándonos del Manual de capacidad de carreteras.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas de cálculo.

Nota. La Tabla 2 representa las condiciones reales de las vías y niveles de servicio. Mencionado de *Análisis del flujo vehicular y los niveles de servicio en el puente Grau y sus vías aledañas en la Ciudad de Arequipa 2019*, por Mendoza, J. y Mendoza, C.J., 2020. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9892>

Beleño et al. (2020) en su estudio *Correlación entre el flujo vehicular, el PM2.5 y variables meteorológicas al oriente de Bucaramanga (Colombia)* investigaron la contribución de los diferentes tipos de vehículos en la emisión de compuesto orgánicos volátiles (COV), midiendo los aforos de tres franjas horarias de mayor flujo vehicular en el mayor punto de concentración correspondiente a las paradas de buses, pues en el momento del arranque de los vehículos se produce la mayor liberación de contaminantes. Estas mediciones se efectuaron con la finalidad de obtener los valores de los COV liberados y del PM2,5, estableciendo las

siguientes categorías: autos (vehículos livianos incluyendo colectivos), buses (incluye todos los tipos de servicio - busetas y alimentadores), camiones (incluye todos los tipos), motos (vehículos tipo motocicleta y triciclos autos propulsados). Dicho estudio utilizó el método de observación y conteo diario de vehículos tomando registros en el mismo lugar, fechas y franjas horarias de las mediciones: tres veces al día (en las franjas de horas pico 7-8, 12-13 y 16-17 horas) de lunes a sábado durante 26 días (octubre – noviembre de 2017) y la recopilación de información se realizó en hojas de cálculo. Los valores promedio observados en los 26 días en cada franja y los resultados de los aforos vehiculares tabulados en sus anexos correspondientes. La metodología aplicada fue de tipo descriptiva y correlacional efectuando la toma de datos necesarios para conocer las condiciones climatológicas de la zona y otras variables que permiten describir el estado de contaminación.

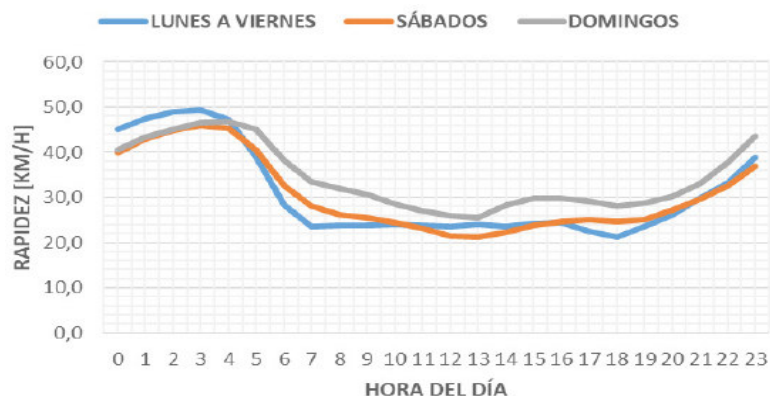
El referido estudio relaciona el flujo vehicular con las variables meteorológicas, mostrando las concentraciones de emisiones como consecuencia de los gases emitidos por la combustión del parque automotor, evidenciando la incidencia en las variables meteorológicas.

Acosta et al. (2020) en el artículo Condiciones de tránsito vehicular y uso de un modelo para la predicción de ruido por tráfico rodado en un entorno local de la ciudad de Bogotá-Colombia, establecen que algunas variables usualmente consideradas en los modelos de predicción de ruido ambiental por tráfico rodado se comportan en la ciudad de Bogotá. En dicho estudio se refiere el aumento del parque automotor ha ocasionado la disminución en la rapidez de circulación por las vías de la ciudad y según los datos de la Secretaría de 608 RISTI, N.º E27, 03/2020 Movilidad se determinó la reducción de 30,73 km/h en el año 2005 a 24,86 km/h en el año 2015; igualmente en el año 2017 la reducción de la rapidez durante un día hábil a 21 km/h

observados entre las 18h y 19h, siendo las de mayor conflicto la avenida Carrera 15 y la calle 45. En contraste, la autopista norte y la calle 26 son las de mayor fluidez en la ciudad Finalmente, las cifras con la rapidez por hora del día se muestran en la Figura 3.

Figura 3

Rapidez promedio durante el 2017 en Bogotá para días típicos y atípicos por hora



Nota. La Figura 3 representa la rapidez promedio durante el 2017 en Bogotá para días típicos y atípicos por hora. Mencionado de *Condiciones de tránsito vehicular y uso de un modelo para la predicción de ruido por tráfico rodado en un entorno local de la ciudad de Bogotá - Colombia*, por Acosta et al., 2020, Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, RISTI, N° E27, 605-614. <https://search.proquest.com/scholarly-journals/condiciones-de-tránsito-vehicular-y-uso-un-modelo/docview/2385755999/se-2?accountid=37408>

Esta tesis expresa la relación entre el tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá, la clasificación de tipos de vehículo e incidencia en el ruido, observando que el aumento del parque automotor ha ocasionado la disminución la velocidad de circulación en las vías de la ciudad, evidenciando el aumento del flujo vehicular, el incremento de los ruidos y de la contaminación ambiental.

Sornoza et al. (2018) en el artículo *Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular*, la composición del tráfico efectuó cambios en algunos datos en particular. Los automóviles, por un lado, se encuentran en auge la cantidad de ventas anuales, considerando su crecimiento exponencial. Por otra parte, están los autobuses, que, en algunas ciudades, específicamente Quito y Guayaquil, se han visto en la decisión de dejar fuera de circulación algunas unidades, por motivo de la llegada del transporte masivo (eco vía, metro vía respectivamente), evidenciándose incluso en sus valores porcentuales teniendo 1% de autobuses en relación al 31% de automóviles. Presenta como método de cálculo la siguiente tabla con tres instrumentos de medición, tal como se muestra en la siguiente tabla 3.

Tabla 3

Fórmulas del cálculo de volumen de tránsito y de intensidad

Volumen de tránsito	Velocidad de Recorrido	Intensidad
$Q = N/T$ en donde, Q= Vehículos que pasan por periodo de tiempo (vehículos/periodos) N= cantidad total de vehículos que pasan. T= periodo de tiempo	$V_r = D_r/T_t$ en donde, D _r = distancia recorrida en un tramo T _t = tiempo total invertido en recorrerla	$I = n(x) / t$ en donde, t= intervalo temporal n° de vehículos que cruzan la sección fija (x) - se pueden utilizar como intensidad horaria (vehículos/horas) e intensidad diaria (vehículos/días)

Nota. La Tabla 3 representa las fórmulas del cálculo de volumen de tránsito y de intensidad. Mencionado de *Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular*, por Sornoza et al., 2018, *Journal of Innovation and Applied Studies International*, 24(4), 1440-1455. Retrieved from <https://search.proquest.com/scholarly-journals/parámetros-que-influyen-en-el-congestionamiento/docview/2151127191/se-2?accountid=37408>

La metodología empleada relacionó al volumen de tráfico, velocidad de recorrido e intensidad horaria, un punto de apoyo clave que nos permitió relacionar El flujo vehicular con la calidad del aire. A continuación, se presenta el resumen del resultado del volumen e intensidad horaria, tal como se explica en la variable. Ver Tabla 4.

Tabla 4

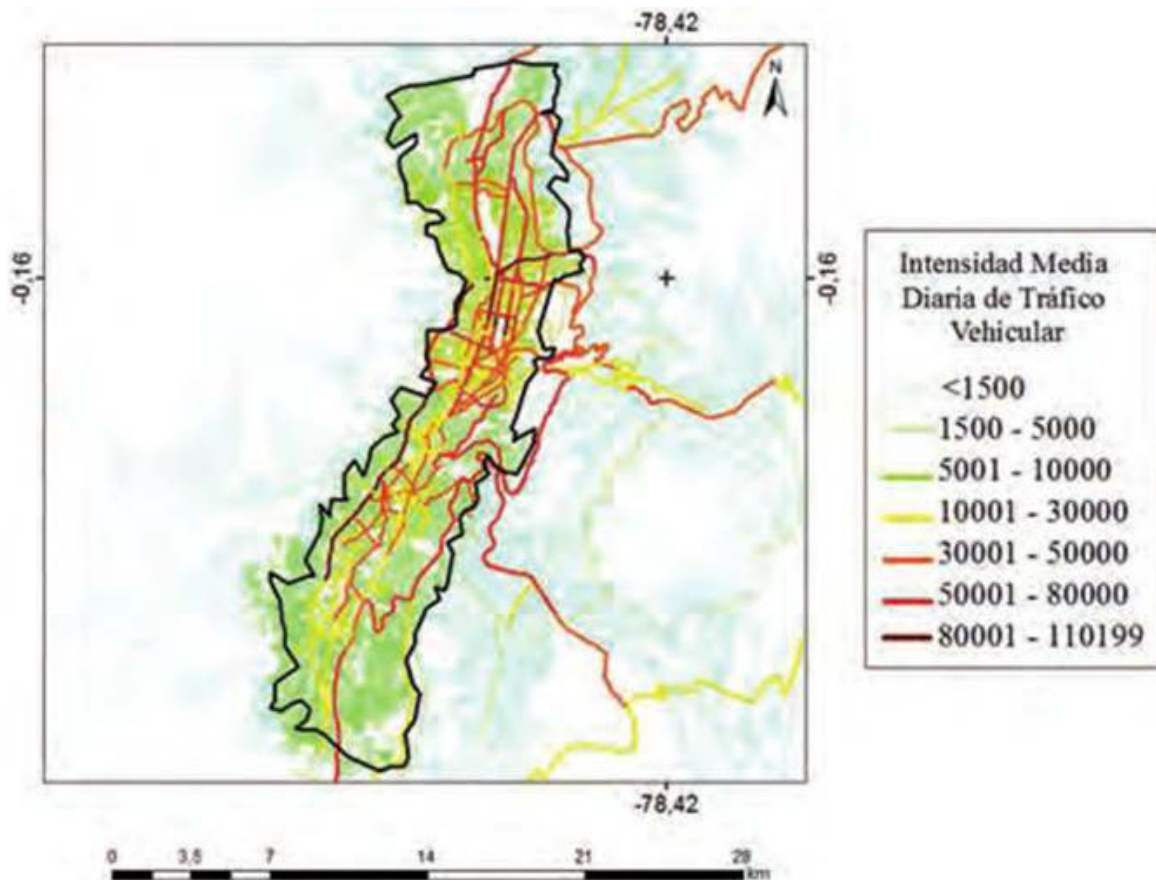
Resultado del cálculo de volumen e intensidad de tránsito

Periodo	Nombre de la avenida	Cantidad de vehículos que transitan	Volumen (V)	Intensidad horaria (V/H)
07H00 – 07H15	Pedro Menéndez Gilbert	130.000	1354,05	5416,2
07H00 – 07H15	De las Americas	122.000	1270,83	5083,32
07H00 – 07H15	Francisco de Orellana	80.000	833,33	3333,33
07H00 – 07H15	Quito	60.000	625	2500
07H00 – 07H15	Machala	60000	625	2500

Nota. La Tabla 4 representa el resultado del cálculo de volumen e intensidad de tránsito. Mencionado de *Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular*, por Sornoza et al., 2018, Journal of Innovation and Applied Studies International, 24(4), 1440-1455. Retrieved from <https://search.proquest.com/scholarly-journals/parámetros-que-influyen-en-el-congestionamiento/docview/2151127191/se-2?accountid=37408>

Figura 4

Mapa de la intensidad media diaria de tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013

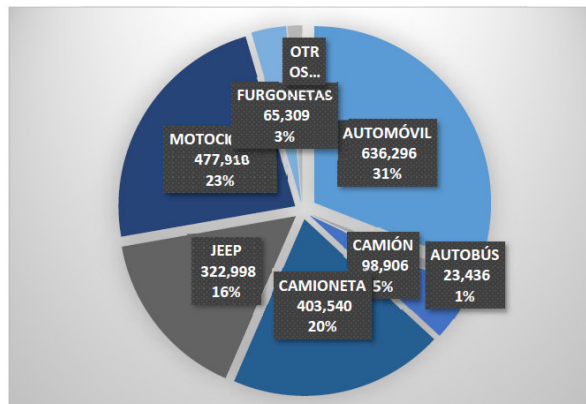


Nota. La Figura 4 representa las fórmulas del cálculo de volumen de tránsito y de intensidad. Mencionado de *Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular*, por Sornoza et al., 2018, Journal of Innovation and Applied Studies International, 24(4), 1440-1455. Retrieved from <https://search.proquest.com/scholarly-journals/parámetros-que-influyen-en-el-congestionamiento/docview/2151127191/se-2?accountid=37408>

Los cálculos mantienen un mismo intervalo de tiempo (15min = ¼ hora) que resultan ser los momentos en donde el congestionamiento se encuentra en una supuesta “etapa inicial”, puesto que en algunas ciudades en Ecuador las “horas picos” están comprendidas entre las 7:00 y las 9:00 así como también desde las 17:00 hasta 19:00. También este estudio mostró un mapa de intensidad vehicular y la composición del tráfico que se muestra en la siguiente figura 5.

Figura 5

Vehículos matriculados según su clase en Ecuador



Nota. La Figura 5 representa los vehículos matriculados según su clase, a nivel nacional. En la categoría “otros”, se encuentran agrupados: tanquero, tráiler y otros no clasificados. En furgonetas están agrupados: furgonetas de carga y furgonetas de pasajeros. Mencionado de Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular, por Sornoza et al., 2018, Journal of Innovation and Applied Studies International, 24(4), 1440-1455. <https://search.proquest.com/scholarly-journals/parámetros-que-influyen-en-el-congestionamiento/docview/2151127191/se-2?accountid=37408>

Esta tesis nos ha permitido demostrar como el flujo vehicular puede ser medido y de qué forma dimensionar adecuadamente cada variable. Medir el flujo vehicular nos permite relacionar cuantitativamente con la calidad de aire consecuencia de la contaminación, por dos de los gases más importantes que afectan su calidad.

Gaitán et al. (2007) en su trabajo de investigación titulado “**Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá - Colombia**”, el documento señala un diagnóstico del problema de contaminación atmosférica, a partir de la información provista por la autoridad ambiental local, utilizando datos con registros validados y organizados diferentes a las concentraciones atmosféricas de contaminantes criterio reportadas por la red de monitoreo de calidad de aire de la ciudad (RMCAB). En dicho estudio incluyó la consecución de la información de la red de calidad del aire de la ciudad (operada por la Secretaria Distrital de Ambiente), la organización y validación de dicha información, la construcción de una base de datos y el análisis estadístico de

los datos. Se recopiló la información provista por la RMCAB para la totalidad de los registros (desde septiembre de 1997 hasta junio de 2007) de las 15 estaciones que conforman la red. Teniendo como resultados; en Bogotá no se presentó un problema de contaminación del aire para SO₂, NO₂, CO y O₃. Para todos estos contaminantes las concentraciones registradas por la red de monitoreo de la ciudad suelen ser inferiores a los límites establecidos por la regulación ambiental local, concluyendo que el análisis de los datos de calidad del aire en conjunto con la información meteorológica permitió establecer que la velocidad del viento es el parámetro más influyente (por encima de la intensidad de precipitación) en los niveles de contaminación por material particulado percibidos en la ciudad de Bogotá. A mayor velocidad del viento la concentración por material particulado es menor. Para estas dos variables se obtuvo un coeficiente de 0.65.

Zapata et al. (2008) en su trabajo de investigación titulado “**Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en el Valle de Aburra con Medidores Pasivos - Colombia**”, fortaleció la monitoría de la calidad del aire del Valle de Aburrá mediante los muestreadores pasivos de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono, compuestos orgánicos volátiles específicamente benceno, tolueno y xilenos (BTX) y la tasa de sedimentación de partículas en las principales vías. En dicho estudio los muestreadores se instalaron en 15 sitios del Área Metropolitana durante un año utilizando los tubos pasivos de difusión y en la medición de partículas sedimentables se utilizó el principio de gravedad; posteriormente, las muestras se analizaron mediante sólidos totales. Los resultados de los dióxido de azufre y nitrógeno no sobrepasaron la Norma Colombiana Anual, pero en 12 estaciones de monitoreo se superó el valor guía de la OMS para dióxido de nitrógeno, concluyendo que el uso de medidores pasivos permitió identificar zonas críticas y evaluar de manera sencilla las tendencias de contaminación

atmósferica. Se propone que en Colombia se apruebe esta técnica para la medición de la calidad del aire.

Cocha (2009) en su tesis titulado “**Análisis de la Concentración de Contaminantes SO₂, NO₂ y BTX usando Sensores Pasivos - Ecuador**”, realizó el monitoreo atmosférico en la Provincia de Chimborazo, orientado a tener datos necesarios para el diseño de una red definitiva y para tener una línea base de calidad en la Ciudad de Riobamba. Para medir la presencia de los contaminantes en el aire ambiente y para su planificación, implementación y operación, se consideró un conjunto de cuidados necesarios para proporcionar información de buena calidad que represente objetivamente la realidad bajo análisis. Por ello se abarcó esta problemática de una manera integral, tomando en consideración los avances que al respecto se han registrado a nivel Internacional y Nacional, especialmente en Quito. El muestreo de los niveles de concentración de contaminantes en estudio, se realizó mediante técnicas pasivas de monitoreo de calidad de aire. Se diseñó e instaló una red de seis puntos de monitoreo en la Provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba se ubicaron tres puntos dentro del límite urbano, (R. Norte – Edificio AME, R. centro – Mercado La Merced y R. Sur – edificio EMAPAR); un punto en los sectores de Gatazo Zambrano, Guano y Penipe. Se ha tomado como referencia la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire y los valores establecidos en las Guías de la OMS, para los compuestos dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, los niveles registrados de estos gases no exceden los límites permisibles. Los resultados presentados muestran la versatilidad y utilidad del monitoreo pasivo para la cuantificación de las concentraciones de contaminantes en este caso, Dióxido de Nitrógeno, Dióxido de Azufre, Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos en las diferentes estaciones de monitoreo. Además de su bajo costo de implementación lo convierte en

un método apropiado para ser utilizado permitiendo determinar promedios mensuales y anuales de la concentración de la atmósfera, que son utilizados como información de línea base de la calidad del aire en la ciudad.

Morales y Arias (2013) en su trabajo de investigación titulado “**Contaminación vehicular en la Conurbación Pereira – Dosquebradas - Colombia**”, analizó la relación salud con el ruido ambiental y el PM_{10} asociado al flujo vehicular realizando mediciones de flujo vehicular y ruido ambiental en tres sitios de interés por congestión vehicular. Adicionalmente, se reunió información de estaciones de calidad del aire disponibles en la zona de estudio y población con enfermedad respiratoria aguda (ERA). A partir de estos datos, se desarrollaron modelos para estimar el ruido ambiental a partir de condiciones del flujo vehicular y se proponen dos modelos de simulación reuniendo características de la dinámica de crecimiento poblacional, flujo vehicular y posibles emisiones de material particulado, para estimar el efecto potencial sobre la salud y los costos inducidos asociados a la contaminación. En los sitios estudiados, se encontró el flujo vehicular y el ruido ambiental son estadísticamente mayores en horas pico de la tarde (5pm a 7pm). El mayor flujo vehicular se encontró en el sector de la avenida sur de Pereira con un promedio de 2693 veh-Eq/h. Adicionalmente, se pudo estimar que los costos ambientales asociados a la contaminación atmosférica (PM_{10}) podrán llegar a ser del orden del 2% del presupuesto para el municipio de Pereira, concluyendo que el ruido ambiental esta correlacionado con el flujo vehicular. El ruido ambiental generado principalmente por efecto del flujo vehicular puede llegar a superar los límites permitidos en la norma nacional para sitios cerca de hospitales. De acuerdo con los modelos de simulación desarrollados, si las condiciones de crecimiento del parque automotor circulante continúan a igual ritmo, en menos de ocho años

los efectos de las concentraciones elevadas de material particulado causaran un efecto evidente sobre la morbilidad por enfermedad respiratoria aguda y en los costos ambientales estimados.

Herrera et al. (2014) en su trabajo de investigación titulado “**Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en dos municipios del área metropolitana de Costa Rica en 2004-2013**”, el estudio muestra los resultados obtenidos por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional, en la aplicación de muestreadores pasivos para la determinación de niveles de dióxido de nitrógeno en el área metropolitana de Costa Rica, utilizando para la medición de los niveles de NO₂ en aire burbujeo de aire en un medio químico o mediante el uso de analizadores en línea en tiempo real, a través de la técnica de quimioluminiscencia. Sin embargo, en los últimos años se han venido utilizando los muestreadores pasivos como técnica de análisis para la determinación de este gas, ya que es un método que requiere pocos recursos financieros y humanos, así que permite una mayor área de cobertura del monitoreo de calidad del aire. Teniendo como resultados la importante influencia de las emisiones de fuentes móviles en la calidad del aire de la ciudad de San José, concluyendo que los métodos de difusión pasiva presentan parámetros de desempeño adecuados para el uso previsto de ellos. Esto permite determinar, en forma económica, los niveles de dióxido de nitrógeno existentes en centros urbanos con un nivel de exactitud que, si bien es cierto no se compara a los resultados obtenidos con analizadores automáticos, en cuanto a su resolución, permite realizar diagnósticos iniciales y estudiar el comportamiento de las tendencias de los contaminantes atmosféricos.

Segura y Franco (2016) en su trabajo de investigación titulado “**Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular - Colombia**”, caracterizó la contaminación del aire a la que están expuestos los peatones en inmediaciones de tres vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá (carrera novena, carrera séptima y carrera once) utilizando como indicador de la calidad del aire el carbono elemental (BC), dado que es un compuesto reconocido trazador de las emisiones provenientes de fuentes móviles. Las concentraciones de BC fueron registradas de forma continua y en tiempo real con un MicroAethalometro portátil Modelo AE51 que era portado por las personas que realizaban los recorridos de 1.6 kilómetros en cada vía, al tiempo que diligenciaban un formato de actividades en el que se consignaban los eventos relevantes durante el recorrido. Teniendo como resultados una relación directa (observada) entre los picos de concentración de BC a los que están expuestos los peatones y los eventos documentados en cada trayecto. Si bien en los tres corredores viales estudiados se registraron concentraciones de BC que indican un aire de inadecuada calidad, se encontraron distintas distribuciones de las concentraciones para cada vía estudiada. Los autores atribuyen este resultado a la diferencia en el volumen de tráfico pesado (buses y busetas principalmente), siendo la Carrera Once la vía con mayor flujo de vehículos de este tipo y más concentraciones de BC, concluyendo que la evidencia recolectada refuerza la importancia de involucrar la variable calidad del aire al momento de diseñar infraestructura orientada a modos de transporte no motorizado.

Cocha (2017) en su tesis titulado “**Emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba**”, analizó la emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba , analizando 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. Teniendo como resultado 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 de Aire, ni supera los estándares establecidos en las guías de la Organización Mundial de 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. Finalmente, llegando a la conclusión que 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, proporcionando información base para una gestión adecuada en el recurso aire.

Sotomayor y Marín (2010) en su tesis titulado “**Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana**”, estableció una línea de investigación como instrumento de gestión ambiental en la calidad del aire; a partir de la evaluación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana”, se evaluó la determinación de dióxido de nitrógeno; se usó el método colorímetro de Griess Saltzman y para determinar el dióxido de azufre; se utilizó el método modificado de West Gaeke. Teniendo como resultados y conclusiones en primer lugar; el promedio de las concentraciones de dióxido de nitrógeno fue de

60,294 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual se encuentra dentro del límite establecido por la Dirección General de Salud Ambiental ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) y por encima del valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En segundo lugar; el promedio de las concentraciones de azufre fue de $35,121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual está dentro del límite establecido por la Dirección General de Salud Ambiental ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y por encima del valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Saavedra (2014) en su tesis titulado “**Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular**”, estimó las emisiones proveniente de los vehículos durante su recorrido en una sección de 1.41 kilómetros en una de las principales avenidas de la ciudad de Lima a la hora de mayor congestión vehicular, analizando la metodología chilena Modem, para luego crear nuevos escenarios de emisión de contaminantes al modificar las principales variables relacionadas al proceso como son; la velocidad promedia, uso de nuevos combustibles y tecnologías (gas natural vehicular y vehículos híbridos) y la implementación de convertidores catalíticos. Así mismo, se compararon las emisiones obtenidas con las producidas en un ambiente libre de congestión vehicular para cuantificar la magnitud de este fenómeno. Teniendo como resultados, las emisiones generadas en un ambiente de tráfico ascendieron a 18407.0 kg/año (902.3 kg/año más comparado con lo que se produce en un ambiente sin congestión vehicular), concluyendo que las emisiones comienzan a disminuir a razón que la velocidad promedio vehicular aumenta hasta llegar a un punto mínimo de emisión logrando una reducción del 31 por ciento a la velocidad de $60\text{km}/\text{hora}$, luego de eso, las emisiones aumentan nuevamente mientras la velocidad siguen en ascenso. Por último, las emisiones vehiculares descienden 2.7, 3.4 y 2.3 por ciento a razón que el

5 por ciento del parque automotor son reemplazados por vehículos a gas natural, vehículos híbridos y vehículos con convertidores catalíticos respectivamente.

Saldaña (2016) en su tesis titulado “**Emisión de gases por el parque automotor y su repercusión en la contaminación del aire en la ciudad de Iquitos en el año 2015**”, determinó la concentración de los gases CO y CO₂ producido por el parque automotor y la repercusión en la contaminación del aire en la ciudad de Iquitos en el año 2015, evaluando la técnica de aforo vehicular clasificado; que consiste en verificar los vehículos en circulación de acuerdo a una división propia entre ellos, esta verificación se debe realizar de forma variable, es decir en distintas horas del día y repetirlas varias veces, para tener una mejor apreciación, esta base se efectuó con la ayuda de la policía nacional. Teniendo como resultado; el parque automotor de la ciudad de Iquitos está siendo un factor de contaminación de nuestro ambiente, teniendo una creciente emisión de gases de escape de monóxido de carbono y dióxido de carbono, concluyendo de acuerdo a normas nacionales como internacionales todos los vehículos para que puedan circular libremente en un país deben cumplir con normas y reglas, dentro de las cuales está comprendida la Ley de Emisión de gases de escape, donde se indica claramente que los vehículos de acuerdo al sistema de alimentación que tienen que cumplir con parámetros mínimos exigidos de emisión de gases como monóxido de carbono y dióxido de carbono.

Limas (2016) en su tesis titulado “**Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en Plazas Históricas del Cercado de Lima**”, determinó la incidencia de flujo vehicular en la calidad de aire por NO₂ y SO₂ en plazas históricas del Cercado de Lima, los puntos muestreados se realizaron de las siguientes plazas: Bolognesi, Dos de Mayo, San Martín y

el Parque Universitario, utilizando un estudio observacional del comportamiento vehicular para cuantificar el flujo, estableciendo puntos de conteos de manera que no se repitan dos veces el paso de los vehículos por un mismo punto. La metodología para analizar la concentración de NO₂ y SO₂, se realizó por el método de difusión pasiva, que consistió estratégicamente cuatro equipos muestreadores en postes de alumbrado público a una altura de 3m, por un período de un mes aprox. (entre los meses de enero y febrero del 2016). Al finalizar el tiempo de muestreo, fueron retiradas cuidadosamente y se enviaron al laboratorio Passam AG de Suiza, por medio de la empresa Klepel Consulting S.A.C., para su análisis correspondiente. Teniendo como resultados, el mayor flujo vehicular promedio fue en la plaza Dos de Mayo con 8284 vehículos/hora entre pesados, livianos y menores, y el menor flujo vehicular fue en la plaza San Martín con 3315 vehículos/hora. La mayor concentración de NO₂, se obtuvo en la plaza Dos de Mayo con 50.9 µg/m³, y el menor valor en la plaza San Martín con 33.35 µg/m³, concluyendo que las concentraciones de NO₂ y SO₂ obtenidas por el método de difusión pasiva se encuentran por debajo de los valores establecidos por los Estándares de Calidad del Aire del Perú. Con los datos obtenidos del flujo vehicular y las concentraciones para el NO₂ existe un grado de asociación directo, donde a mayor flujo vehicular se presenta un notable incremento en la concentración de dicho parámetro; y con respecto a las concentraciones registradas por el SO₂, no existe un grado de asociación con el flujo vehicular, es decir, que el dióxido de azufre no varía principalmente en función del flujo vehicular en las plazas históricas.

Arenas (2017) en su tesis titulado “**Determinación del material particulado PM10 y PM2.5, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en el distrito de Yura – Arequipa**”, determinó la concentración del material particulado PM10, PM2.5, dióxido de azufre y dióxido

de nitrógeno en el distrito de Yura, evaluando la toma de muestra del material particulado (PM_{10}) un equipo HI-VOL; dicho equipo presenta un motor que permite extraer el material particulado del ambiente pasando por unas cámaras hasta llegar al filtro (cuarzo) en donde son retenidas, el período de muestreo es de 24 horas y posteriormente es llevado al laboratorio. Para la toma de muestra del material particulado ($PM_{2.5}$) se utilizó un equipo LOW-VOL, dicho equipo permite extraer el material particulado del ambiente en un período de 24 horas y posteriormente es llevado al laboratorio. Otro equipo utilizado es el tren muestreo de gases, que mediante soluciones captadoras se puede cuantificar en un laboratorio la concentración de gases, en este caso del dióxido de azufre (SO_2) y dióxido de nitrógeno (NO_2); también se utilizó una estación meteorológica portátil, que nos brinda los parámetros como temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, dirección y velocidad de viento, estos últimos parámetros nos ayudan para elaborar una rosa de viento de cada punto de monitoreo. Se han instalado tres puntos de monitoreo; el primer punto de monitoreo se instaló en techo del I.E. 40102 Nuestra Señora Carmen Patrona de Yura, el segundo punto se instaló en el techo del Puesto de Salud Yura Juan Pablo II y el tercer punto se instaló en techo en Cruce Calera. Se realizó 4 monitoreos de calidad de aire en los meses de Noviembre del año 2016, Febrero, Mayo y Agosto del año 2017 basándose en el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Gestión de Datos de DIGESA publicado en 2005. Teniendo como resultados obtenidos para esos días que se tomó la medición de la concentración del material particulado de PM_{10} y $PM_{2.5}$, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno no sobrepasan los Estándares calidad Ambiental de Aire establecidos en los D.S. N°074-2001-PCM y D.S N°003-2017-MINAM, concluyendo que la calidad ambiental del aire de la Calera, La Estación y Yura Viejo; para esos días que se tomó la medición del aire, no es afectada negativamente por la industria cementera.

Farroñan (2017) en su tesis titulado **“Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las estaciones de servicio en la ciudad de Chiclayo. 2012 – 2014”**, determinó las concentraciones de gases y niveles de ruido obtenidos, durante los años 2012-2014, evaluando el Protocolo de Monitoreo de Aire y Gestión de datos aprobados por la DIGESA mediante Resolución Directoral 1404-2005-DIGESA-SA y para la determinación de los niveles de ruido el Protocolo de Monitoreo de ruido aprobado por el Ministerio del Ambiente, mediante Resolución Ministerial-227-2013-MINAM, comparando los resultados con los estándares de calidad ambiental respectivamente. Teniendo como resultados de los niveles de concentración de los gases analizados de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), de los años 2012-2014, de las estaciones ubicadas en la zona comercial (Av. Salaverry y Av. Pedro Ruiz) e industrial (Carretera Panamericana) de la ciudad de Chiclayo, se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental para ruido, cumpliéndose con lo establecido; excepto en la estación de servicio ubicada en la zona residencial (Urb. Primavera) donde fueron superiores a lo establecido en los ECA, concluyendo que las concentraciones de gases de los años 2012 – 2014 en las estaciones de servicio de combustibles Carretera Panamericana, Av. Pedro Ruiz, Urb. Primavera y Av. Salaverry de la ciudad de Chiclayo tuvieron la mayor concentración en el dióxido de azufre con un valor de 24.45 µg/m³. Asimismo en los niveles de ruido en el tipo residencial (Urb. Primavera) con un valor de 67.1dB.

Valencia (2017) en su tesis titulado **“Efecto de medidas administrativas en la reducción de las emisiones de contaminantes criterio por fuentes móviles vehiculares, Sector 2 – Villa El Salvador, 2016”**, evaluó las medidas correctivas para reducir el efecto de los

contaminantes criterio de fuentes móviles en el sector de Villa El Salvador, analizando el procedimiento que aplicó el proyecto IVE MODEL (International Vehicle Emissions Model) en Lima y Giraldo Amaya en el 2005, donde realizaron las mediciones en campo, estimación de inventario e identificación de variables de mayor relevancia para el inventario, con el fin de evaluar diferentes escenarios de posibles medidas administrativas. Las mediciones efectuadas en el distrito de Villa El Salvador fueron en los meses de agosto del 2015 y febrero del 2016. Estas mediciones incluyeron las siguientes actividades: 1) aforo vehicular en la Av. Revolución en el distrito de Villa El Salvador para también identificar la flota vehicular, 2) recopilación de información respecto a las características del vehículo (modelo, año, combustible, velocidad, kilometraje, entre otras) y 3) recopilación de información sobre los patrones de manejo. El parque automotor se dividió en tres categorías, las cuales se basaron en los siguientes criterios: para la categoría I, se consideró vehículos livianos con un cilindraje menor a 1500cc; La categoría II, vehículos medianos con cilindraje hasta 3000cc; y por último la categoría III, vehículos pesados con un peso y cilindraje mayor a los dos anteriores. Teniendo como resultados para la categoría I un total de 2753 kg/día de CO, 107 kg/día de VOC, 63 kg/día de NO_x, 0.07 kg/día de SO_x y 2.39 kg/día de PM₁₀; y por último, en la categoría III un total de 325.33 kg/día de CO, 3.23 kg/día de VOC, 16.39 kg/día de NO_x, 0.008 kg/día de SO_x y 0.65 kg/día de PM₁₀, concluyendo que el mayor aportante al inventario de emisiones de contaminantes criterio, se da en la categoría I, donde se encuentran los mototaxis y automóviles. Por otro lado, entre la categoría II y III, el mayor aporte en contaminantes de CO y NO_x, resultó ser la categoría III y en mayor aporte de VOC, SO_x y PM₁₀, la categoría II.

Quispialaya y Sauñe (2017) en su tesis titulado **“Estudio de los procesos de combustión de gases contaminantes de la atmósfera emitidos por vehículos a gas licuado de petróleo en la ciudad de Huancayo”**, evaluó el proceso termodinámico de la combustión del GLP en el Parque Automotor de la Ciudad de Huancayo emitidos a la atmósfera, evaluando las siguientes actividades: recopilación de información disponible, encuesta a los conductores de los automóviles con el formato vigente del MINAM en el parque infantil en coordinación con la gerencia ambiental de la MPH, con el fin de determinar la cantidad de taxis y colectivos que usan como combustible el GLP en la ciudad de Huancayo, mediciones en 3 puntos críticos de la ciudad (Huancayo, Tambo y Chilca), por tener mayor afluencia vehicular, 10 mediciones en cada punto de manera aleatoria utilizando el equipo analizador de gases Marca E instruments Modelo E8500 de la unidad de postgrado FIQ-UNCP, finalmente se procesó los datos obtenidos, posterior a ello se realizó la descripción de los procesos termodinámicos de la combustión completa e incompleta haciendo uso de tablas termodinámicas. Teniendo como resultados obtenidos los automóviles (Taxis y colectivos), con 11795 unidades y representan el 80% del total de automóviles el cual es la mayor fuente de contaminación de gases contaminantes en la ciudad de Huancayo, así mismo se identificó mediante 373 encuestas a conductores de automóviles (taxis y colectivos) el tipo de combustible más usado que fue el GLP/GASOLINA, de la misma forma se realizó la cuantificación de los gases contaminantes emitidos en la combustión del GLP en los automóviles clasificados estratégicamente por estado acelerado y ralentí, año de fabricación y tipo de motor, de los automóviles evaluados del año de fabricación de 1996 – 2002 tienen un promedio anual de emisiones del 70.485TM/año de CO₂, 7.332TM/año de CO, 0.315TM/año de HC esto son para automóviles de motor 1300. Los automóviles de motor 1600 alcanzan los 87.283TM/año de CO₂, 10.906TM/año de CO y 0.660TM/año. Del

mismo modo los automóviles de fabricación de 2003 hacia adelante la concentración anual de los gases contaminantes provenientes de automóviles de motor 1300, alcanzando los 80.772TM/año de CO₂, el 2.446TM/año de CO y el 0.212TM/año. Por otra parte, los automóviles de motor 1500 alcanzan los 77.498TM/año de CO₂, el 2.673TM/año CO, el 0.220TM/año de HC, concluyendo; en primer lugar, se caracterizó el parque automotor de los automóviles públicos y particulares donde se puede observar que el 86% de vehículos usan el combustible (GLP/GASOLINA), el 12% usan gasolina y el 2% diésel. En segundo lugar, se cuantificó los gases contaminantes emitidos en la combustión del GLP en los vehículos de los cuales el CO₂ es más contaminante con 390.218 TM/año seguido de CO con 29.962 TM/año y los HC con 1.742TM/año.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

OG: Determinar cuál es la incidencia del Flujo vehicular con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

1.3.2 Objetivos Específicos

OE1: Determinar cuál es el Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

OE2: Determinar cuál es la Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

OE3: Determinar cuál es la Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

1.4 Justificación

Justificación teórica

Este estudio se justifica como un aporte para que investigadores puedan realizar otras investigaciones de la forma como el Flujo vehicular incide en la Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, dado que este trabajo de investigación hemos cuantificado las dimensiones de Flujo vehicular: volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria; y la Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre: niveles de concentración en microgramos por metro cúbico de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. También se justifica teóricamente porque se han utilizado las técnicas y procedimientos en la medición del Flujo vehicular con la Calidad del aire de acuerdo a las normas ambientales exigidas por la autoridad ambiental .

Justificación práctica

Esta investigación se justifica por la utilidad práctica que proporciona a los responsables del cuidado del medio ambiente del distrito de San Juan de Lurigancho, donde pueden conocer y estimar el valor de cada uno de los parámetros de Flujo vehicular y Calidad del aire por NO₂ y SO₂, para que les posibilite tomar decisiones para el control ambiental y en la construcción o ampliación de las vías aledañas a las áreas tomadas de referencia en esta investigación, en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicados en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Justificación metodológica

Este estudio se justifica metodológicamente porque toma como referencia a la legislación vigente a las normas técnicas, procedimientos y uso y aplicación de recursos técnicos en la medición de las variables y dimensiones de Flujo vehicular: volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria; y la Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre: niveles de concentración en microgramos por metro cúbico de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Asimismo hemos contado para estos fines con el asesoramiento de la empresa Klepel Consulting, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Global Positioning System (GPS). También se ha aplicado con rigurosidad los requisitos y procedimientos en la toma de información, análisis y procesamiento de la información recogida.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis principal

HP: El Flujo vehicular se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

1.5.2 Hipótesis secundarias

HS1: El Volumen de tránsito se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

HS2: La Velocidad de recorrido se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

HS3: La Intensidad horaria se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Flujo vehicular

Sornoza et al. (2018) consideran como metodología para cuantificar el flujo vehicular lo siguiente:

El volumen de tránsito: $Q = N/T$ en donde Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (veh/período), N: Número total de vehículos que pasan (veh), T: Período determinado (unidad de tiempo).

La velocidad de recorrido: $V=d/t$, V: Velocidad (km/h), d: Distancia recorrida, t: Período determinado (unidad de tiempo).

La intensidad horaria: $I=n/t$, I: Intensidad horaria (veh/h), n: Número de vehículos, t: Período en horas (unidad de tiempo).

Importante metodología, clara y precisa para medir los parámetros que influyen en el flujo vehicular, esta tesis es uno de los importantes referentes que ha permitido demostrar como el flujo vehicular puede ser medido y explicar de qué forma dimensionar adecuadamente cada variable. Medir el flujo vehicular es importante porque permite relacionar cuantitativamente con los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, consecuencia de la contaminación, por dos de los gases más importantes que afectan su calidad.

En relación al flujo vehicular, **(Gasteiz, 2007, como se citó en Rázuri, 2018)**, considera al flujo vehicular como:

La principal fuente de emisión en los sistemas urbanos, en este estudio, debido que solo se puede inferir en esta fuente, es la única que se ha tenido en específica consideración,

los contaminantes derivados de otras fuentes quedan incluidos dentro de la contaminación de fondo de la ciudad.. Los factores de los que dependen estas emisiones son: (1) factores propios del vehículo como la tipología de vehículo, la antigüedad de este, el peso, el combustible que usa o la velocidad a la que circula, (2) factores externos como la del tramo, el tipo de pavimento de la vía por donde circula o la temperatura ambiente y (3) factores personales tales como la forma de conducir o la longitud de los recorridos.

Este autor demuestra en forma práctica la medición de la variable Flujo vehicular con sus parámetros volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria.

2.1.2 Volumen de tránsito

Es el número de vehículos que pasa por un punto o una sección de una calzada o una calle en un período determinado. También se le denomina flujo o tasa de flujo “(Aguilar, 2005).”

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (veh/período)

N: Número total de vehículos que pasan (veh)

T: Período determinado (unidad de tiempo)

2.1.3 Velocidad de recorrido

La velocidad es definida como la rapidez del movimiento expresada en términos de distancia recorrida por unidad de tiempo (km/h, mi/h, etc). Para caracterizar la velocidad de una corriente de tráfico debe usarse un valor representativo, debido a la amplia diversidad de

velocidades individuales presentes en una corriente de tránsito “(Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, 2005).”

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

V: Velocidad (km/h)

d: Distancia recorrida

t: Período determinado (unidad de tiempo)

2.1.3.1 *Cálculo de la velocidad de recorrido*

Se consideró la velocidad de recorrido, de la cual se van a obtener los datos en campo.

Para calcular el tamaño de la muestra, se usará la siguiente fórmula planteada en el manual de estudios de ingeniería de tránsito:

$$N = \frac{S^2 K^2 (2 + U^2)}{2E^2}$$

Donde:

N = tamaño de la muestra.

S = desviación estándar estimada para el muestreo.

K = constante correspondiente para el nivel de confianza deseado.

E = error permitido en el estimado de la velocidad (KPH)

U = constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0.00; para el 15 o 85 percentil, use 1.04; para el 5 o 95 percentil, use 1.64.

- Cálculo de S:

Para el cálculo de la desviación estándar, se hará de acuerdo al área de tránsito y tipo de vía, utilizando el siguiente cuadro:

Tabla 5

Desviaciones estandar para determinar el tamaño de la muestra

Área de tránsito	Tipo de Carretera	Desviación estándar media
Rural	2 carriles	8.5
Rural	4 carriles	6.8
Intermedio	2 carriles	8.5
Intermedio	4 carriles	8.5
Urbano	2 carriles	7.7
Urbano	4 carriles	7.9

Nota. La Tabla 5 representa las desviaciones estándar para determinar el tamaño de la muestra, se eligió el área de tránsito: urbano, tipo de carretera: 2 carriles, de esta manera le corresponde 7.7 de desviación estándar. Mencionado de *Manual de ingeniería de tránsito por Social, S. d., 2008*, <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-estudios-de-ingenierc3ada-de-transito-mexico.pdf>

- Cálculo de K:

Tabla 6

La constante “K” y el nivel de confianza

Constante “k”	Nivel de confianza
1.00	68.3
1.50	86.6
1.64	90.0
1.96	95.0
2.00	95.5
2.50	98.8
2.58	99.0
3.00	99.7

- Cálculo de E:

El error permitido puede fluctuar de $\pm 8\text{km/h}$ a $\pm 1.5 \text{ km/h}$

Analizando nuestras avenidas, se obtienen los siguientes datos:

$$N = \frac{7.7^2 \times 1.96^2 \times (2 + 1.04^2)}{2 \times 2.25^2}$$

$$N = 69.323$$

Se procede a redondear dicha cifra, obteniendo un tamaño de muestra de 70 vehículos variados que circulan por las avenidas.

2.1.4 Intensidad horaria

La intensidad es un parámetro que cuantifica el número de vehículos que circulan por un punto o sección transversal de un carril o carretera durante un período de tiempo dado. Aunque puede utilizarse cualquier intervalo de tiempo, es típico expresarla en términos diarios (IMD) u horarios. Cuando se analizan períodos inferiores a una hora (15 minutos normalmente) es habitual expresarla en términos horarios (veh/h), con objeto de poder comparar cantidades y relacionarlas “(MDGVU, 2005).”

2.1.5 Gases contaminantes

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

Se produce durante la quema de combustibles y el procesamiento de los minerales. Es un gas incoloro, no inflamable y no explosivo.

La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión de productos derivados del petróleo y del carbón, sin embargo algunas fuentes naturales de igual forma contribuyen a su formación, como el metabolismo anaerobio y los volcanes.

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Tienen un aspecto amarillento, se forma durante la combustión en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato, que conllevan la producción de ácidos en el ambiente.

El óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) se producen de dos maneras: primero, por las altas temperaturas a las que se llega en las combustiones que provocan la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno del aire para dar óxido nítrico, y este luego se

oxida parcialmente a NO₂. Por lo tanto los motores de combustión interna emiten óxidos de nitrógeno con proporciones variables de NO y NO₂. Ver Tabla 7.

Tabla 7

Perfil de emisiones por tipo de combustible – kg/km de operación

EMISIÓN	UN	CARRO GAS NATURAL	CARRO GASOLINA 84	CARRO GASOLINA 90	CARRO GASOLINA 97	CARRO DIESEL EURO3
Dióxido de azufre	kg	9.412E-07	6.034E-06	6.034E-06	6.034E-06	5.547E-06
Óxidos de nitrógeno	kg	2.064E-05	0.0000513	0.0000513	0.0000513	0.000518
Partículas, < 2.5 um	kg	7.367E-06	8.48E-06	8.48E-06	8.48E-06	0.0000371
Monóxido de carbono, fósil	kg	0.0004465	0.000984	0.000984	0.000984	0.0006104

Nota. La Tabla 7 informa el perfil de emisiones por tipo de combustible – kg/km de operación. Anotado de *Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso de gas natural* (p.25), por Pérez, 2010, Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/324>

La contaminación del aire se convierte en el mayor riesgo ambiental para la salud. La calidad del aire ambiente se ha deteriorado hasta tal punto que sus efectos adversos pueden tener un impacto significativo en la salud y el bienestar de los seres humanos. Estos contaminantes afectan la salud de los seres humanos y los animales, dañan la vegetación y los materiales, reducen visibilidad y radiación solar y afectan el tiempo y el clima. Se ha observado que la exposición a éstos puede afectar la salud humana de varias maneras: enfermedades cardíacas y derrames cerebrales. Además de enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón “(WHO, 2016).” El sudeste asiático es ahora la región más contaminada del mundo. Los países de bajos y medianos ingresos en el sudeste asiático tenían una gran carga relacionada con la

contaminación del aire, con un total de 3,3 millones de muertes relacionadas con la contaminación del aire interior y 2.6 millones de muertes debido a la contaminación del aire exterior “(Nway et al., 2017).” Estudios previos sobre la calidad del aire reportaron altos niveles de gases ácidos en el exterior, como el NO₂ y el SO₂ “(Ozkurt et al., 2013).” Además, en ausencia de políticas ambientales adecuadas, este crecimiento también puede tener importantes costos económicos y sociales. El Perú, como otros países en desarrollo, enfrenta problemas relacionados con la emisión de contaminantes que han afectado la calidad del aire “(MINAM, 2014).” Entre estos se encuentra el material particulado, gases, humos, los óxidos de nitrógeno producidos por las fábricas, el dióxido de azufre de las centrales termoeléctricas y fábricas, el monóxido de carbono de los tubos de escape de los vehículos en movimiento, chimeneas e incineradores, el ozono y los oxidantes fotoquímicos, los residuos provenientes de la combustión incompleta de los hidrocarburos proveniente de los tubos de escape de autobuses y aviones “(Hansel et al., 2019).” La Organización Mundial de la Salud (OMS), en el informe sobre la contaminación global del aire exterior en 2014 señaló que Lima, capital de Perú, era una de las ciudades más contaminadas de las Américas “(WHO, 2016).” Sin embargo, la información sobre la condición del aire de la ciudad de Ica es limitada. El Plan Nacional Concertado de Salud se sostiene en los compromisos que el Estado ha asumido en materia de salud, en los objetivos de desarrollo del milenio, en los que se pretende garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y reducir el peligro para la salud ambiental de los ciudadanos “(MINSA, 2007).”

En los últimos años se informa que la prevalencia del asma ha aumentado en numerosos países, con tasas más elevadas en las zonas urbanas y relacionadas con la contaminación atmosférica “(Cuesta, O., Cabrera, A., 1994).” También se plantea que el deterioro de la calidad del aire, se debe a las emisiones provenientes de las fuentes móviles como el transporte,

de las actividades industriales y pesqueras en la provincia de Pisco y de la pequeña minería informal y mediana minería en la provincia de Nazca. Estas fuentes de emisión están consideradas entre las principales causas de la contaminación del aire.

Muchos de los óxidos de nitrógeno son incoloros e inodoros. Sin embargo, el dióxido de nitrógeno (NO₂), un contaminante común, forma en el aire junto a las partículas en suspensión una capa entre rojiza y marrón que cubre muchas zonas urbanas “(Cuesta, O., Cabrera, A., 1994).”

Para reducir el impacto de la contaminación del aire en la salud, es básico comprender la descripción general de la contaminación del aire. Por otra parte, el grado de conocimiento y sensibilización de los efectos sobre la salud de la contaminación del aire por parte de los profesionales sanitarios y de los ciudadanos en general es aún escaso.

Debido a datos insuficientes, el trabajo principalmente se limita a describir el estado de la calidad del aire por NO₂ y SO₂.

2.1.6 Fuentes de contaminación atmosférica

En el año 2001, el entonces Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), actualmente MINAM, realizó el inventario de emisiones atmosféricas totales y estimó que los aportes sectoriales de transporte e industria significaron el 86% y 14% del inventario respectivamente, lo que permite identificar al sector transporte como la principal fuente de emisiones atmosféricas en la zona Metropolitana de Lima y Callao “(CONAM, 2001).”

El problema de la contaminación atmosférica no tiene que ver únicamente con la cantidad de contaminantes emitidos tanto por fuentes de origen natural como antropogénico, sino principalmente porque estas emisiones, especialmente las de origen antropogénico, se concentran en las ciudades donde hay actividad industrial y gran flujo vehicular, que a la vez son donde se

localiza la mayoría de la humanidad. Al ser el aire un elemento indispensable para la vida, es importante procurar una buena calidad del mismo, pues su baja calidad repercute especialmente sobre las personas, produciendo enfermedades y muerte. Por tanto es de suma importancia actuar consecuentemente para mantener una buena calidad del aire “**(Hernández Berasaluce, 2013).**”

2.1.6.1 Fuentes móviles

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte como automóviles, camiones y aviones, entre otros.

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el automóvil, pues produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) y cantidades menores de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

La cantidad de emisiones que produce un vehículo automotor depende de una serie de factores como el tipo y la calidad del combustible que consume, el estado de conservación del motor, su antigüedad, tecnología, si cuenta o no con un sistema de control de emisiones, la morfología de la ciudad donde transita, los hábitos del chofer, el tiempo que permanece operativo, el tráfico en las vías y, finalmente, su recorrido “**(Pérez, 2010).**” Los motores de combustión interna (MCI) generan emisiones tóxicas, contenidas en los vapores del combustible, en los gases del cárter y en el tubo de escape. Cerca del 1% de los gases de escape contienen aproximadamente 300 sustancias, de las cuales la mayoría son tóxicas “**(CENERGIA, 1999).**”

Ver Tabla 8.

Tabla 8

Estimación de las emisiones del parque automotor de Lima-Callao del año 2010

Categorías	Porcentaje de emisiones (%)					
	PTS	SO ₂	NO _x	CO	Plomo	COV
Automóviles y vehículos familiares	5	4	6	13	31	21
Taxis y moto-taxis	16	12	21	68	51	46
Camionetas, rural y panel	21	19	11	13	16	16
Camiones, buses y remolcadores	58	65	62	6	2	17
Emisiones (toneladas/año)	6,205	11,261	70,501	329,814	203	72,512

Nota. La Tabla 8 declara la estimación de las emisiones del parque automotor de Lima – Callao del año 2010. Referido de *Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área metropolitana de Lima y Callao* (p.3), por E. Korc et al., 2009, XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. mkorc@cepis.ops-oms.org

2.1.7 Métodos de medición de NO₂ y SO₂

2.1.7.1 Muestreadores pasivos

Son dispositivos que mediante absorción y adsorción en un sustrato químico captan un contaminante específico del aire durante un tiempo determinado, posteriormente se traslada la muestra a un laboratorio para realizar la desorción de la sustancia y determinar la concentración promedio. Tienen como ventajas la simplicidad y el bajo costo, entre los contaminantes que se pueden determinar con esta técnica están el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, ozono y amoníaco “(PNUMA/OMS, 2002).”

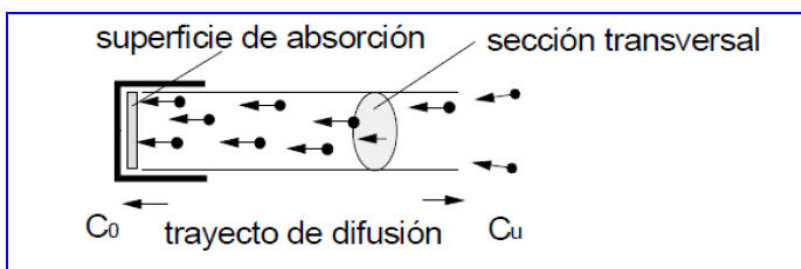
2.1.7.2 Tubos Pasivos de Difusión

Los tubos pasivos miden la contaminación del aire recolectado por su difusión en un medio absorbente. 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 el 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 muestreador pasivo. Los captadores difusivos de gases se rigen por la **Ley de Fick** que relaciona el flujo de gas desde una región de alta concentración (extremo abierto del tubo), con el tiempo de exposición y el área del captador, que está expuesto al contaminante “(Delgado, 2004).” Ver Figura 6.

Figura 6

Principio de la difusión



Nota. La Figura 6 representa el principio de la difusión. Tomado de *Principio de la difusión* (p.89), por Klepel, 2009, como se citó en Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

$$\text{Concentración } C = \frac{I * Q_1}{D * A * t}$$

C: Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

A: Sección transversal (cm^2)

Q_1 : Cantidad absorbida (μg)

D: Coeficiente de difusión (cm^2/seg)

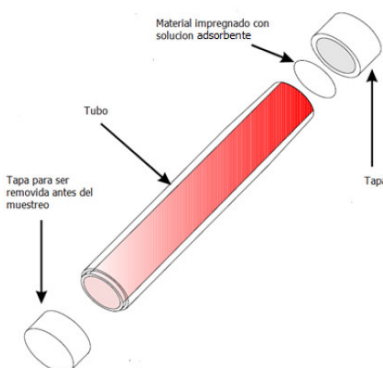
I: Ruta de difusión (cm)

t: Tiempo de exposición (seg)

Los componentes típicos de los dispositivos de difusión pasiva tipo tubo consisten en un tubo, dos tapas y una membrana impregnada con la solución adsorbente. Ver Figura 7.

Figura 7

Componentes de un tubo de difusión pasiva



Nota. La Figura 7 informa sobre los componentes de un tubo de difusión pasiva. Referido de *Construcción y Validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂) en la ciudad de Arequipa – Perú* por Calisaya, 2012, Universidad Católica de Santa María. <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/160>

2.1.7.3 Muestreadores pasivos para el dióxido de azufre

El muestreador pasivo para dióxido de azufre está basado en el principio de la difusión molecular pasiva de dióxido de azufre hacia un medio absorbente en este caso de carbonato de potasio y de glicerina.

Los muestreadores utilizados consisten en un estuche de polipropileno con una apertura de 20 mm de diámetro. Para disminuir la influencia del viento se fija una membrana sostenida por una red metálica.

La cantidad de dióxido de azufre absorbida es proporcional a la concentración en el ambiente. Después de un cierto tiempo de exposición se extrae la cantidad total de dióxido de azufre y se determina por cromatografía iónica. Ver Figura 8.

Figura 8

Muestreador pasivo para dióxido de azufre (SO₂)



Nota. La Figura 8 informa el muestreador pasivo para dióxido de azufre (SO₂). Anotado de *Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en plazas históricas del Cercado de Lima* (p.90), por Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

Los valores límites o las recomendaciones para el dióxido de azufre son fijadas de manera diferente según el país. Ver Tabla 9.

Tabla 9*Valores límites para SO₂*

PAÍS	ECA
Perú	80 µg/m ³ (2001)
Suiza	30 µg/m ³
EEC	20 µg/m ³ (1999)
OMS	50 µg/m ³ (1996)

Nota. La Tabla 9 declara los valores límites para SO₂ en Perú, Suiza, EEC y OMS. Tomado de *Valores límites para SO₂* (p.90), por Klepel, 2009, como se citó en Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

2.1.7.4 Muestreadores pasivos para el dióxido de nitrógeno

El muestreador pasivo para dióxido de azufre está basado en el principio de la difusión molecular de dióxido de nitrógeno hacia un medio absorbente, en este caso de trietanolamina. El muestreador consiste en un tubo de polipropileno de 7.4 cm de largo y de 9.5 mm de diámetro interno. Los muestreadores se colocan en un dispositivo especial, para protegerlos de la lluvia y minimizar la influencia del viento.

La cantidad de dióxido de nitrógeno absorbida es proporcional a la concentración en el medio ambiente. Después de un cierto tiempo de exposición se extrae la cantidad total de dióxido de nitrógeno que se determina según la reacción Saltzmann a 540µm utilizando un espectrofotómetro. Ver Figura 9.

Figura 9

Muestreador pasivo para dióxido de nitrógeno (NO₂)



Nota. La Figura 9 refiere el muestreador pasivo para dióxido de nitrógeno (NO₂). Mencionado de *Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en plazas históricas del Cercado de Lima* (p.91), por Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

Los valores límites anuales para el dióxido de nitrógeno son fijados de manera diferente según el país. Ver Tabla 10.

Tabla 10

Valores límites para NO₂

PAÍS	ECA
Perú	100 µg/m ³ (2017)
Suiza	30 µg/m ³
Unión Europea, OMS/CEE	40 µg/m ³ (media anual)

Nota. La Tabla 10 refiere los valores límites para SO₂ en Perú, Suiza, EEC y OMS. Tomado de *Valores límites para NO₂* (p.91), por Klepel, 2009, como se citó en Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

2.1.7.5 Ventajas y Desventajas de medición de la Calidad del aire

A continuación se presentan las ventajas y desventajas en los métodos de medición de la calidad del aire. Ver Tabla 11.

Tabla 11

Ventajas y Desventajas de los métodos de medición de la calidad del aire

METODOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
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.
Muestreadores Activos	Bajo costo. Fácil es de operar. Confiables en operación y funcionamiento. Historia de bases de datos.	- Proporciona concentraciones pico o de alerta. - Trabajo intensivo. - Requieren análisis de laboratorio.
Monitores Automáticos	Alto funcionamiento comprobado. Datos horarios. Información online y bajos costos directos.	- Complejo. - Caro. - Requiere técnicos calificados. - Altos costos periódicos de operación.
Sensores Remotos	Proporcionan patrones de resolución de datos. Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmósfera. Mediciones de multicomponentes.	- Muy complejos y caros. - Dificiles de operar, calibrar y validar. - No son siempre comparables con los analizadores convencionales.
Bioindicadores	Baratos. Útiles para identificar la presencia de algunos contaminantes.	- Problemas en la estandarización de sus metodologías y otros inherentes a los procedimientos.

		- Algunos requieren análisis de laboratorio.
--	--	--

Nota. La Tabla 11 representa las ventajas y desventajas de los métodos de la medición de la calidad del aire. Mencionado de Ventajas y Desventajas de los métodos de la medición de la calidad del aire (p.92), por Jorquera, M. U.S. Environmental Protection Agency, 2010, como se citó en Limas, 2016, Universidad Nacional Federico Villarreal. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

2.1.8 Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire 2019

Los especialistas del Ministerio del Ambiente (2019), desde el mes de noviembre 2019, aplican el decreto supremo N° 010-2019-MINAM que sostiene sobre la metodología de difusión pasiva lo siguiente:

En el Perú se aplica la NTP 900.036:2017. “MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Muestreadores de difusión pasiva para la determinación de la concentración de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales”, la cual se basa en la Norma Europea EN 13528-1-2002. “Calidad de aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales”. Por sus características consideran que los muestreadores pasivos únicamente son aplicables a períodos de muestreos semanales o mensuales, no permitiendo la obtención de resultados comparables con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mediante las frecuencias horarias, octohorarias o diarias; y determinan por cada estación y período de medición, debe tomarse como mínimo muestras por triplicado, con la finalidad de asegurar la calidad de los resultados. Deben priorizarse como períodos de medición aquellos en los que exista mayor presencia de un determinado contaminante.

Para efectos de la validación de los datos de monitoreo, esta norma considera que toda acción de procesamiento debe tomar en consideración la siguiente información:

- Data original (cruda)
- Cadenas de custodia, en caso de muestreos con sistemas pasivos
- Formatos y bitácora de campo

Es importante considerar estas normativas porque definen la naturaleza de nuestra metodología que está enfocado en contexto con nuestro marco teórico, en la forma como hemos tomado la información en forma mensual, y explican porque no hemos tomado como referencia a los indicadores ECA.

III. MÉTODO

3.1 Tipo de investigación

Este estudio de investigación es de tipo aplicada. Según Bunge (1999) en “Ciencia y desarrollo” considera que es ciencia aplicada “cuando el conocimiento teórico tenga una utilidad práctica” (p.28).

Según Manuel Regalado en “Investigación Científica”, considera: “la investigación aplicada llamada constructiva se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a una determinada situación y a las consecuencias prácticas que de ella deriven” (p 26)

Según Delgado (2010) “La investigación aplicada se emprende para determinar los posibles usos de la investigación básica, o para determinar nuevos métodos o formas de alcanzar objetivos específicos predeterminados”.

Considerando la opinión de estos autores nos es posible afirmar que nuestra investigación es aplicada por cuanto se espera que los resultados de esta investigación sea de utilidad práctica para investigadores sobre el Flujo vehicular y la Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre porque pueden aplicar la metodología sustentada en esta investigación, también será de utilidad práctica para aquellos profesionales como: ingenieros civiles, ingenieros ambientales, ingenieros de transporte y otras carreras profesionales afines.

3.1.1 Diseño de la investigación

El diseño empleado responde a una investigación no experimental, porque el investigador aplica una metodología de manera directa pero no con la intención de modificar los resultados.

Hernández et al. (2014)

“podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional mi variable.” (p.152).

Es de corte transversal

De igual forma es “de corte transversal porque recolectan datos en un momento único. Cuyo objetivo es describir variables, analizar su incidencia y relación en un momento dado.

“Los diseños de investigación transaccional o transversal recolectan datos en un solo momento en un tiempo único [...]. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.” (p.154).

3.1.2 Estrategia de Prueba de Hipótesis

La estrategia que se ha seguido es la siguiente:

1. En primer lugar se definió el número de vehículos en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y en la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho.
2. En segundo lugar se fijó en 5% el nivel de significación a usar en la contratación de las hipótesis.
3. En tercer lugar se definió la hipótesis alternativa y la hipótesis nula de la investigación.
4. A continuación se elaboró una tabla de categorización de vehículos del mes de noviembre y diciembre; así como de los resultados de los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

5. Haciendo uso del software SPSS, se procesó los datos obtenidos mediante el estadístico de Pearson para determinar la relación de la variable independiente Flujo vehicular con sus dimensiones: volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria y su relación con la variable dependiente Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre con sus dimensiones: niveles de concentración de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, a partir del cual se obtuvo resultados estadísticos debidamente presentados en tablas y figuras.

3.2 Ámbito espacial y temporal

3.2.1 Espacial (Geográfica)

La investigación se realizó en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y en la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, el cual se ubica en la Provincia de Lima en el Departamento de Lima; y se ubica al noreste del territorio peruano. Ver Anexo A. Ubicación de los puntos de muestreo.

El sector crítico identificado se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas $77^{\circ}01'46.4198''W$ con $11^{\circ}58'25.7196''S$; la coordenada $76^{\circ}59'01.1862''W$ con $11^{\circ}58'26.9040''S$; la coordenada $76^{\circ}59'02.2564''W$ con $12^{\circ}00'53.2584''S$; $77^{\circ}01'47.5146''W$ con $12^{\circ}00'52.0740''S$, a una altitud de 250m.s.n.m.

La extensión del estudio en la avenida Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) abarca $23,027.05m^2$ con una longitud de 594.14 metros; por otro lado en la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) abarca $11,492.58m^2$ con una longitud de 582.69 metros.

Delimitación

- Por el Norte con la avenida EL Bosque
- Por el Sur en la avenida Alcaparras

- Por el Este con la Institución Educativa Particular San Agustín
- Por el Oeste con la avenida Canto Grande

Tabla 12

Coordenadas geográficas de los 6 puntos de muestreo

ID	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD
1	PEB-SJL-S3	77°00'17.6771"	11°58'29.0928"
2	P-SJL-I2	77°00'19.4914"	11°58'33.1104"
3	PESC-SJL-B1	77°00'23.0754"	11°58'48.5364"
4	LFLA-SJL-B1	77°00'43.2849"	12°00'46.6164"
5	LF-SJL-I2	77°00'43.0410"	12°00'40.4712"
6	LFT-SJL-S3	77°00'41.2909"	12°00'27.3456"

Nota. El ID 1, 2 y 3 corresponde a la avenida Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30), el ID 4, 5 y 6 corresponde a la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho

3.2.2 Temporal

El desarrollo del presente trabajo de investigación fue por un período de un año y un mes (agosto del 2019 hasta setiembre del 2020), desde la búsqueda de la información, gestiones para la adquisición de los muestreadores pasivos, hasta la presentación final del informe de tesis. Con respecto al período de monitoreo será durante dos mes (noviembre – diciembre del 2019).

3.3 Variables

Las variables de esta investigación son Flujo vehicular y Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

Flujo vehicular

Dimensiones:

- Volumen de tránsito.

Indicadores: Números de vehículos por mes

- Velocidad de recorrido

Indicadores: kilómetros por hora

- Intensidad horaria.

Indicadores: Número de vehículos por hora

Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre

Dimensiones:

- Dióxido de nitrógeno.

Indicadores: Niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en microgramos por metro cúbico.

- Dióxido de azufre

Indicadores: Niveles de concentración de dióxido de azufre en microgramos por metro cúbico.

La investigación se realizó en las avenidas Próceres de la Independencia y en la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho

En la siguiente tabla, se presentan las variables dependiente e independiente, así como sus indicadores. Ver Tabla 13.

Tabla 13

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
X = Variable independiente FLUJO VEHICULAR	<p>Sornoza et al. (2018), consideran como metodología para cuantificar el Flujo vehicular lo siguiente: a. El volumen de tránsito: $Q = N/T$ en donde Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (veh/periodo), N: Número total de vehículos que pasan (veh), T: Período determinado (unidad de tiempo).</p> <p>La velocidad de recorrido: $V=d/t$, V: Velocidad (km/h), d: Distancia recorrida, t: Período determinado (unidad de tiempo).</p> <p>La intensidad horaria: $I=n/t$, I: Intensidad horaria (veh/h), n: Número de vehículos, t: Período en horas (unidad de</p>	<p>La información correspondiente a la variable “Flujo vehicular” se recogió mediante la guía de observación y la inspección <i>in situ</i> del volumen de tránsito, velocidad de recorrido y la intensidad horaria en los meses de noviembre</p>	Flujo vehicular	Volumen de tránsito	Escala
				Velocidad de recorrido	Escala
				Intensidad horaria	Escala

	<p>tiempo).</p> <p>En relación al flujo vehicular, (Gasteiz, 2007, como se citó en Rázuri, 2018), considera al Flujo vehicular como:</p> <p>La principal fuente de emisión en los sistemas urbanos, en este estudio, debido que solo se puede inferir en esta fuente, es la única que se ha tenido en específica consideración, los contaminantes derivados de otras fuentes quedan incluidos dentro de la contaminación de fondo de la ciudad.. Los factores de los que dependen estas emisiones son: (1) factores propios del vehículo como la tipología de vehículo, la antigüedad de este, el peso, el combustible que usa o la velocidad a la que circula, (2) factores externos como la del tramo, el tipo de pavimento de la vía por donde circula o la temperatura ambiente y (3) factores personales tales como la forma de conducir o la</p>	<p>y diciembre 2019.</p> <p>En la presente investigación se consideró la velocidad de recorrido, de la cual se van a obtener los datos en campo.</p> <p>Para calcular el número de vehículos a identificar por su velocidad promedio en km/h, se usará la siguiente fórmula planteada en el manual de estudios de ingeniería de tránsito:</p>			
--	---	---	--	--	--

	longitud de los recorridos.	$N = \frac{S^2 K^2 (2 + U^2)}{2 E^2}$			
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Y = Variable Dependiente Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	<p>Hansel et al. (2019), sostienen que: “Entre estos se encuentra el material particulado, gases, humos, los óxidos de nitrógeno producidos por las fábricas, el dióxido de azufre de las centrales termoeléctricas y fábricas, el monóxido de carbono de los tubos de escape de los vehículos en movimiento...”</p> <p>Funcionarios del Ministerio del Ambiente – MINAM (2019), sostienen que: “En el Perú se aplica la NTP</p>	Se mide mediante el muestreo de difusión pasiva de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en microgramos por metro cúbico.	Calidad de aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre	Niveles de concentración de dióxido de nitrógeno	Escala

	<p>900.036:2017. “MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Muestreadores de difusión pasiva para la determinación de la concentración de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales”, la cual se basa en la Norma Europea EN 13528-1-2002. “Calidad de aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales. Por sus características consideran que los muestreadores pasivos únicamente son aplicables a períodos de muestreos semanales o mensuales, no permitiendo la obtención de resultados comparables con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mediante las frecuencias horarias, octohorarias o diarias; y determinan por cada estación y período de medición, debe tomarse como mínimo muestras por triplicado, con la finalidad de</p>				
--	--	--	--	--	--

	asegurar la calidad de los resultados. Deben priorizarse como períodos de medición aquellos en los que exista mayor presencia de un determinado contaminante.				
--	---	--	--	--	--

3.4 Población y muestra

Población: La población de la presente investigación lo conforman avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores donde existen problemas de flujo vehicular que afectan la calidad del aire durante todo el año calendario.

Muestra: La muestra referencial para la presente investigación lo conforman las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, se eligió los meses de noviembre y diciembre de 2019 debido a un mayor incremento del flujo vehicular.

3.5 Instrumentos

3.5.1 Información Geográfica

Carta Digital del Distrito de San Juan de Lurigancho, a escala 1:100,000. (Elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional – IGN – Geoservidor).

Así mismo se utilizó información adicional en formatos shapes de los Geoservidores del:

- Instituto de Estadística e Informática (INEI).
- Ministerio del Ambiente (MINAM).

3.5.2 Materiales de Oficina

- **Libreta de campo:** Permitió registrar los datos obtenidos en campo.
- **USB 16 GB:** Permitió almacenar la información generada.
- **Móvil Samsung Galaxy J7 (Android 6.0.1):** Se utilizó para coordinar vía telefónica las coordinaciones de traslado en campo.

3.5.3 Equipos

- **(01) GPS (Global Positioning System) navegador modelo OREGON 750** : Permitió registrar las coordenadas de posición actual, las cuales debemos trasladar a un mapa para conocer donde se encuentran ubicados en nuestra área de estudio.
- **(01) Computador portátil Toshiba Satellite P755-S5196**: Procesador CORE i7, RAM 6 GB, Disco duro 1TB, tarjeta de video dedicada de 1 GB/ Monitor de 15.6 pulgadas, marca Toshiba. Permitió procesar y generar archivos en digital.
- **(01) Impresora (EPSON L375 C4625)**: Permitió imprimir los documentos generados durante el estudio.
- **(01) Cámara Digital Canon Powershot (COOLPIX 12 megapixeles)**: Permitió registrar fotografías en la etapa de campo.

3.5.4 Software

- **Autocad 2016**: Se realizó para el procesamiento y automatización de la información cartográfica y la información recopilada en campo. Para la elaboración de los croquis de ubicación de las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores, con sus respectivos puntos de conteo de vehículos.
- **ArcGIS 10.2**: Permitió elaborar mapas de isoconcentración de SO₂ y NO₂, y así analizar la representación gráfica de dichos parámetros.
- **AERMOD View 8.9.0 – Model: AERMOD**: Permitió elaborar modelos de dispersión de contaminantes de SO₂ y NO₂, y así analizar la emisión de estos gases en un período de un año.

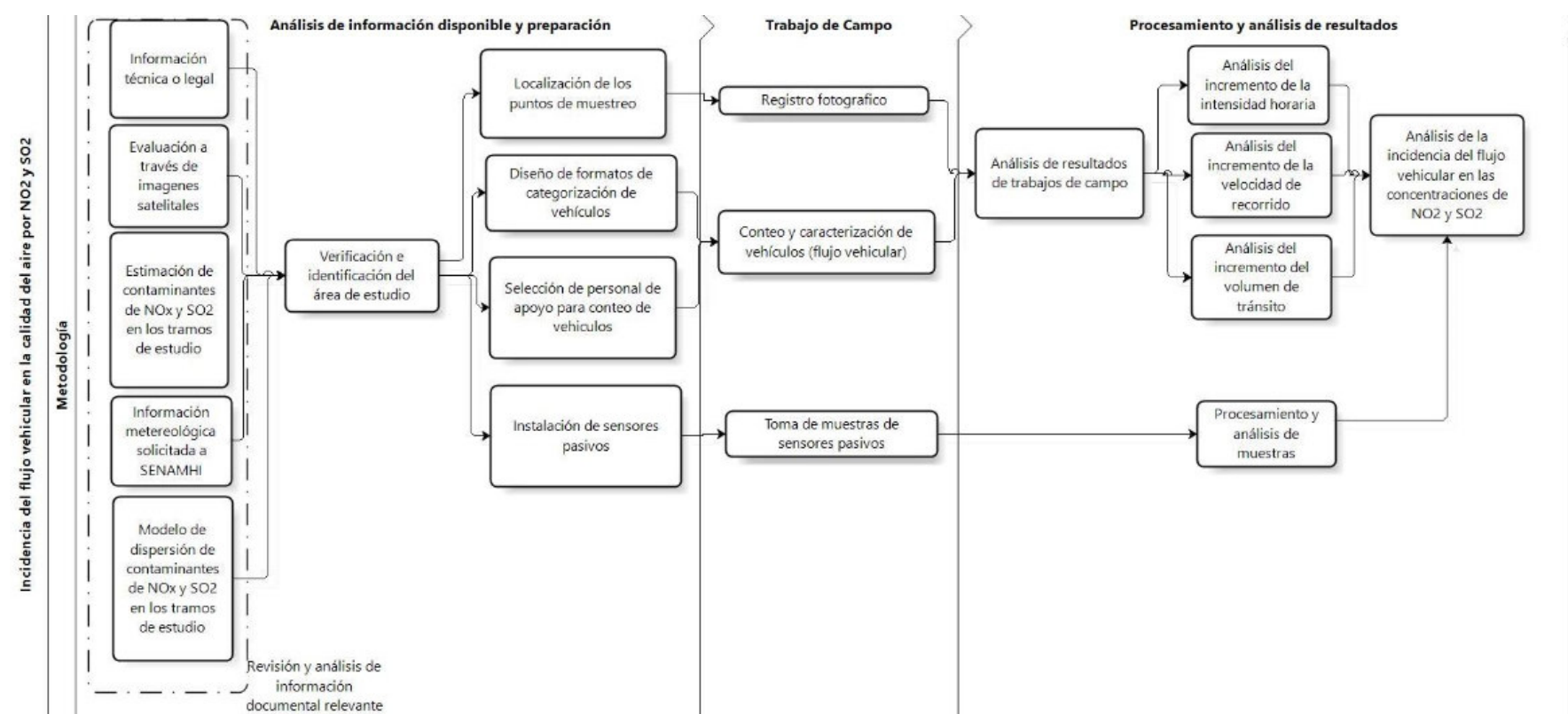
- **WRPLOT View – Freeware 7.0:** Se utilizó el siguiente programa para realizar el comportamiento de los vientos, mediante la representación de Rosa de Vientos, para ello se tomó datos de la dirección y velocidad de vientos de la Estación Meteorológica de San Juan de Lurigancho – SENAMHI, durante el período de muestreo de noviembre y diciembre 2019.
- **Google Earth:** Se utilizó para explorar el relieve del distrito de San Juan de Lurigancho.
- **Microsoft Excel 2013:** Se utilizó el programa para procesar datos, así como realizar los gráficos correspondientes del flujo vehicular que circulan en las plazas y las concentraciones de los parámetros evaluados.
- **Microsoft Word 2013:** Se utilizó para redactar el presente trabajo de investigación.

3.6 Procedimientos

El procedimiento metodológico que se utilizó para la presente investigación consta de 3 fases que fueron las siguientes:

Figura 10

Diagrama de flujo de la metodología



3.6.1 Fase I: Análisis de información disponible y preparación

En esta primera fase se realizaron las siguientes actividades, tal como se muestra en la Figura 10:

- Se recopiló y analizó la información técnica y legal sobre incidencia del flujo vehicular y métodos para medir las concentraciones de NO₂ y SO₂.
- Se evaluó las imágenes satelitales mediante el software ARGIS para representar gráficamente la ubicación de los puntos de muestro para medir las concentraciones de NO₂ y SO₂. (Ver “Anexo Q: Plano de ubicación de los puntos de muestreo”).
- Se analizó la metodología para la estimación de NO_x y SO₂ en los tramos en estudio. (Ver “Anexo N: Formato utilizado para estimación de contaminantes de NO_x y SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)”) y (Ver “Anexo O: Formato utilizado para estimación de contaminantes de NO_x y SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)”).
- Se evaluó información solicitada a SENAMHI. (Ver “Anexo P: Información metereológica solicitada a SENAMHI: archivo tipo SAMSON”).
- Se analizó la metodología para el modelo de dispersión de contaminantes de NO_x y SO₂ en los tramos en estudio. (Ver “Anexo R: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)”), (Ver “Anexo S: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)”), (Ver “Anexo T: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28

a 30)) y (Ver “Anexo U: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)”).

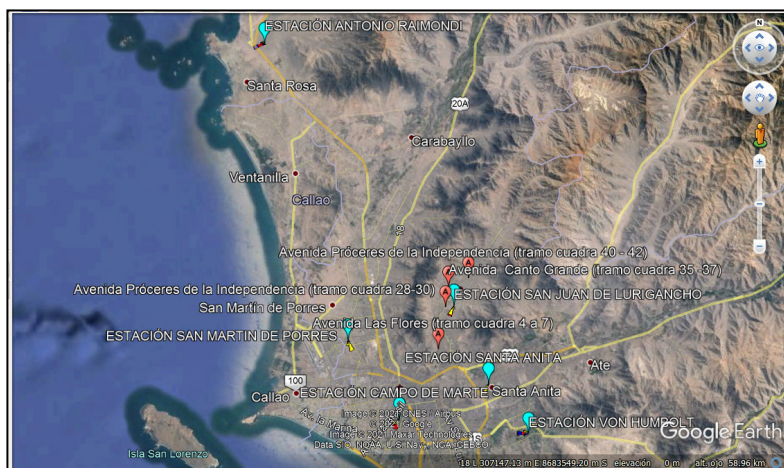
Verificación e identificación del área de estudio.

Se identificaron las avenidas Próceres de Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7), para ello se planificó y realizó un diagnóstico para la elección de los puntos de muestreo. A continuación, se muestra una lista de sitios candidatos para realizar la presente investigación:

- Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)
- Avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)
- Avenida Canto Grande (tramo cuadra 35 -37)
- Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 40 - 42)

Figura 11

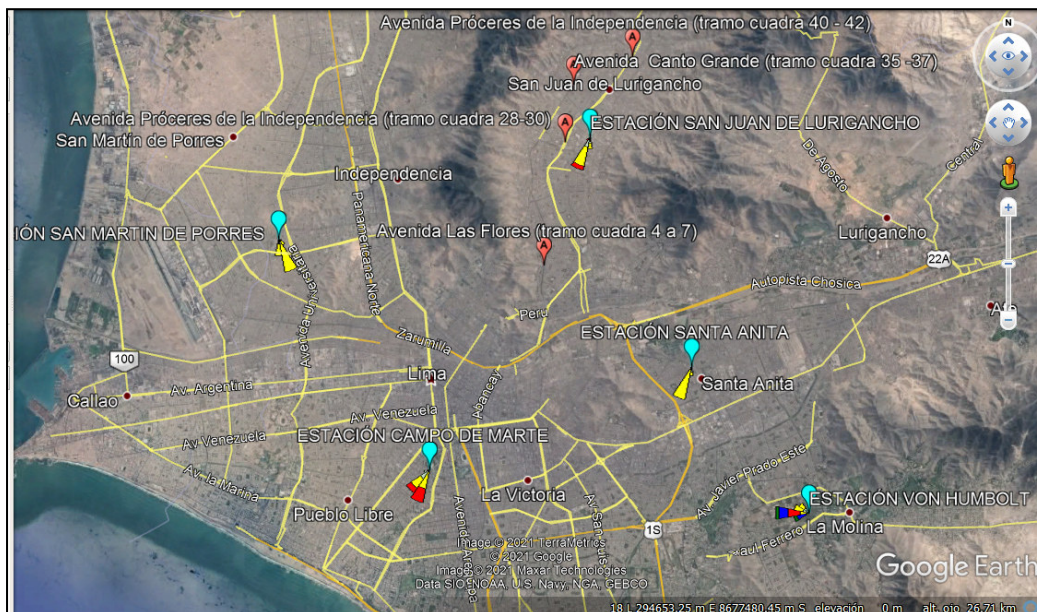
Ubicación de los 4 sitios seleccionados (en rojo) y las 6 estaciones meteorológicas



Nota. La figura 11 fue tomada en la fase de análisis de la información disponible y su preparación noviembre 2019.

Figura 12

Ubicación de los 4 sitios seleccionados (en rojo) y las 5 estaciones meteorológicas



Nota. La figura 12 fue tomada en la fase de análisis de la información disponible y su preparación. noviembre 2019.

La información meteorológica fue suministrada por el SENAMHI está contenía datos de 1 estación, ubicada en la Universidad Cesar Vallejo sede San Juan de Lurigancho. Los archivos fueron suministrados en forma de bloc de notas, contenían variables como Rainfall, Windspeed, Pressure, Direction, Air Temperature, Humidity, Solarimeter. Estas estaciones miden las variables meteorológicas mensualmente cada hora, como esta fue del año 2018, recibimos información de la estación San Juan de Lurigancho.

Los datos de la estación ubicada en las demás estaciones fueron descartados por su lejanía al área de estudio. A continuación, se muestra el orden seleccionado lugar-meteorología:

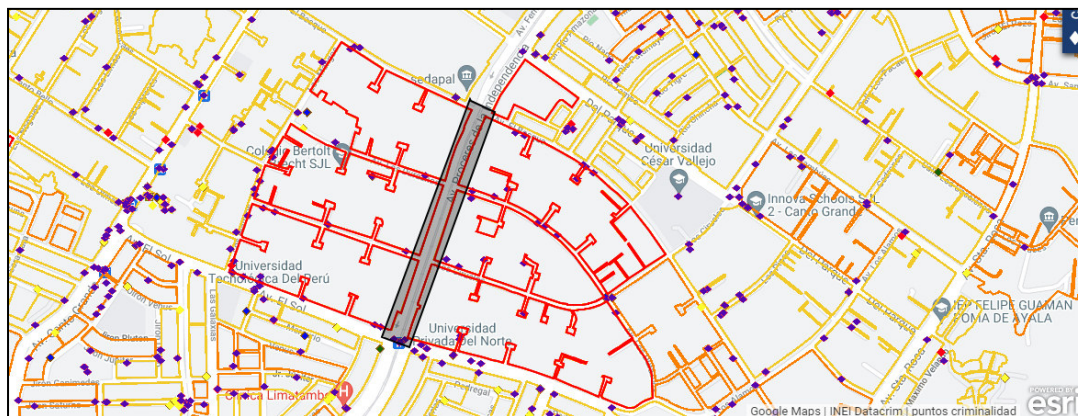
- Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) (Estación San Juan de Lurigancho)
- Avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7) (Estación San Juan de Lurigancho)

Al finalizar el procesamiento se obtuvo como resultado una de las variables principales para poder correr las modelaciones, esta fue la altura de capa de mezcla.

Del sitio web DATA CRIM – Sistema Integrado de Estadísticas de la Criminalidad y Seguridad Ciudadana en línea, se tomó el mapa de seguridad de San Juan de Lurigancho, presentado en la Figura 13 y 14. Tabla 14.

Figura 13

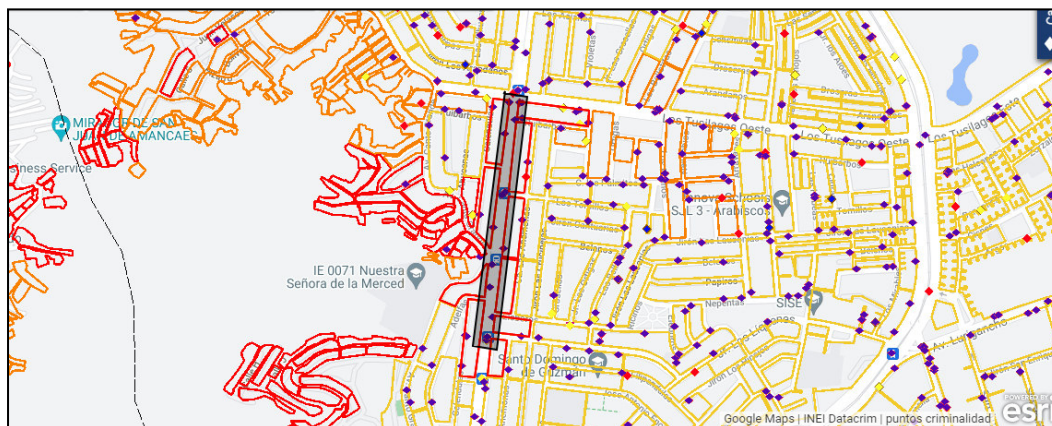
Fotografía de seguridad medio bajo en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)



Nota. La figura 13 fue tomada en la fase de análisis de la información disponible y su preparación noviembre 2019

Figura 14

Fotografía de seguridad medio bajo en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)



Nota. La figura 14 fue tomada en la fase de análisis de la información disponible y su preparación noviembre 2019.

Tabla 14

Criterios para selección de áreas de estudio de investigación

Factores	Principales tramos de vías principales de mayor flujo vehicular			
	Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)	Avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)	Avenida Canto Grande (tramo cuadra 35 -37)	Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 40 - 42)
Mediciones Previas	1	1	0	0
Seguridad	5	5	1	1
Influencia de otras fuentes	1	1	1	1
Accesibilidad	5	5	2	1
Barreras y obstáculos	2	1	1	2
Suma	14	13	5	5

Esta tabla 14 se muestra la valoración de los diferentes criterios considerados en esta investigación para seleccionar las áreas de estudio de investigación donde la ubicación Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) con 14 puntos y Avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7) con 13 puntos.

Localización de los puntos de muestreo

Se determinó la cantidad de puntos de muestreo, donde se designó tres puntos por cada avenida elegida, utilizando el método no probabilístico por conveniencia de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 900.036:2017.

Para la ubicación de los puntos de muestreo, se consideraron los siguientes criterios:

- Acceso al punto de muestreo dentro de la avenida.
- La dirección del viento.
- Libre de obstáculos.

• Toma de coordenadas mediante GPS

Se tomaron las coordenadas de ubicación de cada punto de muestreo mediante un GPS y fueron registradas en una libreta de campo. Según la Figura 15 que se muestra a continuación.

Figura 15

Toma de coordenadas de ubicación de cada punto de muestreo mediante un GPS

**Diseño de formatos de categorización de vehículos**

Para cuantificar el número de vehículos que circulan por cada avenida, se realizó un **estudio observacional** del desplazamiento vehicular, para ello se estableció 2 puntos en cada avenida, de manera que no se repitan dos veces, el paso de los vehículos por un mismo punto.

Se registró el número de vehículos (entre pesados, livianos y menores), con ayuda de un formato diseñado por el método de palotes. (Ver “Anexo F: Formato utilizado para realizar el conteo de vehículos”).

Las características de los vehículos considerados fueron:

1. **Vehículos livianos:** Automóvil (particular), Station Wagon (taxis), Pick up (cuatro por cuatro), Camioneta rural (combis), Camioneta Panel (carga ligera) y Microbús.
2. **Vehículos pesados:** Camión Remolcador (tráiler), ómnibus y Camión (carga pesada)
3. **Vehículos menores:** Motos lineales, Moto taxi y trimotos de carga.

Selección del personal para el conteo de vehículos

Se cuantificó el número de vehículos (según su categoría) que circulan por cada avenida (en los puntos de conteo establecidos), veintiocho días por mes, durante 2 meses, con la ayuda de dos colaboradores por cada punto de conteo. pesados, livianos y menores), con ayuda de un formato diseñado por el método de palotes. (Ver “Anexo F: Formato utilizado para realizar el conteo de vehículos”).

El conteo se realizó de 6:00 a.m.– 22:00 p.m durante todos los días de la semana de manera continua.

Instalación de sensores pasivos

- **Adquisición de materiales de muestreo**

Se gestionó la adquisición de los materiales de muestreo (12 filtros de difusión pasiva para NO₂ y SO₂) y 1 filtro como blanco de campo, además de 6 porta filtros pasivos de la empresa Klepel Consulting SAC (empresa consultora habilitada para realizar Estudios de Impacto Ambiental). (Ver “Anexo G: Recibiendo los materiales (Tubos Pasivos de NO₂ y SO₂)”).

- **Gestión de Permisos para Muestreo**

Se gestionó el permiso al Alcalde de la Municipalidad Metropolitana de Lima, el Sr. Alex Gonzales Castillo, para instalar los muestreadores pasivos en los postes de alumbrado público dentro de las avenidas establecidas en el Cercado de Lima. (Ver “Anexo H: Documento de permiso a la municipalidad de san juan de lurigancho para instalar los muestreadores pasivos”).

- **Adquisición de materiales para instalación de muestreadores**

Se realizó la adquisición de materiales para la instalación de los muestreadores (Cintilla de plástico, escalera entre otros). Ver Figura 16.

Figura 16

Escalera de madera



- **Alquiler de vehículo para traslado**

Se realizó el alquiler de una camioneta panel Honda para el traslado de los materiales (escalera, cintilla, wincha, cámara y otros) y colaboradores para la instalación de los porta filtros pasivos en los puntos establecidos en cada avenida. Ver Figura 17.

Figura 17

Camioneta Panel Honda



- **Instalación de sensores pasivos**

Se prepararon los portafiltros, colocando en su interior 1 filtro combi de difusión pasiva para NO_2 y SO_2 , con el fin de hallar una concentración media de los resultados por cada punto que se realizó. Ver Figura 18.

Figura 18

Filtro pasivo Combi para SO₂ y NO₂ instalado en el Portafiltros



- **Llenado de cadenas de custodia**

Se instaló los porta filtros pasivos a una altura de 3m, en los postes de alumbrado público, en los puntos establecidos de cada una de las avenidas, llenando la hoja de custodia respectiva por cada mes, en el cual se anotó la hora, la fecha inicial, el código Passam y el lugar de muestreo a través de un código designado a cada punto de muestreo. (Ver Anexo K - L).

- **Retiro de los sensores pasivos**

Se procedió a retirar los porta filtros pasivos después de un período de un mes aproximadamente, para lo cual se utilizó la camioneta panel en el traslado de materiales y el equipo de investigación (tesista y colaboradores).

Después de retirar todos los equipos muestreadores (portafiltros y filtros de difusión pasiva), se procedió a separar los filtros combi de NO₂ y SO₂ en una caja correspondiente, trasladándolo a la empresa Klepel Consulting SAC para su envío al laboratorio Passam AG de Suiza para su posterior análisis.

3.6.2 Fase II: Trabajo de Campo

En esta segunda fase se realizaron las siguientes actividades, tal como se muestra en la Figura 10:

- Se realizó el registro fotográfico, tal como se muestra en la Figura 11 – 19.
- Se recopiló información de campo, siguiendo los procedimientos establecidos.
- Se realizó la toma de muestras de sensores pasivos.

3.6.3 Fase III: Procesamiento y análisis de resultados

En esta tercera fase se realizaron las siguientes actividades, tal como se muestra en la Figura 10:

- Se analizó la información levantada en campo y el informe de laboratorio.
- Se aplicaron técnicas de georreferenciación.

- Se revisó la compatibilidad de la información de la etapa preliminar con la de campo, es decir, se analizó el incremento del flujo vehicular (volumen de tránsito, velocidad de recorrido, intensidad horaria) y las concentraciones de SO₂ y NO₂ en cada avenida.
- Se realizó una comparación mediante gráficos para observar la diferencia y relación entre la cantidad del flujo vehicular (volumen de tránsito, velocidad de recorrido, intensidad horaria) y el resultado de las concentraciones obtenidas en cada avenida.
- Se analizó la incidencia del flujo vehicular en las concentraciones de NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre y diciembre del 2019.
- Se formuló el informe de la investigación.
- Se realizó el informe final de la investigación.

3.7 Análisis de datos

Sornoza et al. (2018) consideran como metodología para cuantificar el flujo vehicular lo siguiente:

El volumen de tránsito: $Q = N/T$ en donde Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo (veh/periodo), N: Número total de vehículos que pasan (veh), T: Período determinado (unidad de tiempo).

La velocidad de recorrido: $V=d/t$, V: Velocidad (km/h), d: Distancia recorrida, t: Período determinado (unidad de tiempo).

La intensidad horaria: $I=n/t$, I: Intensidad horaria (veh/h), n: Número de vehículos, t: Período en horas (unidad de tiempo).

Se consideró la velocidad de recorrido, de la cual se van a obtener los datos en campo.

Para calcular el tamaño de la muestra, se usará la siguiente fórmula planteada en el manual de estudios de ingeniería de tránsito:

$$N = \frac{S^2 K^2 (2 + U^2)}{2E^2}$$

Donde:

N = tamaño de la muestra.

S = desviación estándar estimada para el muestreo.

K = constante correspondiente para el nivel de confianza deseado.

E = error permitido en el estimado de la velocidad (KPH)

U = constante correspondiente a la estadística de velocidad deseada; para velocidad media, use 0.00; para el 15 o 85 percentil, use 1.04; para el 5 o 95 percentil, use 1.64.

En el análisis de datos se realizó mediante la prueba estadística paramétrica de correlación de PEARSON para determinar la relación entre la variable flujo vehicular y la calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre con un nivel de confiabilidad de 0.05.

Para el procesamiento de los datos se elaboró inicialmente en el software de Microsoft Office 2013 una hoja de cálculos Excel; luego para el análisis predictivo se usó el estadístico SPSS Statistics versión 24.

3.7.1 Descripción del área de estudio

3.7.1.1 Ubicación política y geográfica

La presente investigación se realizó en el distrito de San Juan de Lurigancho, que se encuentra ubicado políticamente en la región Lima, provincia de Lima.

El área de estudio específicamente comprende las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7), en donde se realizó la evaluación de la calidad del aire mediante el método de difusión pasiva para determinar la concentración de NO₂ y SO₂. Ver Tabla 15. Ver “Anexo Q: Plano de ubicación de los puntos de muestreo”.

Tabla 15

Ubicación de los Puntos de Muestreo Pasivo

N° de Punto	Ubicación
01	Avenida Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30)
02	Avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7)

3.7.1.2 Datos generales del distrito de San Juan de Lurigancho

- **Dispositivo de Creación:** Ley N° 16382
- **Fecha de Creación** : 13/01/1967
- **Altura (m.s.n.m)** : 2,240 msnm

- **Superficie** : 131.25 km²
- **Densidad Poblacional** : 8314.69 hab. /km²
- **Población** : 1,091,303 habitantes

En la actualidad San Juan de Lurigancho, cuenta con una población de 1, 901,303 habitantes, tal como señala el INEI, en su página web institucional. Es pertinente señalar, que, de acuerdo a la misma fuente, la población de dicho distrito ha venido incrementando constantemente, tal como puede observarse en el siguiente cuadro. Ver Tabla 16 y Figura 19.

Tabla 16

Población del distrito de San Juan de Lurigancho por año

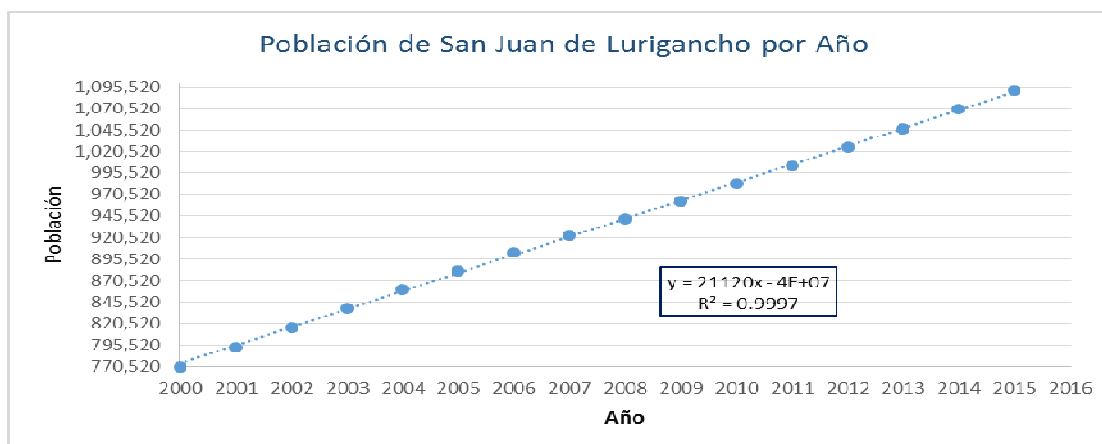
Año	Población
2000	770,525
2001	793,236
2002	815,777
2003	838,088
2004	860,107
2005	881,769
2006	902,687
2007	922,833
2008	942,618
2009	962,554
2010	983,095
2011	1,004,339
2012	1,025,930
2013	1,047,726
2014	1,069,566
2015	1,091,303

Nota. La Tabla 16 representa el incremento de la población del Distrito de San Juan de Lurigancho desde el año 2000 hasta 2015. Referido de Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.). *Población 2000 al 2015.*

Recuperado el 19 de agosto de 2019 de <https://proyectos.eni.gob.pe/web/poblacion/>

Figura 19

Población del distrito de San Juan de Lurigancho por año



Áreas Verdes de San Juan de Lurigancho: según el Instituto Nacional de Estadística e Informática – Registro Nacional de Municipalidades, el Cercado de Lima tiene 657 001 m² de áreas verdes. Ver Tabla 17.

Tabla 17

Áreas verdes en espacios públicos

Distrito	Tipo de Área (m ²)						Total
	Plazas	Parques	Parques zonales y zoológicos	Jardines y óvalos	Bermas	Alamedas	
San Juan de Lurigancho	775, 474	16, 409, 612	1, 681, 445	1, 909, 117	8, 615, 168	937, 595	30, 328, 411

Nota. La Tabla 17 representa las áreas verdes en espacios públicos. Referido de Instituto Nacional de Estadística e Informática – Registro Nacional de Municipalidades, 2018. Recuperado el 16 de agosto de 2019 de <https://www.inei.gob.pe/buscador/?tbusqueda=areas+verdes>

3.7.1.3 Límites del distrito San Juan de Lurigancho

Por el Este: la margen derecha del río Rímac y la divisoria de los cerros Pedreros y Campoy.

Por el Norte: La cadena de cerros de Canto Grande hasta la cumbre de los cerros Mata Caballo Grande, Mata Caballo Chico, y Mangomarca hasta la quebrada de Vizcachera, en el Límite de la Hacienda de Campoy con la Hacienda Pedreros.

Por el Oeste: La cadena de cerros de Amancaes hasta la divisoria de los cerros de Canto Grande.

Por el Sur: Con el distrito del Rímac, en la zona de Piedra Liza y la divisoria del cerro de San Cristóbal y el río Rímac.

3.8 Consideraciones éticas

Tal como se indicó anteriormente, la toma muestral fue realizada en los meses de noviembre y diciembre del año 2019 con sumo cuidado para no alterar la representatividad de los datos; así como también, el análisis de ellas en el laboratorio fue efectuado minuciosamente por el investigador, bajo la supervisión del jefe encargado.

Por otro lado, cabe mencionar que la información secundaria fue citada debidamente, respetando los derechos de autor de las investigaciones consideradas, bajo la aplicación de las Normas APA vigentes.

IV. RESULTADOS

4.1. Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho - Noviembre y Diciembre 2019

Mediante el conteo in situ, los días 1-28 de noviembre del 2019 se ha podido establecer que el volumen de tránsito en la Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) entre las 6:00 a.m. a 22:00 p.m.; ubicando dos puntos de conteo. Se observó que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (33%) y station wagon (23%). Se registraron 925051 vehículos. Ver Tabla 18 y Figura 20.

Tabla 18

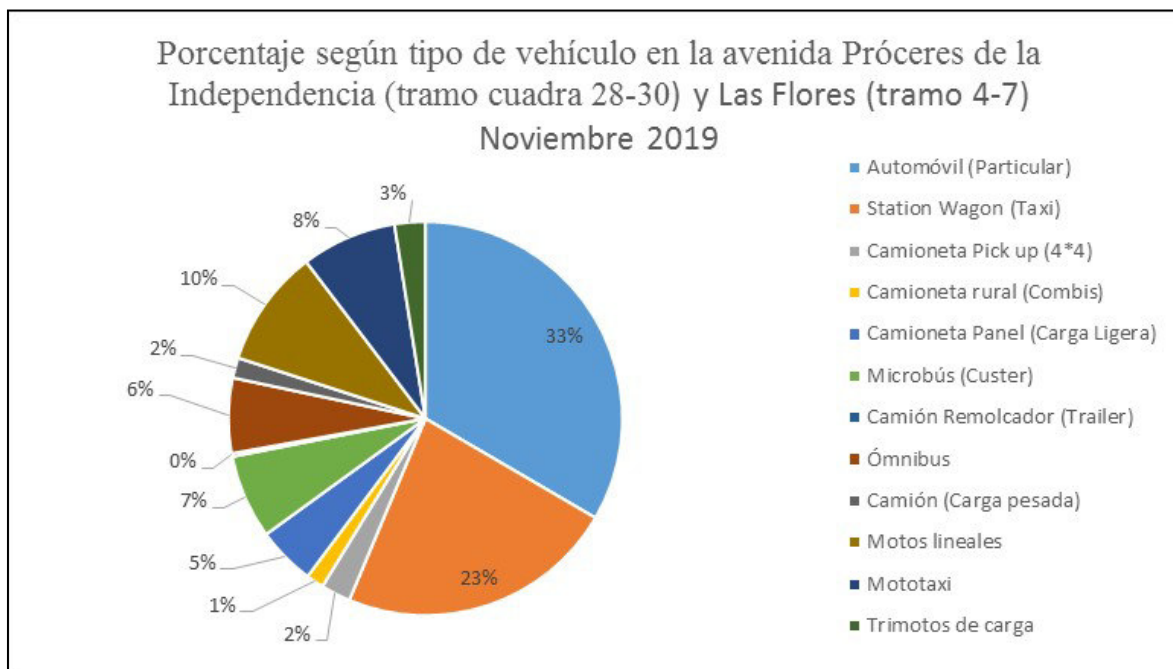
Volumen de tránsito en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) - Noviembre 2019

Vehículo	Distribución de Vehículos Noviembre 2019	Porcentaje (%)
Automóvil (Particular)	309087	33.41
Station Wagon (Taxi)	211916	22.91
Camioneta Pick Up (4*4)	22604	2.44
Camioneta Rural (Combis)	13324	1.44
Camioneta Panel (Carga Ligera)	44293	4.79
Microbús (Custer)	63877	6.91
Camión Remolcador (Trailer)	2486	0.27
Ómnibus	56981	6.16
Camión (Carga pesada)	15393	1.66
Motos lineales	89434	9.67
Moto taxi	72389	7.83
Trimotos de carga	23267	2.52
TOTAL	925051	100

Nota. En la Tabla 18 se puede manifestar que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (33%), station wagon (23%), motos lineales (10%), mototaxi (8%), microbús (7%) y ómnibus (6%).

Figura 20

Porcentaje según tipo de vehículo en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) - Noviembre 2019



Nota. En la Figura 20 se puede inferir que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (33%), station wagon (23%), motos lineales (10%), mototaxi (8%), microbús (7%) y ómnibus (6%).

El volumen de tránsito en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) se determinó mediante el conteo in situ, los días 1-28 de diciembre del 2019, en los turnos mañana de 6:00 a.m. a 22:00 p.m.; ubicando dos puntos de conteo. Se observó que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (31%), station wagon (28%). Se reportaron 951443 vehículos. Ver Tabla 19 y Figura 21.

Tabla 19

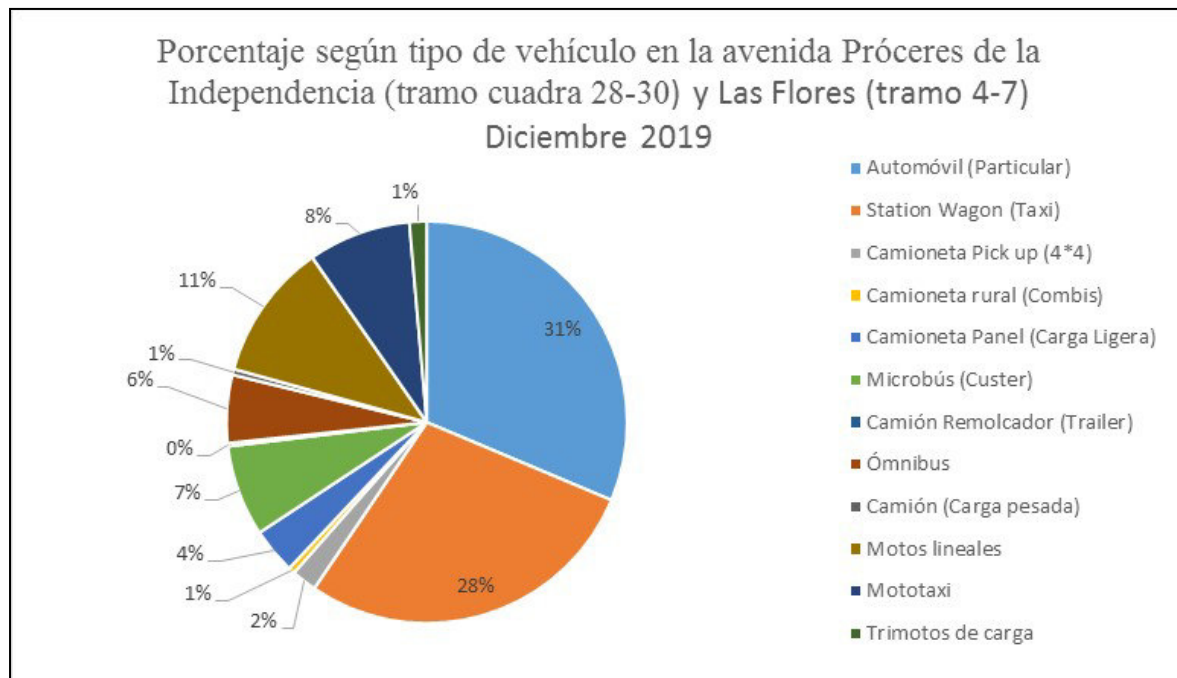
Volumen de tránsito en la avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) - Diciembre 2019

Vehículo	Distribución de Vehículos Diciembre 2019	Porcentaje (%)
Automóvil (Particular)	298150	32.23
Station Wagon (Taxi)	268000	28.97
Camioneta Pick Up (4*4)	19322	2.09
Camioneta Rural (Combis)	5004	0.54
Camioneta Panel (Carga Ligera)	35085	3.79
Microbús (Custer)	69798	7.55
Camión Remolcador (Trailer)	2537	0.27
Ómnibus	51859	5.61
Camión (Carga pesada)	4512	0.49
Motos lineales	105001	11.35
Moto taxi	78879	8.53
Trimotos de carga	13296	1.44
TOTAL	951443	100

Nota. En la Tabla 19 se puede observar que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (31%), station wagon (28%), motos lineales (11%), mototaxi (8%), microbús (7%) y ómnibus (6%).

Figura 21

Porcentaje según tipo de vehículo en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) - Diciembre 2019



Nota. En la Figura 21 se puede observar que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son automóvil (31%), station wagon (28%), motos lineales (11%), mototaxi (8%), microbús (7%) y ómnibus (6%).

4.1.1. Contrastación de hipótesis

En relación a la hipótesis secundaria HS1, se ha podido establecer que el Volumen de tránsito se relaciona con la Calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019 por las siguientes consideraciones:

El Volumen de tránsito esta relacionado con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en los meses de noviembre 2019. debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es menor a 0.05; que corresponde a una correlación moderada de 61.4%. La tabla 16 demuestra los resultados.

Tabla 20

Relación entre volumen de tránsito y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en noviembre 2019

		Volumen de tránsito	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Volumen de tránsito	Correlación de Pearson	1	,614
	Sig. (bilateral)		,043
	N	5	5
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,614	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	5	5

Nota. En la tabla 20 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de noviembre 2019.

El Volumen de tránsito esta relacionado con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019. debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es menor a 0.05; que corresponde a una correlación alta de 82.6%.

Tabla 21

Relación entre volumen de tránsito y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en diciembre 2019

		Volumen de tránsito	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Volumen de tránsito	Correlación de Pearson	1	,826*
	Sig. (bilateral)		,043
	N	6	6
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,826*	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	6	6

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Nota. En la tabla 21 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de noviembre 2019.

Los resultados del conteo vehicular fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos para la investigación, concluyendo que en diciembre 2019 existe un incremento de volumen de tránsito con 951443 vehículos superior a noviembre 2019 con 925051 vehículos.

4.2. Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho - Noviembre y Diciembre 2019

Los resultados de la velocidad de recorrido fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos para la investigación.

Se consideró una distancia de 22.34m para la velocidad de recorrido en la Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) en el mes de noviembre 2019, que es lo correspondiente a una sección del tramo de la vía. En este estudio la vía mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen mayor dificultad para transitar. Ver Tabla 22.

Velocidad de recorrido promedio = 20.32 km/h

Se consideró una distancia de 45.31m para la velocidad de recorrido en la Avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) en el mes de noviembre 2019, que es lo correspondiente a una sección del tramo de la vía. En este estudio la vía mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen mayor dificultad para transitar. Ver Tabla 23.

Velocidad de recorrido promedio = 38.91 km/h

Tabla 22

Velocidades de recorrido en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)

Noviembre 2019

FORMATO DE VELOCIDADES							
VÍA		Av. Próceres de la independencia (tramo cuadra 28-30)		SENTIDO	Único	FECHA:	Noviembre 2019
DISTANCIA (m)				22.34			
Nº	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo	Nº	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo
1	4.91	26.15	Camión (Carga pesada)	36	7.43	17.28	Camioneta Panel (Carga Ligera)
2	6.47	19.85	Station Wagon (Taxi)	37	5.93	21.65	Automóvil (Particular)
3	8.09	15.87	Camioneta rural (Combis)	38	4.66	27.56	Station Wagon (Taxi)
4	8.34	15.4	Automóvil (Particular)	39	5.13	25.03	Station Wagon (Taxi)
5	5.44	23.61	Station Wagon (Taxi)	40	5.38	23.87	Automóvil (Particular)
6	4.09	31.4	Automóvil (Particular)	41	6.59	19.49	Microbús (Custer)
7	4.59	27.98	Automóvil (Particular)	42	6.66	19.28	Automóvil (Particular)
8	5.59	22.97	Automóvil (Particular)	43	6.41	20.03	Station Wagon (Taxi)
9	5.72	22.45	Station Wagon (Taxi)	44	7.81	16.44	Camioneta Panel (Carga Ligera)
10	8.6	14.93	Camioneta rural (Combis)	45	7.04	18.24	Microbús (Custer)
11	5.53	23.22	Automóvil (Particular)	46	6.25	20.55	Station Wagon (Taxi)
12	6.6	19.46	Station Wagon (Taxi)	47	7.93	16.19	Microbús (Custer)
13	6.5	19.76	Station Wagon (Taxi)	48	5.81	22.1	Automóvil (Particular)
14	7.87	16.44	Camioneta rural (Combis)	49	6.44	19.94	Microbús (Custer)
15	7.81	16.44	Camioneta rural (Combis)	50	7.81	16.44	Camioneta rural (Combis)
16	8.97	14.32	Camioneta Pick up (4*4)	51	7.12	18.04	Station Wagon (Taxi)
17	7.66	16.76	Camioneta Panel (Carga Ligera)	52	6.47	19.85	Camión Remolcador (Trailer)
18	6.13	20.95	Camioneta rural (Combis)	53	6.59	19.49	Camioneta rural (Combis)
19	4.84	26.53	Automóvil (Particular)	54	4.53	28.35	Automóvil (Particular)
20	4.97	25.84	Station Wagon (Taxi)	55	4.94	25.99	Motos lineales
21	5.97	21.51	Automóvil (Particular)	56	5.31	24.18	Automóvil (Particular)
22	8.28	15.51	Ómnibus	57	6.53	19.66	Station Wagon (Taxi)
23	4.81	26.7	Camioneta Panel (Carga Ligera)	58	9.85	13.04	Mototaxi
24	6.72	19.11	Camioneta Panel (Carga Ligera)	59	6.84	18.77	Station Wagon (Taxi)
25	6.88	18.66	Station Wagon (Taxi)	60	6.72	19.11	Camioneta rural (Combis)
26	6.28	20.45	Camioneta rural (Combis)	61	7.75	16.57	Camioneta rural (Combis)
27	5.75	22.33	Motos lineales	62	5.69	22.57	Microbús (Custer)
28	9.5	13.52	Microbús (Custer)	63	5.5	23.35	Station Wagon (Taxi)
29	5.41	23.74	Automóvil (Particular)	64	6.35	20.22	Station Wagon (Taxi)
30	7.06	18.19	Station Wagon (Taxi)	65	6.69	19.19	Camioneta rural (Combis)
31	5.66	22.69	Station Wagon (Taxi)	66	9.85	13.04	Trimotos de carga
32	6.12	20.98	Station Wagon (Taxi)	67	5.21	24.65	Microbús (Custer)
33	5.72	22.45	Camioneta rural (Combis)	68	7.94	16.17	Camioneta rural (Combis)
34	5.87	21.88	Station Wagon (Taxi)	69	6.38	20.13	Station Wagon (Taxi)
35	9.28	13.84	Camión (Carga pesada)	70	9.35	13.73	Camioneta rural (Combis)

Nota. En la Tabla 22 se puede observar que la velocidad de recorrido es muy uniforme entre los tipos de vehículos.

Tabla 23

Velocidades de recorrido en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019

FORMATO DE VELOCIDADES							
VÍA	Av. Las Flores (tramo cuadra 4-7)			SENTIDO	Único	FECHA:	Noviembre 2019
DISTANCIA (m)				45.31			
N°	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo	N°	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo
1	4.36	28.9	Microbús (Custer)	36	3.18	39.62	Automóvil (Particular)
2	3.87	32.56	Station Wagon (Taxi)	37	2.88	43.75	Station Wagon (Taxi)
3	3.56	35.39	Automóvil (Particular)	38	5.91	19.49	Mototaxi
4	2.89	43.6	Camioneta Panel (Carga Ligera)	39	3.5	36	Station Wagon (Taxi)
5	3.56	35.39	Microbús (Custer)	40	3.97	31.74	Microbús (Custer)
6	3.08	40.91	Station Wagon (Taxi)	41	5.37	16.19	Trimotos de carga
7	2.73	46.15	Motos lineales	42	2.84	44.37	Station Wagon (Taxi)
8	2.89	43.6	Motos lineales	43	3.41	36.95	Microbús (Custer)
9	3.2	39.38	Camioneta Pick up (4*4)	44	3.47	36.31	Automóvil (Particular)
10	3.9	32.31	Microbús (Custer)	45	3.87	32.56	Automóvil (Particular)
11	3.75	33.6	Station Wagon (Taxi)	46	2.75	45.82	Station Wagon (Taxi)
12	3.77	33.42	Microbús (Custer)	47	5.1	16.44	Mototaxi
13	3.41	36.95	Camión (Carga Pesada)	48	3.07	41.04	Station Wagon (Taxi)
14	3.07	41.04	Automóvil (Particular)	49	3.88	32.47	Camioneta Pick up (4*4)
15	3.21	39.25	Camioneta Pick up (4*4)	50	3.65	34.52	Automóvil (Particular)
16	2.89	43.6	Motos lineales	51	3.53	35.69	Microbús (Custer)
17	3.07	41.04	Automóvil (Particular)	52	2.97	42.42	Station Wagon (Taxi)
18	3.58	35.2	Microbús (Custer)	53	2.96	42.57	Automóvil (Particular)
19	3.41	36.95	Station Wagon (Taxi)	54	2.35	53.62	Motos lineales
20	3.67	34.33	Microbús (Custer)	55	3.15	40	Station Wagon (Taxi)
21	3.14	40.13	Automóvil (Particular)	56	2.31	54.55	Motos lineales
22	2.85	44.21	Automóvil (Particular)	57	3.72	33.87	Microbús (Custer)
23	2.69	46.84	Station Wagon (Taxi)	58	2.66	47.37	Automóvil (Particular)
24	3.3	38.18	Camioneta Pick up (4*4)	59	2.73	46.15	Station Wagon (Taxi)
25	2.41	52.28	Camión Remolcador (Trailer)	60	3.25	38.77	Microbús (Custer)
26	3.1	40.65	Ómnibus	61	3.19	39.5	Camioneta Pick up (4*4)
27	3.32	37.95	Microbús (Custer)	62	3.62	34.81	Microbús (Custer)
28	2.72	46.32	Automóvil (Particular)	63	2.65	47.55	Station Wagon (Taxi)
29	3.09	40.78	Automóvil (Particular)	64	2.68	47.01	Automóvil (Particular)
30	3.28	38.41	Microbús (Custer)	65	3.2	39.38	Automóvil (Particular)
31	2.94	42.86	Camión (Carga pesada)	66	3.19	39.5	Station Wagon (Taxi)
32	2.81	44.84	Motos lineales	67	3.16	39.87	Station Wagon (Taxi)
33	2.87	43.9	Camioneta Pick up (4*4)	68	3.25	38.77	Camioneta Pick up (4*4)
34	3.06	41.18	Automóvil (Particular)	69	6.7	16.44	Trimotos de carga
35	2.61	48.28	Station Wagon (Taxi)	70	3.28	38.41	Microbús (Custer)

Nota. En la Tabla 23 se puede observar que la velocidad de recorrido es muy uniforme entre los tipos de vehículos.

Se consideró una distancia de 22.34m para la velocidad de recorrido en la Avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) en el mes de diciembre 2019, que es lo correspondiente a una sección del tramo de la vía. En este estudio la vía mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen mayor dificultad para transitar. Ver Tabla 24.

Velocidad de recorrido promedio = 16.30 km/h

Se consideró una distancia de 45.31 m para la velocidad de recorrido en la Avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) en el mes de diciembre 2019, que es lo correspondiente a una sección del tramo de la vía. En este estudio la vía mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen mayor dificultad para transitar. Ver Tabla 25.

Velocidad de recorrido promedio = 28.98 km/h

Tabla 24

Velocidades de recorrido del mes de diciembre 2019 en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)

FORMATO DE VELOCIDADES							
VÍA		Av. Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30)		SENTIDO	Único	FECHA:	Diciembre 2019
DISTANCIA (m)				22.34			
Nº	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo	Nº	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo
1	7.59	20.33	Station Wagon (Taxi)	36	6.06	25.46	Motos lineales
2	16.03	9.63	Camioneta rural (Combis)	37	9	17.14	Camioneta rural (Combis)
3	9.47	16.29	Station Wagon (Taxi)	38	9.91	15.57	Camioneta rural (Combis)
4	14.56	10.6	Camioneta Pick up (4*4)	39	9.81	15.73	Automóvil (Particular)
5	8.65	17.84	Station Wagon (Taxi)	40	11.5	13.42	Station Wagon (Taxi)
6	9.93	15.54	Camioneta rural (Combis)	41	7.69	20.06	Camioneta rural (Combis)
7	8.69	17.76	Camioneta rural (Combis)	42	6.38	24.18	Automóvil (Particular)
8	9.5	16.24	Camioneta rural (Combis)	43	8.16	18.91	Camioneta rural (Combis)
9	7.44	20.74	Motos lineales	44	7.35	20.99	Station Wagon (Taxi)
10	10.06	15.34	Automóvil (Particular)	45	10.5	14.69	Camioneta rural (Combis)
11	12.1	12.75	Camioneta rural (Combis)	46	7.9	19.53	Camioneta rural (Combis)
12	11.88	12.99	Camioneta rural (Combis)	47	7.31	21.11	Camioneta rural (Combis)
13	8.16	18.91	Station Wagon (Taxi)	48	8.06	19.14	Ómnibus
14	9.09	16.97	Camioneta Panel (Carga Ligera)	49	7.34	21.02	Camioneta rural (Combis)
15	9.07	17.01	Automóvil (Particular)	50	7.09	21.76	Station Wagon (Taxi)
16	9.73	15.86	Camioneta rural (Combis)	51	16.94	9.11	Camioneta rural (Combis)
17	9.25	16.68	Station Wagon (Taxi)	52	7.87	19.61	Station Wagon (Taxi)
18	11.09	13.91	Camioneta rural (Combis)	53	9.25	16.68	Camioneta rural (Combis)
19	7.69	20.06	Station Wagon (Taxi)	54	9.25	16.68	Automóvil (Particular)
20	10.94	14.1	Camioneta rural (Combis)	55	7.88	19.58	Automóvil (Particular)
21	14.44	10.69	Mototaxi	56	10.56	16.94	Trimotos de carga
22	6.62	23.31	Station Wagon (Taxi)	57	9.53	16.19	Camioneta rural (Combis)
23	15.12	10.2	Station Wagon (Taxi)	58	7.5	20.57	Camioneta rural (Combis)
24	8.72	17.69	Mototaxi	59	7.44	20.74	Station Wagon (Taxi)
25	12.18	12.67	Microbús (Custer)	60	14.66	10.52	Camión (Carga pesada)
26	6.82	22.62	Automóvil (Particular)	61	41.93	3.68	Camioneta rural (Combis)
27	9.56	16.14	Camioneta rural (Combis)	62	9.25	16.68	Camioneta rural (Combis)
28	11.43	13.5	Station Wagon (Taxi)	63	7.5	20.57	Microbús (Custer)
29	15.81	9.74	Trimotos de carga	64	6.28	24.57	Station Wagon (Taxi)
30	13.75	11.22	Camioneta rural (Combis)	65	10.4	14.84	Camión (Carga pesada)
31	9.16	16.84	Station Wagon (Taxi)	66	22.81	6.76	Camioneta rural (Combis)
32	10.31	14.97	Motos lineales	67	13.37	11.54	Camioneta rural (Combis)
33	10.38	14.86	Station Wagon (Taxi)	68	5.69	27.12	Station Wagon (Taxi)
34	18.93	8.15	Camioneta rural (Combis)	69	13.69	11.27	Camioneta rural (Combis)
35	11.91	12.96	Station Wagon (Taxi)	70	11.57	13.34	Camioneta rural (Combis)

Nota. En la Tabla 24 se puede observar que la velocidad de recorrido es muy uniforme entre los tipos de vehículos.

Tabla 25

Velocidades de recorrido del mes de diciembre 2019 en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7)

FORMATO DE VELOCIDADES							
VÍA		Av. Las Flores (tramo cuadra 4-7)		SENTIDO	Único	FECHA:	Diciembre 2019
DISTANCIA (m)				45.31			
N°	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo	N°	Tiempo (s)	Vi (km/h)	Tipo de Vehículo
1	6.22	16.19	Trimoto de Carga	36	5.16	29.3	Automóvil (Particular)
2	5.93	25.5	Station Wagon (Taxi)	37	4.73	31.97	Station Wagon (Taxi)
3	5.98	25.28	Automóvil (Particular)	38	5.1	29.65	Automóvil (Particular)
4	5.68	26.62	Station Wagon (Taxi)	39	6.02	25.12	Camioneta rural (Combis)
5	5.57	27.15	Camioneta rural (Combis)	40	5.67	26.67	Camión (Carga pesada)
6	5.46	27.69	Camión Remolcador (Trailer)	41	5.88	25.71	Automóvil (Particular)
7	6.02	25.12	Camión Remolcador (Trailer)	42	5.62	26.9	Station Wagon (Taxi)
8	5.03	30.06	Automóvil (Particular)	43	4.85	31.18	Automóvil (Particular)
9	4.27	35.41	Station Wagon (Taxi)	44	5.08	29.76	Automóvil (Particular)
10	5.52	27.39	Motos lineales	45	5.49	27.54	Ómnibus
11	4.36	34.68	Automóvil (Particular)	46	5.18	29.19	Station Wagon (Taxi)
12	4.75	31.83	Station Wagon (Taxi)	47	4.79	31.57	Motos lineales
13	4.43	34.13	Automóvil (Particular)	48	6.7	16.44	Trimoto de Carga
14	4.86	31.11	Camioneta rural (Combis)	49	5.87	25.76	Automóvil (Particular)
15	4.62	32.73	Automóvil (Particular)	50	5.25	28.8	Ómnibus
16	4.16	36.35	Station Wagon (Taxi)	51	5.37	28.16	Station Wagon (Taxi)
17	3.86	39.17	Automóvil (Particular)	52	31.3	31.3	Station Wagon (Taxi)
18	3.63	41.65	Camioneta rural (Combis)	53	25.54	25.54	Camión (Carga pesada)
19	4.4	34.36	Station Wagon (Taxi)	54	26.76	26.76	Camión (Carga pesada)
20	5.88	25.71	Camioneta rural (Combis)	55	31.57	31.57	Camioneta Pick up (4*4)
21	6.29	24.04	Automóvil (Particular)	56	29.76	29.76	Automóvil (Particular)
22	6.07	24.91	Station Wagon (Taxi)	57	33.75	33.75	Camioneta Pick up (4*4)
23	6.09	17.28	Mototaxi	58	27.69	27.69	Station Wagon (Taxi)
24	4.83	31.3	Automóvil (Particular)	59	26.67	26.67	Automóvil (Particular)
25	4.78	31.63	Automóvil (Particular)	60	28.26	28.26	Automóvil (Particular)
26	5.83	25.93	Motos lineales	61	31.37	31.37	Station Wagon (Taxi)
27	5.97	25.33	Station Wagon (Taxi)	62	27	27	Station Wagon (Taxi)
28	5.76	26.25	Station Wagon (Taxi)	63	4.76	31.76	Station Wagon (Taxi)
29	5.84	25.89	Automóvil (Particular)	64	5.38	28.1	Microbús (Custer)
30	5.28	28.64	Station Wagon (Taxi)	65	4.83	31.3	Camioneta Panel (Carga Ligera)
31	5.58	27.1	Automóvil (Particular)	66	4.61	32.8	Camioneta Panel (Carga Ligera)
32	6.06	24.95	Station Wagon (Taxi)	67	4.5	33.6	Automóvil (Particular)
33	5.85	25.85	Automóvil (Particular)	68	4.31	35.08	Camioneta Pick up (4*4)
34	5.5	27.49	Station Wagon (Taxi)	69	5.48	27.59	Motos lineales
35	5.19	29.13	Microbús (Custer)	70	3.68	41.09	Automóvil (Particular)

Nota. En la Tabla 25 se puede observar que la velocidad de recorrido es muy uniforme entre los tipos de vehículos.

4.2.1. Contrastación de hipótesis

En relación a la hipótesis secundaria HS2, se ha podido establecer que la Velocidad de recorrido se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019 por las siguientes consideraciones:

La velocidad de recorrido esta relacionado con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en los meses de noviembre 2019. debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es menor a 0.05; que corresponde a una correlación moderada de 61.4%. La tabla 22 y 23 demuestra los resultados.

Tabla 26

Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en noviembre 2019

		Velocidad de recorrido	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Velocidad de recorrido	Correlación de Pearson	1	,614
	Sig. (bilateral)		,043
	N	5	5
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,614	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	5	5

Nota. En la tabla 26 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de noviembre 2019.

Tabla 27

Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en diciembre 2019

		Velocidad de recorrido	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Velocidad de recorrido	Correlación de Pearson	1	,826*
	Sig. (bilateral)		,043
	N	6	6
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,826*	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	6	6

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Nota. En la tabla 27 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de diciembre 2019.

La Velocidad de recorrido esta relacionado con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019. debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es menor a 0.05; que corresponde a una correlación alta de 82.6%.

Los resultados de la velocidad de recorrido fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos para la investigación, concluyendo que en diciembre 2019 en contraste con noviembre 2019 en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) existe un incremento de la velocidad de recorrido de 16.30 km/h a 28.98 km/h. Por otro lado en la Avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) existe un incremento de la velocidad de recorrido de 28.98 km/h a 38.91 km/h, concluyendo que existe una mayor carga vehicular en el mes de diciembre 2019.

4.3. Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho - Noviembre y Diciembre 2019

Para obtener la intensidad horaria se sumaron todos los tipos de vehículos que circulan por cada avenida y el tiempo que tomaron en transitar por la misma. Ver Tabla 28.

Tabla 28

Intensidad horaria por avenidas

Periodo	Mes	Volumen de tránsito	Tiempo (H)	Intensidad horaria(V/H)
28 días	Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Noviembre 2019 y Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019	925051	448	2064.85
28 días	Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) Diciembre 2019	951443	448	2123.76

Nota. En la Tabla 28 se puede observar que la intensidad horaria es directamente proporcional al volumen de tránsito.

4.3.1. Contrastación de hipótesis

En relación a la hipótesis secundaria HS3, se ha podido establecer que la Intensidad horaria se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en noviembre y diciembre 2019 por las siguientes consideraciones:

La intensidad horaria esta relacionada con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre 2019, debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es

menor a 0.05; que corresponde a una correlación moderada de 61.4%. La tabla 29 demuestra los resultados.

Tabla 29

Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en noviembre 2019

		Intensidad horaria	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Intensidad horaria	Correlación de Pearson	1	,614
	Sig. (bilateral)		,043
	N	5	5
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,614	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	5	5

Nota. En la tabla 29 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de noviembre 2019.

La intensidad horaria esta relacionado con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019. debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significación es menor a 0.05; que corresponde a una correlación alta de 82.6%.

Tabla 30

Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO₂ y SO₂ en diciembre 2019

		Intensidad horaria	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Intensidad horaria	Correlación de Pearson	1	,826*
	Sig. (bilateral)		,043
	N	6	6
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	,826*	1
	Sig. (bilateral)	,043	
	N	6	6

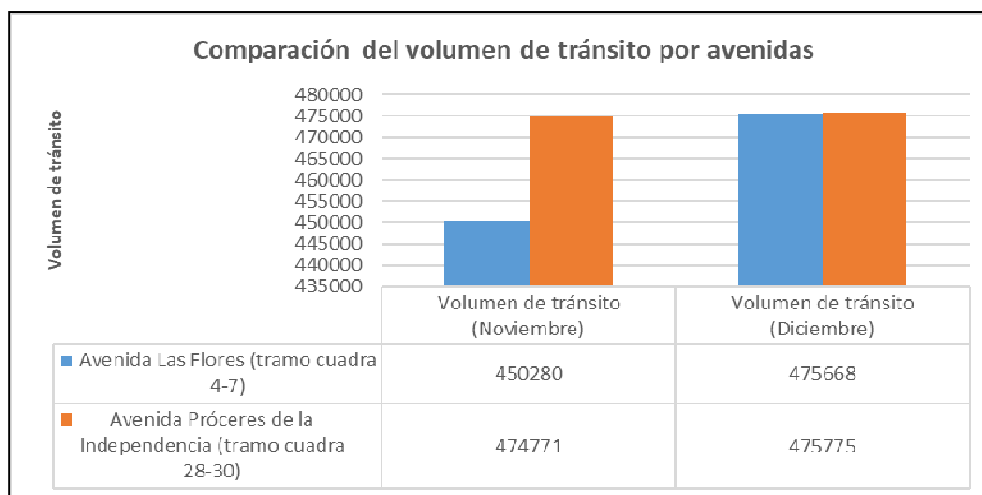
*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Nota. En la tabla 30 se observa que Sig. (bilateral) quiere decir Significancia bilateral y N el número de sensores pasivos instalados en el mes de diciembre 2019.

Los resultados de la intensidad horaria fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos para la investigación, concluyendo que en diciembre 2019 existe un incremento de 2123 vehículos por hora en contraste con noviembre 2019 con 2064 vehículos por hora.

Figura 22

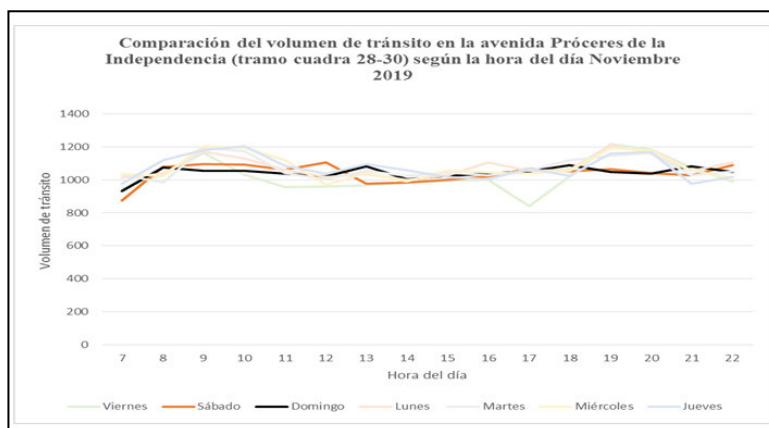
Comparación del volumen de tránsito por avenidas



Nota. En la Figura 22, se observa que en el mes de diciembre existe mayor volumen de tránsito que el mes de noviembre, siendo la avenida Las Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) donde circulan la mayor cantidad de vehículos en el mes de diciembre con 475775, seguido de la avenida Próceres de la Independencia con 475668.

Figura 23

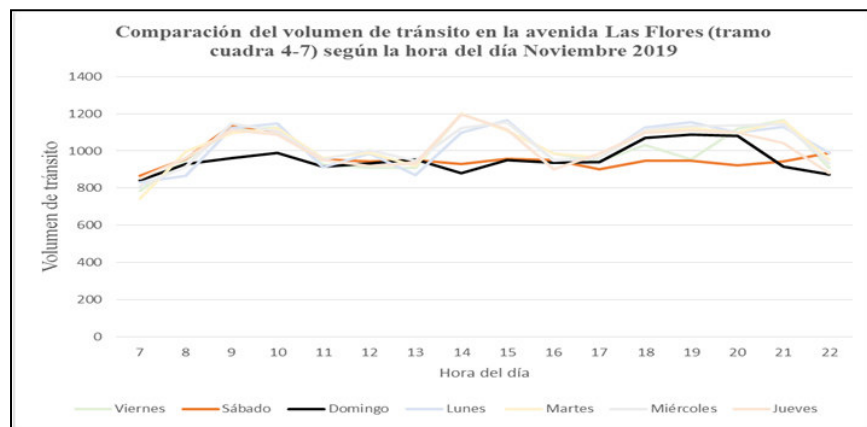
Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Noviembre 2019



Nota. En la Figura 23, se observa que entre las 7-11 a.m. y 18 – 22 p.m. existe mayor volumen de tránsito en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) en el mes de noviembre 2019.

Figura 24

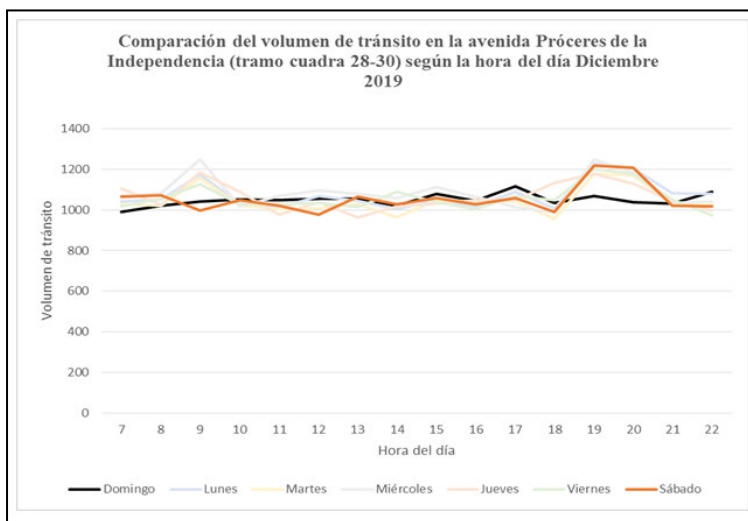
Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) Noviembre 2019



Nota. En la Figura 24, se observa que entre las 7-11 a.m. y 18 – 22 p.m. existe mayor volumen de tránsito en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) en el mes de noviembre 2019.

Figura 25

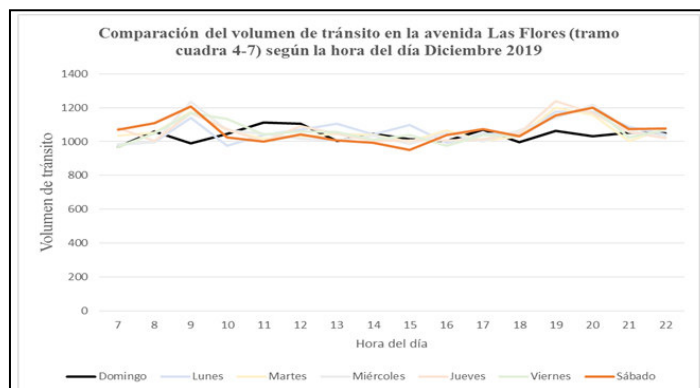
Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) Diciembre 2019



Nota. En la Figura 25, se observa que entre las 8-10 a.m. y 18 – 21 p.m. existe mayor volumen de tránsito en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) en el mes de diciembre 2019.

Figura 26

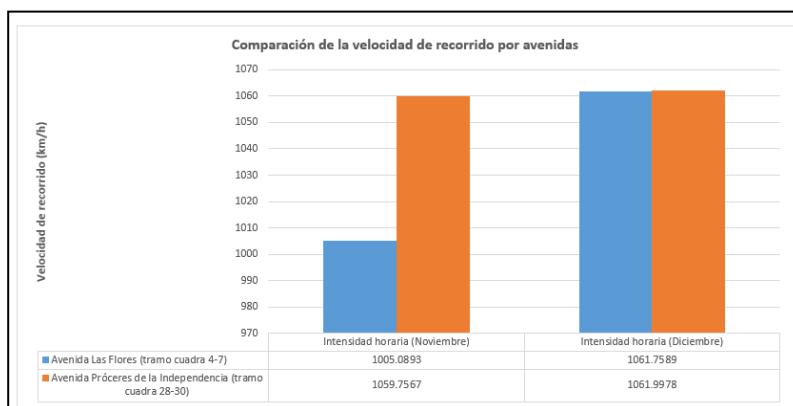
Comparación del volumen de tránsito por horas del día en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) diciembre 2019



Nota. En la Figura 26, se observa que entre las 7-10 a.m. y 18 – 21 p.m. existe mayor volumen de tránsito en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) en el mes de noviembre 2019.

Figura 27

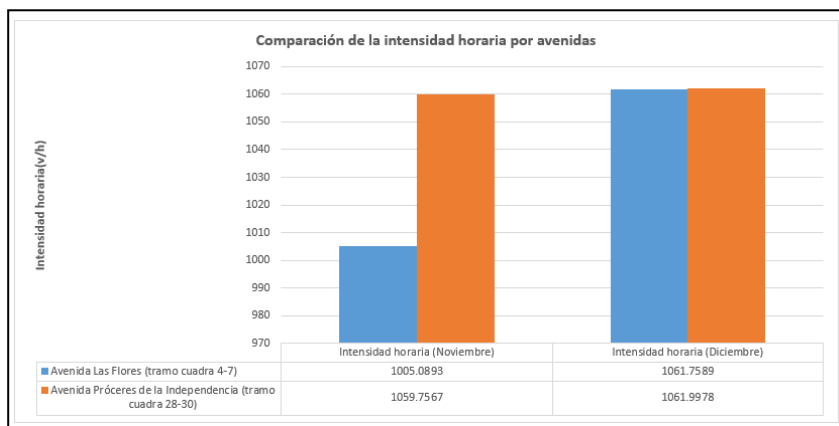
Comparación de la velocidad de recorrido por avenidas



Nota. En la Figura 27, se observa que en el mes de noviembre 2019 existe mayor velocidad de recorrido que el mes de diciembre 2019, siendo la avenida Las Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) donde circulan la mayor velocidad de recorrido con 38.91 km/h , seguido de la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) con 28.98 km/h.

Figura 28

Comparación de la intensidad horaria por avenidas



Nota. En la Figura 28, se observa que en el mes de diciembre 2019 existe mayor intensidad horaria que el mes de noviembre 2019, siendo la avenida Las Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) donde circulan la mayor intensidad horaria con 1061.9978 vehículos/hora , seguido de la avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) con 1061.7589 vehículos/ hora.

4.3.2. Análisis de la velocidad y dirección del viento

4.3.2.1. Análisis con los datos de la Estación Meteorológica de SAN JUAN DE LURIGANCHO – SENAMHI

Durante el período de muestreo de la calidad del aire, se tomaron los parámetros de Velocidad del Viento y Dirección del Viento, de la Estación Meteorológica SAN JUAN DE LURIGANCHO, el 15 de noviembre del 2019. Ver Anexo 16 .

Distrito: San Juan de Lurigancho **Latitud:** 11° 58' 53.89" S **Longitud:** 76° 59' 57.29" W

4.3.2.2. Rosa de vientos generado con los datos de la estación meteorológica automática San Juan de Lurigancho– SENAMHI. Ver Figura 29 - 30.

Figura 29

Rosa de Vientos generado de la estación meteorológica San Juan de Lurigancho Noviembre 2019

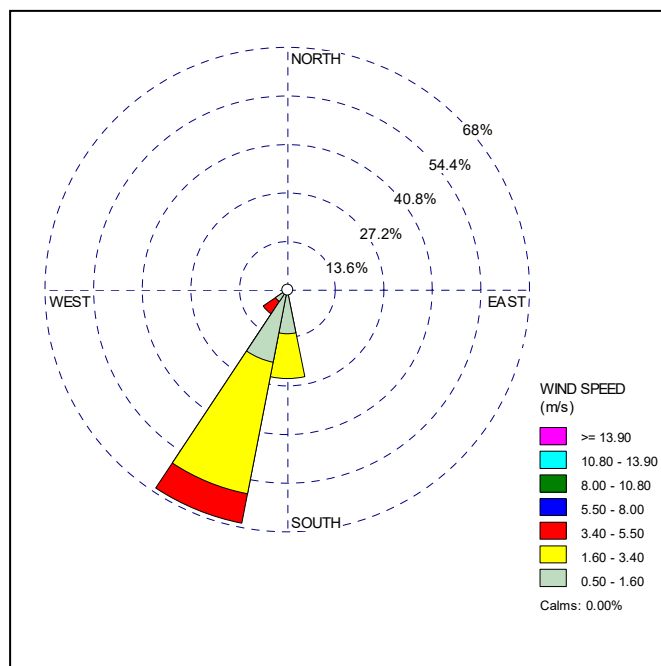
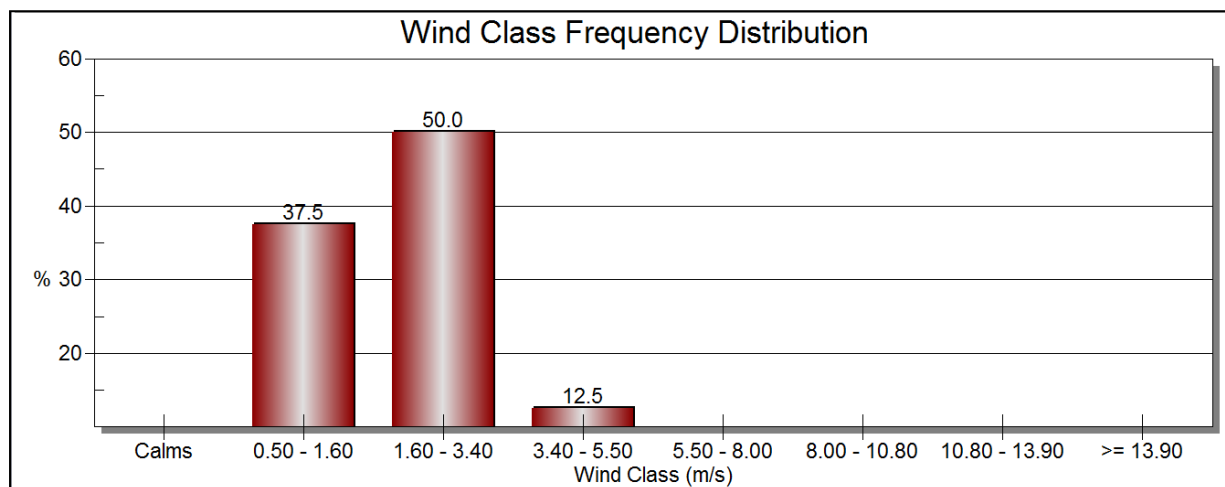


Figura 30

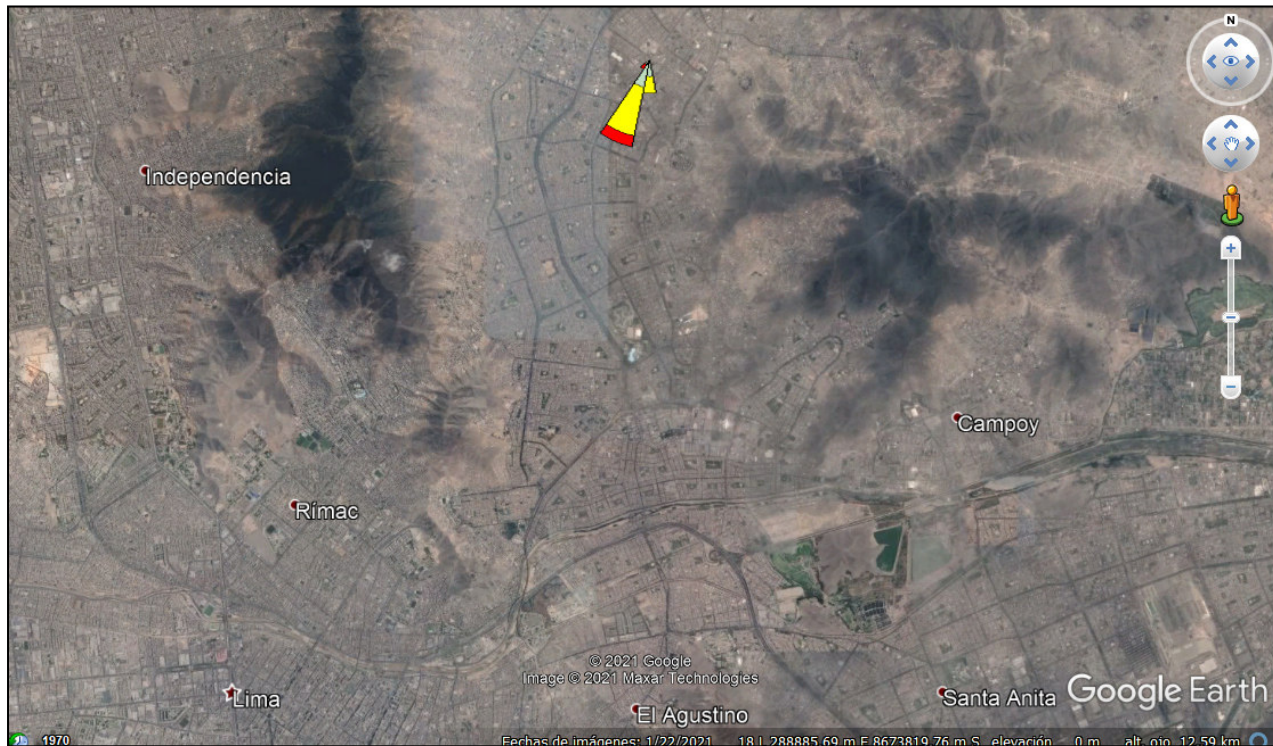
*Distribución de frecuencias de la clase de viento SENAMHI Estación San Juan de Lurigancho
Noviembre 2019*



Nota. En la Figura 30 se observa, que las velocidades del viento que se registraron, representa un 37.5% los que estuvieron entre 0.50 – 1.60 m/s, son vientos de tipo ventolina; en tanto un 50.0% representa las velocidades que oscilaban entre 1.60 – 3.40 m/s, clasificados como vientos de brisa muy débil; por consiguiente representa un 12.5% las velocidades que oscilaron entre 3.40 – 5.50 m/s, es decir, vientos de brisa débil. Estos vientos están proviniendo desde suroeste dirigiéndose hacia el Noreste. Ver Figura 31.

Figura 31

*Rosa de Vientos superpuesta en Google Earth SENAMHI Estación San Juan de Lurigancho
Noviembre 2019*



Nota. En la Figura 31 se observa que los vientos predominantes provienen del suroeste, desplazándose hacia el noreste.

4.3.2.3. Análisis con los datos de la Estación Meteorológica de CAMPO DE MARTE – SENAMHI

Durante el período de muestreo de la calidad del aire, se tomaron los parámetros de Velocidad del Viento y Dirección del Viento, de la Estación Meteorológica CAMPO DE MARTE, entre los meses de noviembre y diciembre del 2019.

Distrito: Jesús María **Latitud:** 12° 4' 14.04" S **Longitud:** 77° 2' 35.51" W

4.3.2.4. Rosa de vientos generado con los datos de la estación meteorológica automática Campo de Marte – SENAMHI. Ver Figura 32 - 33.

Figura 32

Rosa de Vientos generado de la estación meteorológica Campo de Marte Noviembre 2019

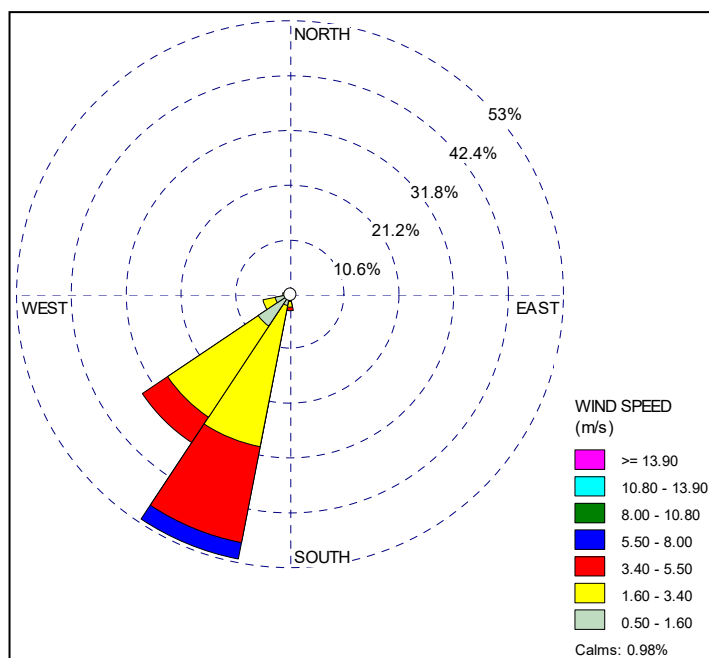
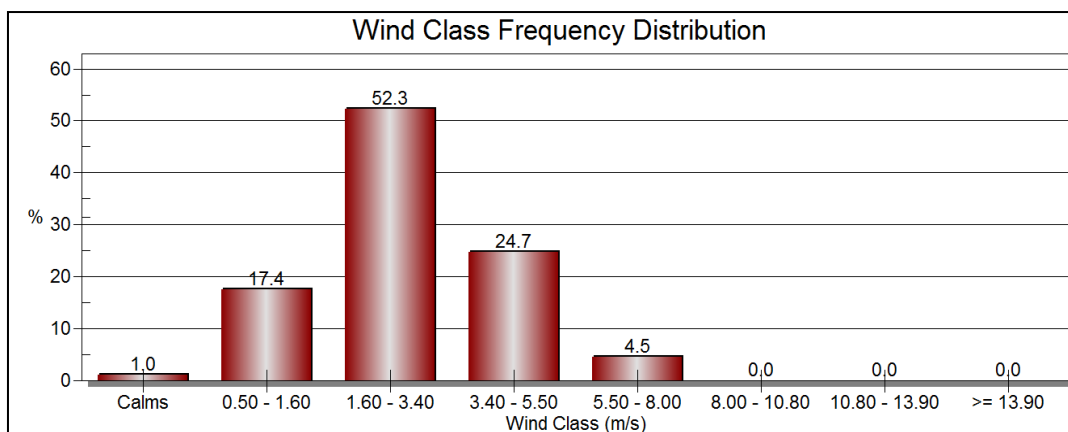


Figura 33

Rosa de Vientos generado de la estación meteorológica Campo de Marte Noviembre 2019

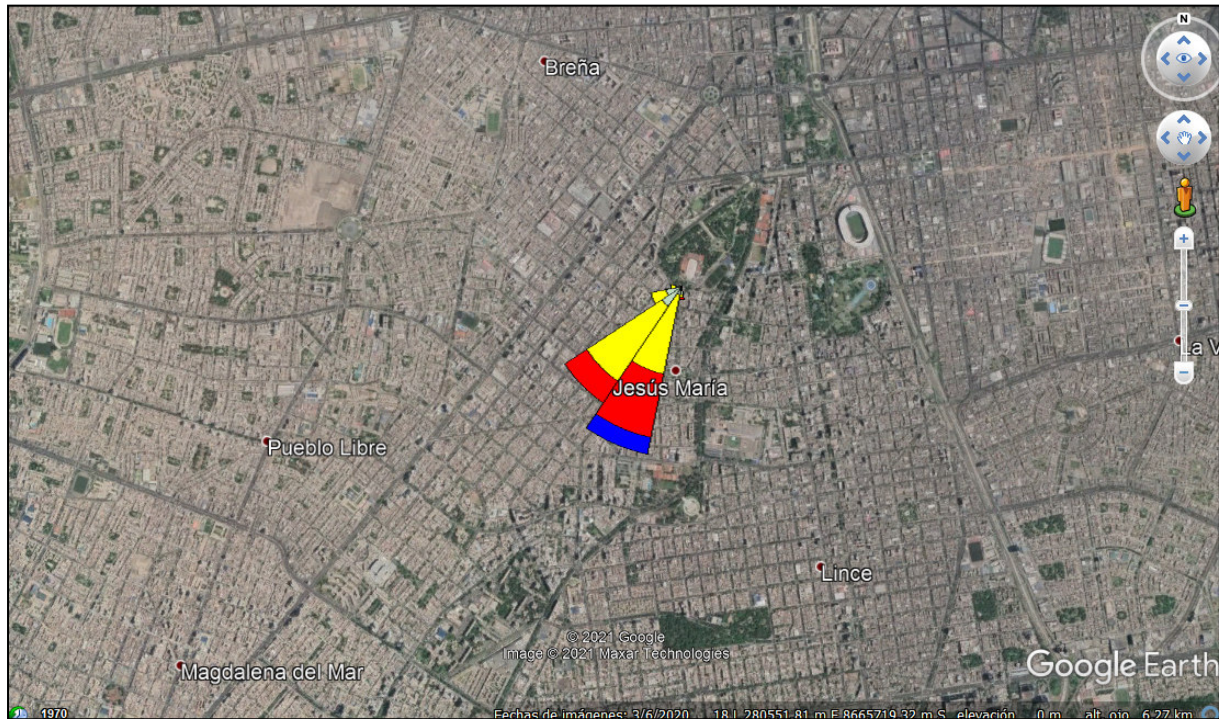


Nota. En la Figura 33 se observa, que las velocidades del viento que se registraron, representa un 17.4% los que estuvieron entre 0.50 – 1.60 m/s, son vientos de tipo ventolina; en tanto un 52.3% representa las velocidades que oscilaban entre 1.60 – 3.40 m/s, clasificados como vientos de brisa muy débil; por consiguiente representa un 24.7% las velocidades que oscilaron entre 3.40 – 5.50 m/s, es decir, vientos de brisa débil. Con referencia a 4.5% las velocidades que oscilaron entre 5.50 – 8.00 m/s, es decir, vientos de brisa moderada. Estos vientos están proviniendo desde Suroeste dirigiéndose hacia el Noreste. Ver Figura 33.

Figura 34

Rosa de Vientos superpuesta en Google Earth SENAMHI Estación Campo de Marte

Noviembre 2019



Nota. La Figura 34 representa los vientos predominantes del suroeste, desplazándose hacia el noreste.

4.3.3. Análisis del modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: NO_x y SO₂, en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho

4.3.3.1. AERMOD

Para generar las corridas en la versión de AERMOD US EPA (EPA, 2004), es necesario primero obtener la información de terreno y la información meteorológica la cual brindan los preprocesadores que se muestran a continuación:

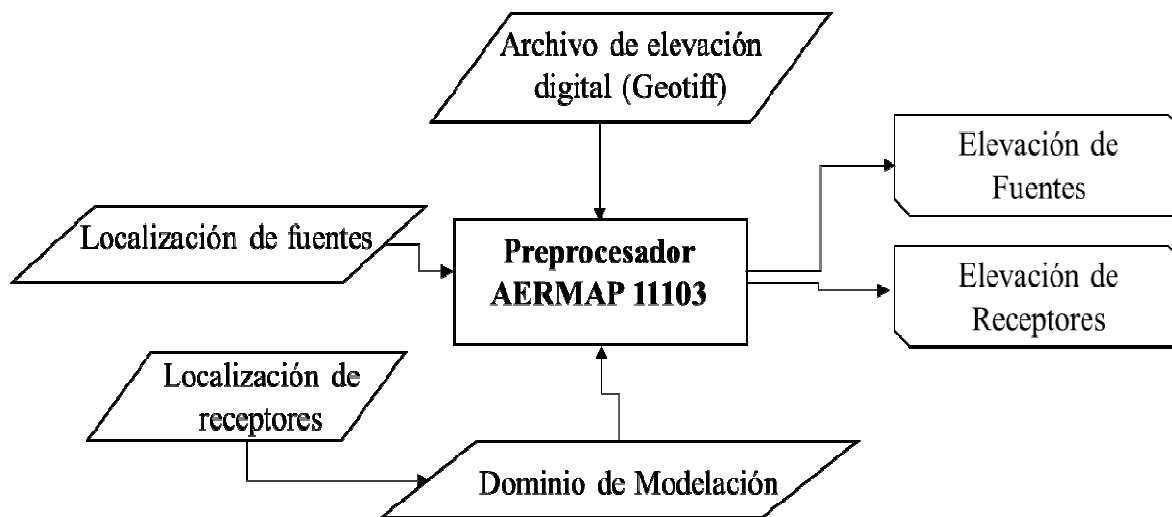
4.3.3.2. AERMAP versión 11103

Para el preprocesador Aermap el archivo más importante es el archivo de elevación digital DEM o Geo TIFF. Este archivo se obtuvo de: <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1> CGIARCSI (Consortium for Spatial Information), una base de datos de archivos de elevación digital con acceso a largas áreas en los trópicos y en otras áreas del mundo de países en desarrollo. El archivo Geo TIFF es una representación en 3D de la superficie terrestre utilizado por el preprocesador Aermap para poder definir las elevaciones de terreno en las fuentes y en los receptores posteriormente utilizadas en AERMOD. Para conseguir esto es necesario primero definir el dominio de modelación, para la modelación se toma como dominio la ciudad de Lima (Esquina inferior izquierda 8669300.65, 276700.16 y Esquina superior derecha 8677600, 285100.16) en la zona UTM correspondiente (18S). Se mantuvieron siempre las coordenadas UTM “(US EPA, 2004).” Para el proyecto se trabajan fuentes móviles representadas como fuentes volumen para poder establecer las elevaciones de cada una, debido a que la fuente línea no es compatible con la versión 11103. Las fuentes volumen se identifican con un nombre ID (ALINE1) y las coordenadas X, Y del punto inicial. Esto se hace para todos

los tramos de las vías en estudio del distrito de San Juan de Luriganchó que se representan en 192 links, luego se establecen los receptores discretos (las estaciones de monitoreo de la RMCAB) con las cuales se van a comparar las concentraciones obtenidas en la modelación. Para el contaminante SO₂ y para NO_x se escogió la estación de San Juan de Luriganchó. Por último, se establecen los nombres de los archivos de salida tanto para el de elevación de las fuentes como el de receptores. Con la información anterior se establece la ruta de control en un archivo de texto. INP seguido por establecer el archivo .BAT, el cual permite procesar la información de la ruta de control en el archivo ejecutable de Aermap.EXE “(US EPA, 2004).”

Figura 35

Diagrama de flujo AERMAP



Nota. La Figura 35 refiere al diagrama de flujo AERMAP. Mencionado de *Evaluación de tres modelos de micro – escala (Aermod, Caline4 y R – Line)*, por Sánchez y Wilcken, 2016, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/154/

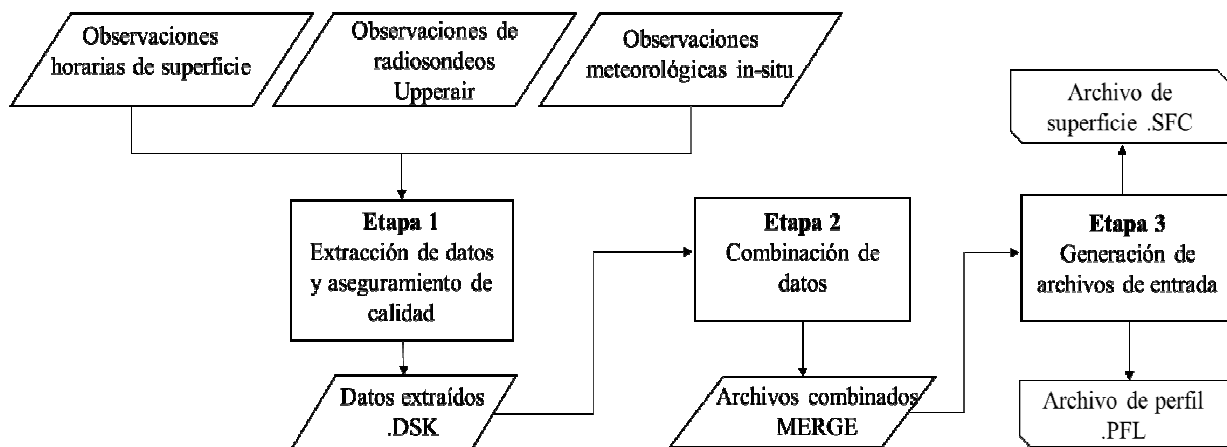
4.3.3.3. AERMET versión 15181

El preprocesador Aermet está encargado de procesar la información meteorológica de la modelación, para esto su codificación se divide en tres etapas. La primera etapa se encarga de extraer los datos de los archivos de radio sondeo, el archivo horario de superficie y el archivo meteorológico in-situ. La segunda etapa de un aseguramiento de calidad para finalmente extraer los archivos de superficie (SFC). El archivo de radio sondeo se descargó de la plataforma NOAA/ESRL Radiosonde Database obtenida de <https://ruc.noaa.gov/raobs/>. En esta plataforma se utilizaron los datos brindados por el Aeropuerto Jorge Chávez en la ciudad de Lima, Lima con coordenadas 12°01'19" S ; 77°06'52"O en formato FSL y el archivo horario de superficie se obtuvo con el programa WRPLOT el cual permite crear el archivo. SAM (Ver “Anexo P: Información metereológica solicitada a SENAMHI: archivo tipo SAMSON”) con el ingreso de la información meteorológica proveniente de la estación meteorológica a analizar. Para ese proyecto se utilizó la estación meteorológica San Juan de Lurigancho (11°58'53.89"S; 76°59'57.29"W; 240 m) de acuerdo a los resultados del análisis estadístico del presente documento para los primeros quince días del mes de febrero y de octubre respectivamente “(US EPA, 2004)”

En la codificación de la tercera etapa se sectoriza de manera espacio –temporal la superficie en un radio de 3km aproximadamente de la estación analizada estableciendo en su totalidad una cobertura de suelo de zona de alta urbanización para lo cual se tomaron los valores de albedo (0.14), rugosidad (2.0) y Owen (1.0) para ambos períodos modelados, los valores se obtuvieron de NLCD92-21-Land Cover Classification System. En esta etapa también se especificó el método de procesamiento SUBNWS, el ajuste de velocidad del viento RANDOM. el ajuste como opción beta para valores de velocidad del viento muy bajos STABLEBL ADJ_U* y la altura del anemómetro (10 metros) “(US EPA, 2004).”

Figura 36

Diagrama de flujo AERMET



Nota. La Figura 36 refiere al diagrama de flujo AERMET. Mencionado de *Evaluación de tres modelos de micro – escala (Aermod, Caline4 y R – Line)*, por Sánchez y Wilcken, 2016, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/154/

4.3.3.4. AERMOD versión 15181

En la ruta de control SO₂ la primera línea tiene el título AERMOD CORRIDA_LINE después con subtítulo donde se especifica el período y contaminante a trabajar (Febrero SO₂, etc.), luego se establecen las opciones de modelación: BETA, CONC, FASTALL y ELEV seguido de los períodos a modelar: horario y diario (1, 24), también se especifican parámetros del distrito de San Juan de Lurigancho como la población (1 000 000) y la rugosidad (1 m) y al final de la ruta se incluye el tipo de contaminante a modelar SO₂ y NO_x. Ver “Anexo R: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)”. Ver “Anexo S: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Las

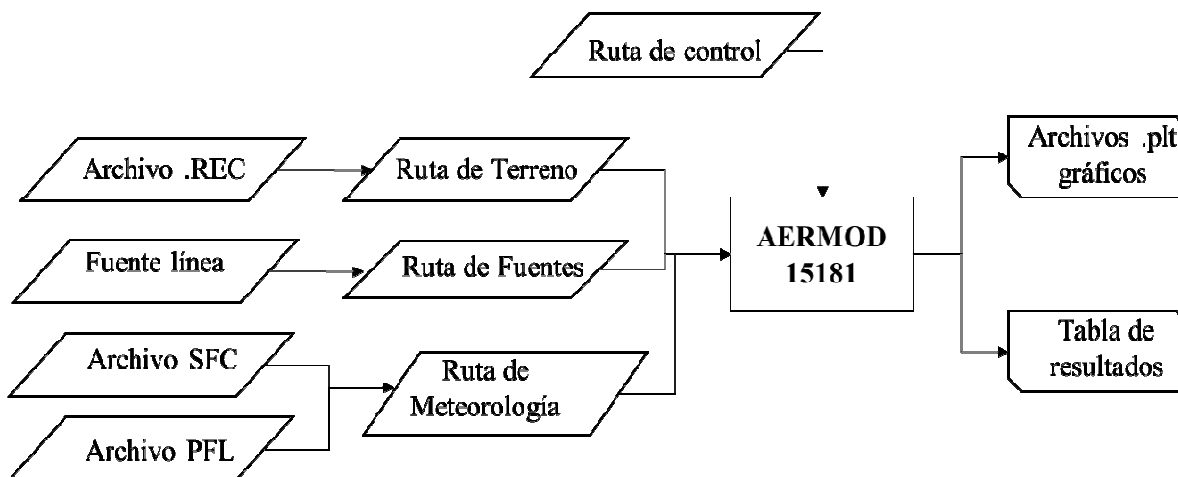
Flores (tramo cuadra 4 a 7)". Ver "Anexo T: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)". Ver "Anexo U: Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)" "(EPA, 2004)."

En la ruta de control SO de las fuentes línea se incluye para cada link la emisión en g/m².s, para el manejo de unidades se aplicó a las unidades iniciales de g/m. d la división por el ancho de vía (m) y el factor de conversión de día a hora ($1h/3600s$) además, solicita la altura a la cual emite la fuente móvil, el valor de sigma-Y inicial (2.0) y el valor de sigma-Z (opcional), estos dos últimos directamente relacionados con el ancho de vía (30 m) y la altura de las edificaciones. Por último, en esta ruta de control se establecen todas las fuentes lineales como un único grupo urbano mediante el comando URBANSRC ALL (EPA, 2004) y se ingresa el factor de tráfico mediante la función EMISFACT (EPA, 2004) de manera horaria. Este factor se multiplicó a la emisión en g/m². s con el fin de diferenciar el comportamiento de las emisiones a lo largo del día.

La siguiente ruta de control RE llama el archivo de elevación de fuentes elaborado por el preprocesador AERMAP, seguida por la ruta de control ME donde se llaman los archivos SFC y PFL elaborados por el preprocesador AERMET. Finalmente se determina el tipo de salidas que se deseen tener para organizar los datos, en esta modelación se utilizaron los comandos RECTABLE ALLAVE, DAYTABLE ALLAVE y PLOFILE 1, 24 ALL FIRST "(EPA, 2004)."

Figura 37

Diagrama de flujo AERMOD



Nota. La Figura 37 refiere al diagrama de flujo AERMOD. Mencionado de *Evaluación de tres modelos de micro – escala (Aermod, Caline4 y R – Line)*, por Sánchez y Wilcken, 2016, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/154/

En los modelos de dispersión de contaminantes escogidos, solo se pueden ingresar los datos meteorológicos de una estación, y al tener más de un comportamiento meteorológico en la ciudad, se optó por realizar un análisis estadístico de las estaciones para determinar ¿Cuál estación es la que mejor representa la meteorología del distrito de San Juan de Lurigancho? .Se propusieron dos criterios para la selección de la estación, el primero fue la confiabilidad de los datos, en donde se asumió que una estación confiable, tiene menos del 5% de los datos faltantes del período de modelación y el segundo criterio propuesto fue la homogeneidad o heterogeneidad de la estación respecto al promedio, para esto se utilizó la desviación estándar, siendo una estación homogénea cuando más del 90% de los datos se encuentra a +/- 1,5 desviaciones estándar de la media, y heterogénea cuando se encuentra fuera de este rango. A

continuación, se encuentra el análisis estadístico con los parámetros de dirección del viento (Tabla 31), y velocidad (Tabla 32) de los días a modelar 15 días de febrero y 15 días de octubre para un total de 30 días.

Tabla 31

Análisis estadístico de la dirección del viento

PARAMETRO	SAN JUAN DE LURIGANCHO		CAMPO DE MARTE		VON HUMBOLT	
Información faltante	10.00%	3	10.00%	3	0.00%	0
Información presente	90.00%	27	90.00%	27	100.00%	30
Datos Heterogéneos	15.23%	4	23.12%	6	43.11%	13
Datos Homogeneos	84.77%	23	76.88%	21	56.89%	17
Resultado Estadístico	Confiable	Homogeneo	Confiable	Heterogeneo	Confiable	Heterogeneo

Tabla 32

Análisis estadístico de la velocidad del viento

PARAMETRO	SAN JUAN DE LURIGANCHO		CAMPO DE MARTE		VON HUMBOLT	
Información faltante	10.00%	3	10.00%	3	0.00%	0
Información presente	90.00%	27	90.00%	27	100.00%	30
Datos Heterogéneos	3.96%	1	1.26%	1	2.43%	1
Datos Homogeneos	96.04%	26	98.74%	26	97.57%	29
Resultado Estadístico	Confiable	Homogeneo	Confiable	Homogeneo	Confiable	Homogeneo

Tabla 33

Resumen del comportamiento de las estaciones aplicando los criterios estadísticos a los parámetros de velocidad y dirección del viento

Parámetro	ESTACIONES		
	1	2	3
Dirección	C	NC	NC
Velocidad	C	C	C

*C: Cumple NC: No Cumple

1 SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2 CAMPO DE MARTE, 3 VON HUMBOLT

Esto evidencia que el distrito de San Juan de Lurigancho no se comporta de manera homogénea, ya que al presentarse una estación como heterogénea el criterio de homogeneidad no se cumple. Esto se corroboró con la información del Informe Anual de Calidad del Aire del año 2019 donde las variables velocidad y dirección del viento presentan un comportamiento distinto a lo largo de la ciudad. Para que los datos de la estación sean confiables y homogéneos, este comportamiento se debe presentar tanto en el parámetro de dirección del viento, como en el de velocidad, y la única estación que presento estas características fue la de SAN JUAN DE LURIGANCHO, siendo esta la estación de donde se tomaron los valores meteorológicos para realizar las modelaciones correspondientes.

4.3.4. Concentración en microgramos por metro cúbico de NO₂ y SO₂ en los puntos de muestreo.

4.3.4.1. Resultados del Análisis de laboratorio de NO₂ en los seis puntos de muestreo

En la Tabla 34, se muestran los resultados de la concentración de NO₂, analizados en el laboratorio acreditado PASSAM AG (de Suiza), por el método de análisis SP19 cromatografía iónica, enviados mediante la empresa KLEPEL CONSULTING S.A.C. (Lima). Ver Anexo W - X. Ver Tabla 34 y Figura 38.

Tabla 34

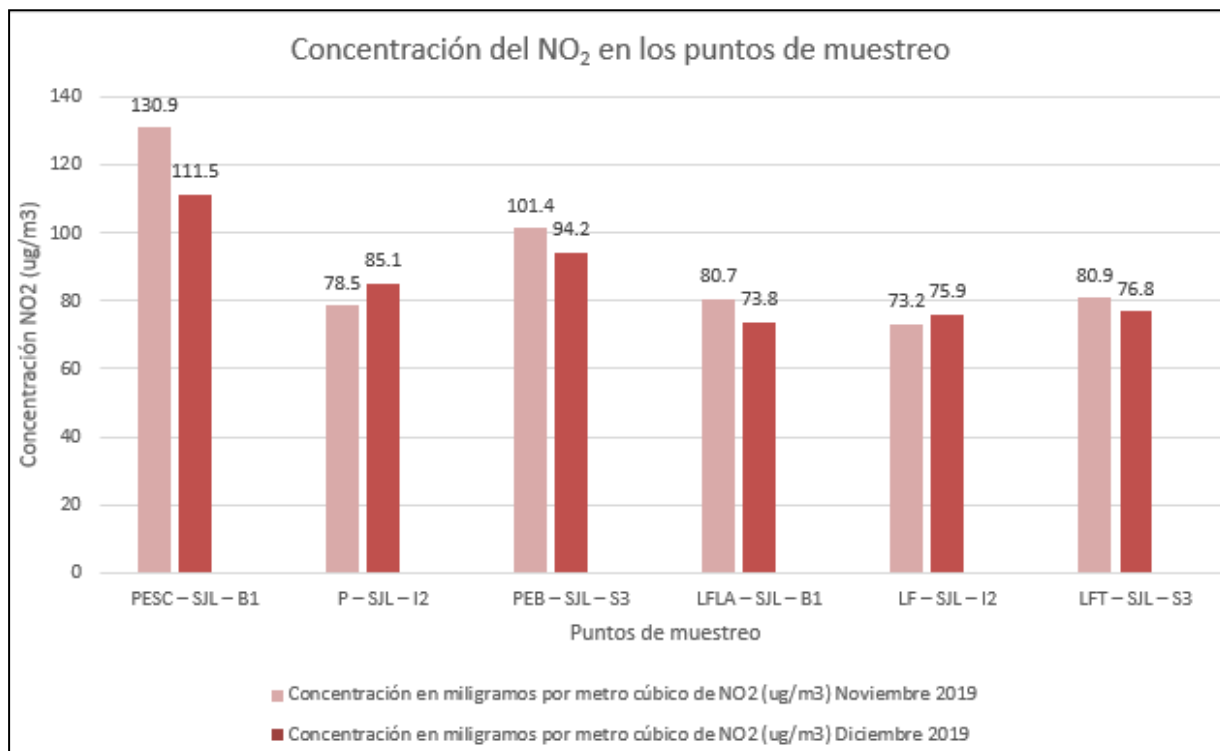
Resultados de la concentración del NO₂ por punto de muestreo

Punto de Muestreo	Localización	Concentración del NO ₂ (ug/m ³)	
		Noviembre 2019	Diciembre 2019
PEB – SJL – S3	Avenida Próceres de la Independencia	-	97.80
P – SJL – I2	Avenida Próceres de la Independencia	78.5	85.1
PESC – SJL – B1	Avenida Próceres de la Independencia	130.9	111.5
LFLA – SJL – B1	Avenida Las Flores	80.7	73.8
LF – SJL – I2	Avenida Las Flores	73.2	75.9
LFT – SJL – S3	Avenida Las Flores	80.9	76.8

Nota. La Tabla 34 representa los resultados de la concentración de NO₂ por punto de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre 2019. Tomado de Informe de medición de la calidad del aire, *Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo*, 2020, Klepel Consulting S.A.C., PASSAM AG, Suiza.

Figura 38

Concentración del NO₂ en los Puntos de Muestreo



Nota. En la Figura 38, se observa que el punto de muestreo PESC – SJL – B1 (Avenida Próceres de la Independencia) tiene la mayor concentración de NO₂ con 130.9 ug/m³ registrado en el mes de noviembre 2019, en tanto el punto de muestreo LF – SJL – I2 (Avenida Las Flores) presenta la menor concentración de NO₂ con 73.2 ug/m³ registrado en el mes de noviembre 2019. Tomado de Informe de medición de la calidad del aire, *Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo*, 2020, Klepel Consulting S.A.C., PASSAM AG, Suiza.

4.3.4.2. Resultados del Análisis de laboratorio de SO₂ en los seis puntos de muestreo

En el Tabla 35, se muestran los resultados de la concentración de SO₂, analizados en el laboratorio acreditado PASSAM AG (de Suiza), por el método de análisis SP19 cromatografía iónica, enviados mediante la empresa KLEPEL CONSULTING S.A.C. (Lima). Ver Anexo W - X. Ver Tabla 35 y Figura 39.

Tabla 35

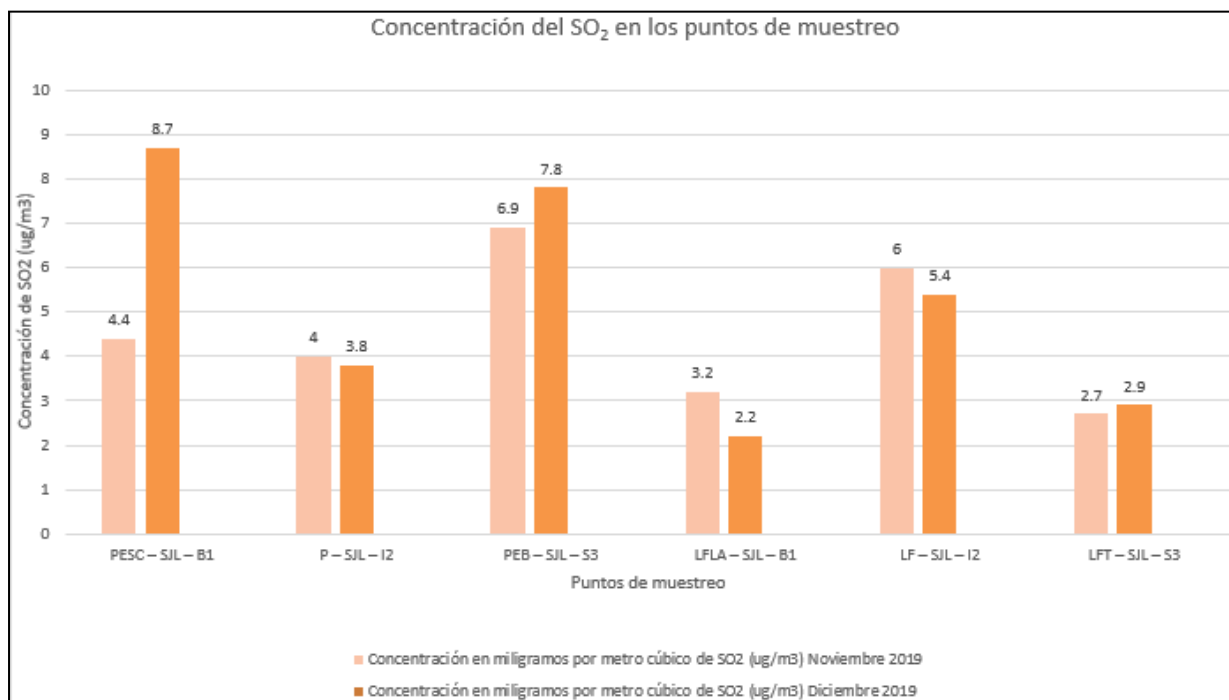
Resultados de la concentración del SO₂ por punto de muestreo

Punto de Muestreo	Localización	Concentración del SO ₂ (ug/m ³)	
		Noviembre 2019	Diciembre 2019
PEB – SJL – S3	Avenida Próceres de la Independencia	-	7.8
P – SJL – I2	Avenida Próceres de la Independencia	4.0	3.8
PESC – SJL – B1	Avenida Próceres de la Independencia	4.4	6.6
LFLA – SJL – B1	Avenida Las Flores	3.2	2.2
LF – SJL – I2	Avenida Las Flores	6.0	5.4
LFT – SJL – S3	Avenida Las Flores	2.7	2.9

Nota. La Tabla 35 representa los resultados de la concentración de SO₂ por punto de muestreo durante los meses de noviembre y diciembre 2019. Tomado de Informe de medición de la calidad del aire, *Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo*, 2020, Klepel Consulting S.A.C., PASSAM AG, Suiza.

Figura 39

Concentración del SO₂ en los Puntos de Muestreo



Nota. En la Figura 39, se observa que el punto de muestreo PESC – SJL – B1 (Avenida Próceres de la Independencia) tiene la mayor concentración de SO₂ con 8.7 ug/m³ registrado en el mes de diciembre 2019, en tanto el punto de muestreo LFLA – SJL – B1 (Avenida Las Flores) presenta la menor concentración de SO₂ con 2.2 ug/m³ registrado en el mes de diciembre 2019. Anotado de Informe de medición de la calidad del aire, *Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo*, 2020, Klepel Consulting S.A.C., PASSAM AG, Suiza.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Habiéndose revisado los resultados y los análisis de esta investigación, se ha demostrado la relación entre las variables flujo vehicular y la calidad del aire por NO₂ y SO₂ respectivamente, que muestra la alta asociatividad de dichas variables; 61.4% en el mes de noviembre 2019 y 82.6% en el mes de diciembre 2019.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Limas, D. (2016), quien señala que el mayor flujo vehicular promedio observado fue en la plaza Dos de Mayo con 8284 vehículos/hora entre pesados, livianos y menores, y el menor flujo vehicular promedio corresponde a la plaza San Martín con 3315 vehículos/hora; siendo la mayor concentración de NO₂ se obtuvo en la plaza Dos de Mayo con 50.9 µg/m³, y el menor valor en la plaza San Martín con 33.35 µg/m³. Asimismo, la mayor concentración de SO₂, se obtuvo en la plaza Dos de Mayo con 3.95 µg/m³, y el menor valor en la plaza San Martín con 3.80 µg/m³, concluyendo que las concentraciones de NO₂ y SO₂ obtenidas por el método de difusión pasiva se encuentran por debajo de los valores establecidos por los Estándares de Calidad del Aire del Perú. Con los datos obtenidos del flujo vehicular y las concentraciones para el NO₂ y SO₂ se puede establecer que existe un grado de asociación directa con la referida investigación, donde a mayor flujo vehicular se presenta un notable incremento en la concentración de dichos parámetros acorde con lo que esta investigación se plantea.

5.1. Flujo vehicular

Sornoza et al. (2018) “Presenta como método de cálculo las siguiente tablas con tres instrumentos de medición; volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria tal como se muestra en la Tabla 2 y Tabla 3, ... también este estudio nos mostró un mapa de

intensidad vehicular y la composición del tráfico”. Este método de cálculo considera una medición paramétrica de cada una de sus dimensiones volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria, que permite cuantificar el valor de cada uno de estos parámetros y nos permitió realizar las pruebas estadísticas correspondientes.

Acosta et al. (2020) “Respecto a las condiciones del tráfico vehicular menciona: El aumento del parque automotor en Bogotá ha traído como consecuencia la disminución en la rapidez de circulación por las vías de la ciudad”. Este autor a la vez coincide con el anterior en la medición de la velocidad de recorrido, que lo cuantifica en la ciudad de Bogotá para días típicos y atípicos por hora. Los resultados de la velocidad de recorrido en esta investigación fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos, concluyendo que en diciembre 2019 en contraste con noviembre 2019 en la avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) existe un incremento de la velocidad de recorrido de 16.30 km/h a 28.98 km/h. Por otro lado en la Avenida Las Flores (tramo cuadra 4-7) existe un incremento de la velocidad de recorrido de 28.98 km/h a 38.91 km/h, concluyendo que existe una mayor carga vehicular en el mes de diciembre 2019.

Beleño et al. (2020) “Utilizó el método de observación y conteo diario de vehículos y se tomaron registros en el mismo lugar, fechas y franjas horarias de las demás mediciones: tres veces al día (en las franjas de horas pico 7-8, 12-13 y 16-17 horas) de lunes a sábado durante 26 días (octubre – noviembre de 2017) y la recopilación de información se realizó en el programa Excel” determinando el número de vehículos en diferentes horas pico. Este método de conteo es utilizado también en nuestro país. Los resultados de la intensidad horaria en esta investigación

fueron realizados por cada avenida, descritos en los procedimientos establecidos, concluyendo que en diciembre 2019 existe un incremento de 2123 vehículos por hora en contraste con noviembre 2019 con 2064 vehículos por hora de lunes a domingo durante 28 días.

El comportamiento del flujo vehicular ha evolucionado exponencialmente debido al incremento del parque automotor, a las expectativas económicas favorables que ha permitido la disminución del precio, de las políticas de importación de vehículos, sin embargo no se han incrementado las carreteras y pistas en el país, ocasionando una ruptura que hace evidente que el flujo vehicular seguirá creciendo, las emisiones continuaran creciendo y evidentemente la combustión de estos vehículos ocasiona y ocasionará problemas latentes en la calidad del aire. Los autores citados son los referentes más importantes sobre el estudio del flujo vehicular y su incremento tal como lo registra la Superintendencia Nacional de Registros Públicos vehiculares.

5.2. Calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre

Hansel et al. (2019), sostienen que: “Entre estos se encuentra el material particulado, gases, humos, los óxidos de nitrógeno producidos por las fábricas, el dióxido de azufre de las centrales termoeléctricas y fábricas, el monóxido de carbono de los tubos de escape de los vehículos en movimiento...”. Estudio realizado en el Perú, sustentan que los contaminantes más relevantes de la calidad del aire son el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Ozkurt et al. (2013), sostienen que: “Estudios previos sobre la calidad del aire reportaron altos niveles de gases ácidos en el exterior, como el NO₂ y el SO₂. Además, en ausencia de políticas ambientales adecuadas, este crecimiento también puede tener importantes costos

económicos y sociales”. Este estudio realizado en Turquía, considera como muy relevantes de la contaminación del aire el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

Funcionarios del Ministerio del Ambiente – MINAM (2019), sostienen que: “El Perú, como otros países en desarrollo, enfrenta problemas relacionados con la emisión de contaminantes que han afectado la calidad del aire”. Esta situación ha permitido que el Ministerio del Ambiente legisle en materia del cuidado del medio ambiente y de la calidad del aire. Se mide de acuerdo a estas. Una metodología nos permite precisar. En el Perú se aplica la NTP 900.036:2017. “MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Muestreadores de difusión pasiva para la determinación de la concentración de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales”, la cual se basa en la Norma Europea EN 13528-1-2002. “Calidad de aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales. Por sus características consideran que los muestreadores pasivos únicamente son aplicables a períodos de muestreos semanales o mensuales, no permitiendo la obtención de resultados comparables con Estándares de Calidad Ambiental (ECA) mediante las frecuencias horarias, octohorarias o diarias; y determinan por cada estación y período de medición, debe tomarse como mínimo muestras por triplicado, con la finalidad de asegurar la calidad de los resultados. Deben priorizarse como períodos de medición aquellos en los que exista mayor presencia de un determinado contaminante. Los criterios establecidos por el MINAM son relevantes en el sentido que permiten la aplicación de procedimientos establecidos por la ley y que condicionan las metodologías de investigación de calidad del aire. Es la razón

que en esta investigación hemos afianzado nuestra metodología en la aplicación de acuerdo a la regulación de la ley.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1.** La variable Flujo vehicular tiene una correlación moderada del 61.4% con la variable Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre 2019. Por otro lado, la variable Flujo vehicular tiene una correlación moderada del 82.6% con la variable Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019. El Flujo vehicular comprende las dimensiones: volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria; y la Calidad del aire: NO₂ y SO₂.
- 6.2.** El volumen de tránsito tiene una correlación moderada del 61.4% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre 2019. Por otro lado, el volumen de tránsito tiene una correlación alta del 82.6% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂.
- 6.3.** La velocidad de recorrido tiene una correlación moderada del 61.4% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre 2019. Por otro lado, el volumen de tránsito tiene una correlación alta del 82.6% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019.
- 6.4.** La intensidad horaria tiene una correlación moderada del 61.4% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de noviembre 2019. Asimismo, la intensidad horaria tiene una correlación alta del 82.6% con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en el mes de diciembre 2019.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. El Flujo vehicular comprende las variables volumen de tránsito, velocidad de recorrido e intensidad horaria puede medirse parametricamente y se relaciona con la Calidad del aire. Esto es un aporte significativo que demuestra que el Flujo vehicular emite por combustión los gases dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre que deterioran la Calidad del aire; en tal sentido se recomienda que investigadores e instituciones que controlan el Flujo vehicular tengan medidas cuantitativas de referencia para cuantificar sus efectos en la Calidad del aire.
- 7.2. La Calidad del aire es un tema que impacta actualmente en la sociedad en su conjunto, los investigadores sobre este tema explica que esta se deteriora por diferentes problemas de contaminación ambiental, donde el mayor impacto es producido por la contaminación que hace la combustión de vehículos que cada vez es más creciente, hemos demostrado una metodología para su medición en el contexto de las normas establecida por el Ministerio del Ambiente NTP 900.036:2017 y el decreto supremo N° 010-2019-MINAM, que establece la metodología de su medición, esto nos motiva a recomendar este trabajo de investigación que de manera teórica y práctica en el contexto de la ley como una alternativa para ser usado como referente en la medición de la Calidad del aire como una consecuencia del flujo vehicular.

VIII. REFERENCIAS

- Acosta, Ó., Montenegro, C. y Gaona P. (2020). Condiciones de tránsito vehicular y uso de un modelo para la predicción de ruido por tráfico rodado en un entorno local de la ciudad de Bogotá - Colombia. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, RISTI, N° E27, 605-614. <https://search.proquest.com/scholarly-journals/condiciones-de-tránsito-vehicular-y-uso-un-modelo/docview/2385755999/se-2?accountid=37408>
- Aguilar, L. (2005). *Criterios de ingeniería de tránsito para el diseño de la intersección del bulevar a la colonia Lourdes y la Calzada de La Paz*. [Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2527_C.pdf
- Arenas, J. (2017). *Determinación del material particulado PM10 y PM 2.5, Dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en el distrito de Yura – Arequipa*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5311>
- Beleño, L., Colegial, J. y Barrera, M. (2020) Correlación entre el flujo vehicular, el PM2.5 y variables meteorológicas, un estudio de caso al oriente de Bucaramanga (Colombia). *BISTUA. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 18(2), 15- 25. Contacto: lbeleno@unab.edu.co Recibido: Noviembre 30, 2020. Aceptado: Diciembre 27, 2020.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7837758>
- Calisaya, C. (2012). *Construcción y Validación de dispositivos para el monitoreo pasivo de dióxido de nitrógeno (NO2) y dióxido de azufre (SO2) en la ciudad de Arequipa – Perú*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María].
<http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/160>

- Carmona, L., Rincón, M., Castillo, A., Galvis, B., Sáenz, H., Manrique, R, y Pachón, J. (2016). *Conciliación de inventarios top-down y bottom-up de emisiones de fuentes móviles en Bogotá, Colombia*. *Tecnura*, 20(49), 59–74.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a04>
- Cocha, L. (2009). *Análisis de la concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y BTX usando sensores pasivos*. [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/238>
- Cocha, L. (2017). *Emisión de gases y su relación en la calidad del aire de la zona urbana de la ciudad de Riobamba*. [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25806>
- Cuesta, O. y Cabrera, A. (1994). *El dióxido de nitrógeno (NO₂) troposférico en diferentes sistemas meteorológicos en dos localidades de la Cd. de La Habana*. *Atmósfera*, 1994, 7 (1), 31-46. ISSN 0187-6236.
<http://www.redalyc.org/pdf/565/56507102.pdf>.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Por medio del cual se expide los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. 7 de junio de 2017. Diario Oficial El Peruano 1529835-1.
- E. Korc, M., Figari, A., Bravo, A. y Pareja, J. (2009). *Diagnóstico de las emisiones del parque automotor del área metropolitana de Lima y Callao*. XXVII Congreso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.
mkorc@cepis.ops-oms.org

Farroñan, C. (2017). *Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) en las estaciones de servicio en la ciudad de Chiclayo. 2012 – 2014*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Lambayeque].

<https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/79>

Gaitán, M., Cancino, J. y Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Revista de Ingeniería. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 26, 81-92.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121015050011>

Hansel, N., Romero, K., Pollard, S., Bose, S. y Psoter, K. (2019). *Ambient air pollution and variation in multiple domains of asthma morbidity among Peruvian children. Annals of the American Thoracic Society*, 16(3), 348-355. ISSN 2325-6621.

<https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201807-448OC>

Herrera, J., Rodríguez, S., Herrera, E., Rojas, J.F., Beita, V.H. y Solórzano, D. (2014). Uso de muestreadores pasivos para la determinación de dióxido de nitrógeno en dos municipios del área metropolitana de Costa Rica en 2004 – 2013. *Revista de Ciencias Ambientales Tropical Journal of Environmental Sciences*, 48 (2), 20 – 29

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7227>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Áreas verdes en espacios públicos según departamento*. Recuperado el 19 de agosto de 2019.

<https://www.inei.gob.pe/buscador/?tbusqueda=areas+verdes>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.). *Población 2000 al 2015*. Recuperado el 19 de agosto de 2019 .

<https://proyectos.eni.gob.pe/web/poblacion/>

Limas, D. (2016). *Incidencia del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en plazas históricas del cercado de Lima*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal].

<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1484>

Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas. (5 de mayo de 2005). Instituto de la Construcción y Gerencia. *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*.

<https://pdfslide.net/documents/manual-de-diseno-geometrico-de-vias-urbanaspdf.html>

Mendoza, A. y Mendoza, C. (2020). *Análisis del flujo vehicular y los niveles de servicio en el puente Grau y sus vías aledañas en la Ciudad de Arequipa 2019*. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica Privada Santa María de Arequipa].

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9892>

MINAM. (2014). Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013-2014. Ministerio del Ambiente (MINAM), Viceministerio de Gestión Ambiental y Dirección General de

Calidad Ambiental. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/Informe-Nacional-de-Calidad-del-Aire-2013-2014.pdf>

Ministerio de Salud, Dirección General de Salud Ambiental. (5 de junio de 2021). *Estudio de saturación en Lima Metropolitana y Callao año 2011*.

<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estudio-saturacion-lima-metropolitana-callao-ano-2011>

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Estadística - Servicios de Transporte Terrestre por Carretera – Parque automotor. (12 de octubre de 2020). *Parque Vehicular Nacional Estimado, según Clase de Vehículo: 2007 – 2018*.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344892-estadistica-servicios-de-transporte-terrestre-por-carretera-parque-automotor>

MINSA. (2007). *Ministerio de Salud con la Resolución Ministerial N°589-2007/MINSA, aprobar el Plan Nacional Concertado de Salud*.

http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/000_PNCS.pdf.

Morales, T. y Arias, J. (2013). Contaminación vehicular en la conurbación Pereira – Dosquebradas en Colombia. *Revista Luna Azul. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 37, 101 – 129.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321729206009>

Nway, N., Fujitani y., Hirano, S., Mar, O., y Win-Shwe, T. T. (2017). *Role of TLR4 in olfactory-based spatial learning activity of neonatal mice after developmental exposure to diesel exhaust origin secondary organic aerosol. Neuro Toxicology*, 63, 155-165. ISSN 0161-813X.

<https://doi.org/10.1016/j.neuro.2017.10.001>

Ozkurt, N., Sari, D., Akalin, N., y Hilmioglu, B. (2013). *Evaluation of the impact of SO₂ and NO₂ emissions on the ambient air-quality in the Çan-Bayramiç region of northwest Turkey during 2007–2008. Science of the total environment*, 456, 254-266. ISSN: 0048-

9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.096>.

Pérez, P. (2010). Propuesta de conversión del parque automotor de Lima y Callao para el uso de gas natural. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/324>

Quispialaya, M. y Sauñe, M. (2017). *Estudio de los procesos de combustión de gases contaminantes de la atmósfera emitidos por vehículos a gas licuado de petróleo en la ciudad de Huancayo*. [Tesis de Pregrado, Universidad del Centro del Perú].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_ed7a04aa1d6e43dddbf466aaa6d6fa54

Rázuri, L. (2018). *Determinación de NO₂ en el aire de las vías principales de la zona urbana del distrito de Castillo Grande, Provincia de Leoncio Prado – Huánuco - 2018*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/DETERMINACION%20DE%20NO2%20EN%20EL%20AIRE%20DE%20LAS%20VIAS%20PRINCIPALES%20DE%20LA%20ZONA%20URBANA%20DEL%20DISTRITO%20DE%20CASTILL.pdf

Saavedra, J. (2014). *Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria LA Molina].

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1872>

Saldaña, R. (2016). *Emisión de gases por el parque automotor y su repercusión en la contaminación del aire en la ciudad de Iquitos en el año 2015*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo].

<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7975>

Sánchez, D. y Wilcken, D. (2016). *Evaluación de tres modelos de micro – escala (Aermod, Caline4 y R – Line)*. [Tesis de Pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá D.C.].

https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/154/

Segura, J. y Franco, J. (2016). Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular. *Revista de Salud Pública*, 18(2), 179-187.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42245920003>

Social, S. d. (2008). *Manual de ingeniería de tránsito*.

<https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-estudios-de-ingenieria-de-transito-mexico.pdf>

Sornoza, J., Crespo, C., Reyes, G. y Cortez, J. (2018). Parámetros que influyen en el congestionamiento vehicular. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24 (4), 1440 – 1455.

<https://search.proquest.com/scholarly-journals/parámetros-que-influyen-en-el-congestionamiento/docview/2151127191/se-2?accountid=37408>

Sotomayor, A. y Marín, G. (2010). *Evaluación e interpretación de las concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire de Lima Metropolitana*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1622>

US EPA . (2004). *USER GUIDE FOR THE AERMOD TERRAIN PREPROCESSOR (AERMAP)*. North Carolina: Environmental Protection Agency.

US EPA . (2004). *USER'S GUIDE FOR THE AERMOD METEOROLOGICAL PREPROCESSOR (AERMET)*. North Carolina: U.S. Environmental Protection Agency.

Valencia, M. (2017). *Efecto de medidas administrativas en la reducción de las emisiones de contaminantes criterio por fuentes móviles vehiculares, Sector 2 – Villa El Salvador, 2016*. [Tesis de Pregrado, Universidad Científica del Sur].

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USUR_fd4ae85dd15774eb448ac29957f32f6a

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2016). *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Geneva, Switzerland: WHO Document Production Services*, ISBN 9789241511353

Zapata, C., Quijano, R., Molina, E., Rubiano, C. y Londoño, G. (2008). Fortalecimiento de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire en el Valle de Aburra con Medidores Pasivos. *Gestión y Ambiente. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 11(1), 67-84.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169414452004>

X. ANEXOS

- A. Matriz de consistencia.
- B. Croquis de ubicación de los puntos de conteo vehicular en la Avenida Próceres de la Independencia.
- C. Croquis de ubicación de los puntos de conteo vehicular en la Avenida Las Flores.
- D. Fotografías de las avenidas: Próceres de la Independencia y Las Flores.
- E. Cuantificación del número de vehículos que circulan por cada avenida.
- F. Formato utilizado para realizar el conteo de vehículos.
- G. Adquisición de Muestreadores Pasivos de NO₂ y SO₂.
- H. Documento de permiso a la Municipalidad Metropolitana de Lima para instalar los muestreadores pasivos.
- I. Instalación de los Portatubo Pasivos en la avenida Próceres de la Independencia.
- J. Instalación de los Portatubo Pasivos en la avenida Las Flores.
- K. Hoja de custodia para el NO₂ / SO₂ en noviembre 2019.
- L. Hoja de custodia para el NO₂ / SO₂ en diciembre 2019.
- M. Validez y confiabilidad.
- N. Formato utilizado para estimación de contaminantes de NO_x y SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30).
- O. Formato utilizado para estimación de contaminantes de NO_x y SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7).
- P. Información meteorológica solicitada a SENAMHI: archivo tipo SAMSON.
- Q. Plano de ubicación de los puntos de muestreo.
- R. Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30).

- S. Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NO_x en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7).
- T. Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30).
- U. Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)
- V. Resultados del análisis de laboratorio de los tubos pasivos para el NO₂ / SO₂ en noviembre 2019.
- W. Resultados del análisis de laboratorio de los tubos pasivos para el NO₂ / SO₂ en diciembre 2019.
- X. Parque Vehicular Nacional estimado, según clase de vehículo: 2007 – 2018.
- Y. Información metereológica solicitada a SENAMHI .
- Z. Norma de la Calidad del aire en el Perú.
- AA. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – 2017 (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico), NE (Significa no exceder)

ANEXO A

Matriz de consistencia: Incidencia del Flujo vehicular en la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia y las Flores

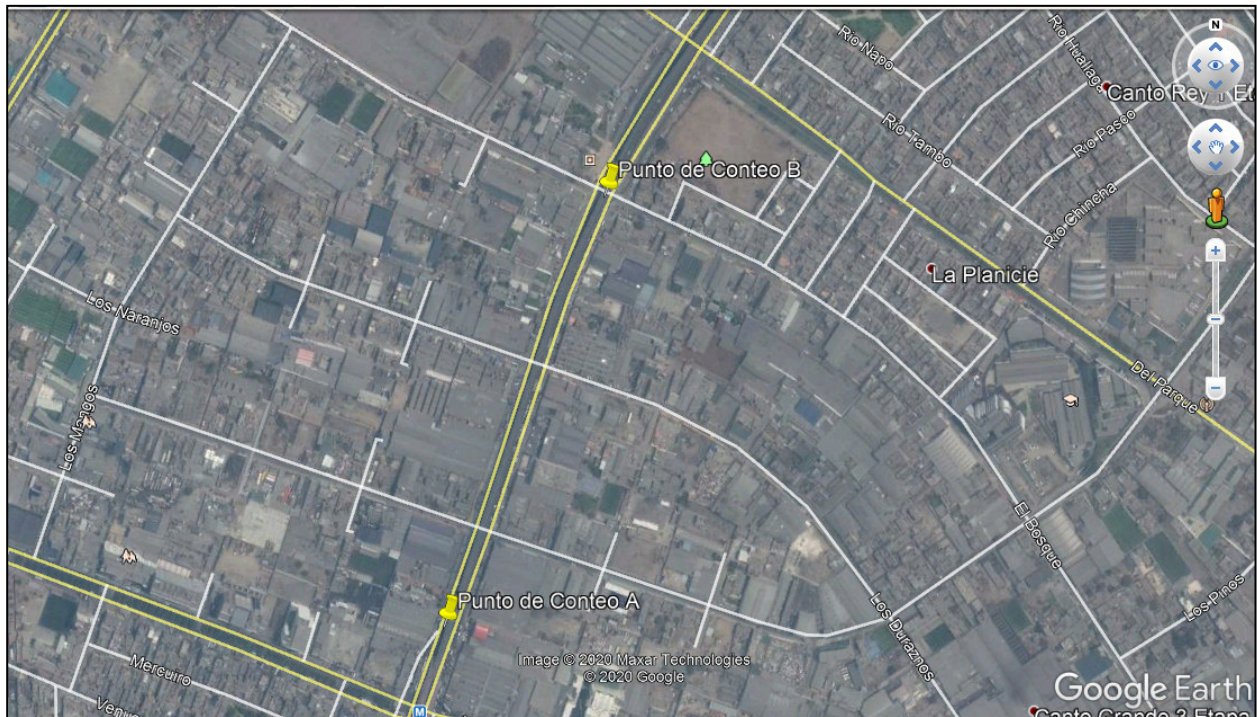
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES De V. I	DISEÑO	POBLACION Y MUESTRA
<p>General:</p> <p>¿Cuál es la incidencia de Flujo Vehicular en la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar cuál es la incidencia del Flujo vehicular con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28-30) y Las Flores (tramo cuadra 4-7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p>	<p>General:</p> <p>El flujo vehicular se relaciona con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 – 30) y en la avenida Las Flores (tramo cuadra 4 – 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Flujo vehicular</p>	Volumen de tránsito	✓ Nmero de Vehículos/ mes	<p>Método</p> <p>Aplicada</p>	<p>Población</p> <p>La población de la presente investigación lo conforman las avenidas Próceres de la Independencia y Las Flores ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho donde existen problemas de flujo vehicular que afectan la calidad del aire.</p> <p>Muestra</p> <p>La muestra referencial para la presente investigación, se determinó de forma no probabilística e intencionada, en ese sentido, se tomó como muestra el volumen de tránsito, velocidad de recorrido, la intensidad horaria y las concentraciones en microgramos por metro cúbico de dióxido de nitrógeno y dióxido de zufre presentes en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y en la avenida Las Flores (entre las cuadras 4 y 7)</p>
				Velocidad de recorrido	✓ Km/h		
				Intensidad horaria	✓ Número de vehículos/ Cantidad de horas al mes		

							ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho; ya que afecta a la salud de las personas expuestas en inmediaciones de los puntos de la avenida mencionada.
P. ESPECIFICO	O. ESPECIFICO	H. ESPECIFICA	Variable Dependiente		INDICADORES De V. D	Tipo	Técnicas- instrumentos
¿Cuál es el Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019?	Determinar cuál es el Volumen de tránsito que se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.	El Volumen de tránsito se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019. La Velocidad de recorrido se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San	Calidad de aire por NO ₂ y SO ₂	Niveles de concentración de NO ₂	✓ ug/m ³ .	Aplicada Cuantitativo NIVEL Aplicada DISEÑO No experimental, transversal	Instrumentos Los instrumentos que se utilizaron para la colección de datos fueron dos tipos: 1. Observación in situ basada en el volumen de tránsito, velocidad de recorrido y la intensidad horaria en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) tomado en los meses de noviembre y diciembre 2019 de 6:00 a.m. a 22:00 p.m.. 2. Uso de sensores pasivos para determinar la concentración promedio en microgramos por metro cúbico en los puntos de muestreo. Procedimientos 1. Cálculo de la velocidad de
¿Cuál es la Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre	Determinar cuál es la Velocidad de recorrido que se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las			Niveles de concentración de SO ₂	✓ ug/m ³ .		

<p>las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019?</p> <p>¿Cuál es la Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019?</p>	<p>cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p> <p>Determinar cuál es la Intensidad horaria que se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p>	<p>Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p> <p>La Intensidad horaria se relaciona con la Calidad del aire en las avenidas Próceres de la Independencia (entre las cuadras 28 y 30) y Las Flores (entre las cuadras 4 y 7) ubicadas en el distrito de San Juan de Lurigancho, en los meses de noviembre y diciembre 2019.</p>				<p>recorrido.</p> <p>2. Evaluación de la concentración de dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.</p> <p>3. Etapas de toma de información.</p> <p>ETAPA 1: Identificación y ubicación de los puntos de muestreo.</p> <p>ETAPA 2: Cuantificación del número de vehículos que circulan por cada avenida.</p> <p>ETAPA 3: Procedimientos para la adquisición e instalación de muestreadores pasivos de NO₂ y SO₂ en los puntos de muestreo.</p> <p>ETAPA 4: Relación y Comparación del flujo vehicular vs la concentración del NO₂ y SO₂ en los puntos de muestreo.</p>
--	--	---	--	--	--	--

ANEXO B

Croquis de ubicación de los puntos de conteo vehicular en la avenida Próceres de la Independencia



Nota. Se eligieron los Puntos AB para el conteo del número de vehículos que circulan por la avenida Próceres de la Independencia, según estudio observacional del comportamiento del flujo vehicular.

ANEXO C

Croquis de ubicación de los puntos de conteo vehicular en la avenida las Flores



Nota. Se eligieron los Puntos AB para el conteo del número de vehículos que circulan por la avenida Las Flores, según estudio observacional del comportamiento del flujo vehicular.

ANEXO D

Fotografías de las avenidas: Próceres de la Independencia y Las Flores



ANEXO E

Cuantificación del número de vehículos que circulan por cada avenida



Fotografía 1: Cuantificación del número de vehículos en la avenida Próceres de la Independencia.



Fotografía 2: Cuantificación del número de vehículos en la avenida Las Flores.



Fotografía 3: Equipo de apoyo para la cuantificación del número de vehículos y para la instalación de los tubos pasivos.

ANEXO F

Formato utilizado para realizar el conteo de vehículos

TIPOS DE VEHICULOS		Día		17:00 a 18:00 HORAS		AVENIDA		CODIGO	
		17:00 - 17:20		17:20 - 17:40		17:40 - 18:00			
L I V I A N O S	Automóvil (PARTICULAR)								
	Station Wagon (TAXIS)								
	Pick up (4*4)								
	Camioneta rural (COMBIS)								
	Camioneta Panel (CARGA LIGERA)								
P E S A D O S	Microbús								
	Camión Remolcador (TRAILER)								
	Ómnibus								
	Camión (CARGA PESADA)								
M E N O R E S	Motos lineales								
	Moto taxi								
	Trimotos de carga								

ANEXO G**Recibiendo los materiales (Tubos Pasivos de NO₂ y SO₂)**

Fotografía 1. Materiales de muestreo por parte de la empresa Klepel Consulting SAC.






Fotografía 2. Portatubo pasivo que se instaló al poste de alumbrado público



Fotografía 3. Demostración de la instalación del muestreador pasivo en el portatubo pasivo.

ANEXO H

**Documento de permiso a la municipalidad de san juan de lurigancho para instalar los
muestreadores pasivos**

	<p>Universidad Nacional Federico Villarreal</p>	<p>Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo</p>
<p>DECANATO</p> <p>*** "Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"</p>		
		<p>Lima, Octubre 24, 2019</p>
<p><u>Carta N° 001-2019-D-FIGAE-UNFV</u></p>		
<p>Señor ALEX GONZALES CASTILLO Alcalde MUNICIPALIDAD DISTRITAL SAN JUAN DE LURIGANCHO</p>		
<p><u>Presente.</u> -</p>		<p>Ref.: <i>Proyecto de Investigación: Calidad del Aire</i></p>
<p>De mi mayor consideración :</p>		
<p>Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente, y a la vez hacer de su conocimiento que el Bach. Jorge Orth ESTEBAN TUMIALAN, de la especialidad de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo (FIGAE) de esta casa superior de estudios, registrado con el Código N° 2006023465, e identificado con el DNI N° 70433001, se encuentra actualmente realizando el proyecto de investigación titulado <u>"Incidencia del flujo vehicular en la calidad de aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Procedes de la Independencia y las Flores en San Juan de Lurigancho"</u>; por tal motivo, solicito tenga a bien brindar las facilidades del caso con el área encargada, <u>para realizar el muestreo mediante la instalación de tubos pasivos, con la finalidad de monitorear la calidad de aire por el periodo de dos (02) meses, en dos (02) avenidas, tal y como se detallan en el plan de investigación.</u></p>		
<p>En la seguridad de merecer su valioso apoyo, quedo de Usted,</p>		
<p align="right">Atentamente,</p>		
		
<p>PMAP: jls.</p>		
<p align="center">Av. Oscar R. Benavides (antes Colonial) N° 450 Lima - Cercado, 4° piso - Telef. 433-9760 (directo) Central Telefónica 746-0888 (anexo 8771) Correo Email: figae@unfv.edu.pe</p>		

ANEXO I

Instalación de los Porta tubo Pasivos en la avenida Próceres de la Independencia.

Fotografía 1. Portatubo pasivo instalado en la avenida Próceres de la Independencia.



Fotografía 2. Portatubo pasivo instalado en la avenida Próceres de la Independencia.



Fotografía 3. Portatubo pasivo instalado en la avenida Próceres de la Independencia.

ANEXO J**Instalación de los Porta tubo Pasivos en la avenida Las Flores.**

Fotografía 1. Portatubo pasivo instalado en la avenida Las Flores.



Fotografía 2. Portatubo pasivo instalado en la avenida Las Flores.



Fotografía 3. Portatubo pasivo instalado en la avenida Próceres de la Independencia.

ANEXO L

Hoja de custodia para el NO₂ / SO₂ en diciembre 2019.

Protocolo									
Dióxido de Azufre/Dióxido de Nitrógeno (SO ₂ /NO ₂ -Combi)-Muestreadores pasivos									
Proyecto: <i>Identificación del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂/SO₂ en las avenidas Píoeces de la Independencia y San Hues en San Juan de los Rios</i>									
Lugar de muestreo código	Lote	Código passam	Inicio			Fin			Observaciones
			Fecha	Hora	Responsable	Fecha	Hora	Responsable	
PEB-SJL-S3	43726	PEK-11	01/12/2019	08:50	J. ESTEBAN	28/12/2019	11:18	J. ESTEBAN	TRÁNSITO LIGERO
P-SJL-I2	43726	PEK-5	01/12/2019	09:00	J. ESTEBAN	28/12/2019	11:25	J. ESTEBAN	TRÁNSITO LIGERO
PESC-SJL-B1	43726	PEK-6	01/12/2019	09:14	J. ESTEBAN	28/12/2019	11:40	J. ESTEBAN	TRÁNSITO MODERADO
LFLA-SJL-B1	43726	PEK-9	01/12/2019	09:35	J. ESTEBAN	28/12/2019	12:13	J. ESTEBAN	TRÁNSITO LIGERO
LF-SJL-I2	43726	PEK-3	01/12/2019	10:18	J. ESTEBAN	28/12/2019	12:30	J. ESTEBAN	TRÁNSITO LIGERO
LFT-SJL-S3	43726	PEK-8	01/12/2019	10:31	J. ESTEBAN	28/12/2019	12:40	J. ESTEBAN	TRÁNSITO LIGERO

Klepel Consulting SAC

ANEXO M

Validez y confiabilidad

Validez

La validez de nuestro proyecto de investigación se sustenta en la metodología empleada y aplicada por Klepel Consulting SAC ;y en las técnicas y procedimientos establecidos para calcular el Flujo vehicular en forma diaria durante un mes.

Volumen de tránsito	Velocidad de Recorrido	Intensidad
$Q = N/T$ en donde, Q= Vehículos que pasan por periodo de tiempo (vehículos/periodos) N= cantidad total de vehículos que pasan. T= periodo de tiempo	$V_r = D_r/T_t$ en donde, Dr = distancia recorrida en un tramo Tt = tiempo total invertido en recorrerla	$I = n(x) / t$ en donde, t= intervalo temporal n° de vehículos que cruzan la sección fija (x) - se pueden utilizar como intensidad horaria (vehículos/horas) e intensidad diaria (vehículos/días)

lugar de medición	muestreadores pasivos		periodo de medición			medición				resultado				Comenta sobre el análisis
	ID	lote no.	principio		tiempo de expo.	valor en blanco		muestras		m / muestreador		Conc		
			fecha	hora	h	[NO2]-ppm	[SO4]2--ppm	[NO2]-ppm	[SO4]2--ppm	NO2 ug	SO2 ug	NO2 ug/m3	SO2 ug/m3	
PEB - SJL - S3	PEK - 10	43726	01/11/2019	10:45	648.1									muestra rota (adsorbente)
P - SJL - I2	PEK - 7	43726	01/11/2019	10:55	648.1	0.10	0.26	11.93	0.95	47.33	1.84	78.5	4.0	
PESC - SJL - B1	PEK - 12	43726	01/11/2019	11:10	648.1	0.10	0.26	19.83	1.03	78.92	2.06	130.9	4.4	
LFLA - SJL - B1	PEK - 2	43726	01/11/2019	11:30	648.2	0.10	0.26	12.27	0.82	48.65	1.49	80.7	3.2	
LF - SJL - I2	PEK - 4	43726	01/11/2019	12:15	648.1	0.10	0.26	11.13	1.30	44.10	2.79	73.2	6.0	
LFT - SJL - S3	PEK - 1	43726	01/11/2019	12:30	648.1	0.10	0.26	12.29	0.72	48.73	1.24	80.9	2.7	

lugar de medición	muestreadores pasivos		periodo de medición		medición				resultado				Comenta sobre el análisis	
	ID	lote no.	principio fecha	hora	tiempo de expo. h	valor en blanco [NO2] ppm	[SO4]2- ppm	muestra [NO2] ppm	[SO4]2- ppm	m / muestreador NO2 ug	SO2 ug	NO2 ug/m3		SO2 ug/m3
PEB - SJL - S3	PEK-11	43726	01/12/2019	08:50	650.5	0.10	0.26	14.69	1.62	59.16	3.63	97.8	7.8	
P - SJL - I2	PEK-5	43726	01/12/2019	09:00	650.4	0.10	0.26	12.97	0.92	51.45	1.77	85.1	3.8	
PESC - SJL - B1	PEK-6	43726	01/12/2019	09:14	650.4	0.10	0.26	16.96	1.40	67.42	3.05	111.5	6.6	
LFLA - SJL - B1	PEK-9	43726	01/12/2019	09:35	650.6	0.10	0.26	11.27	0.64	44.66	1.00	73.8	2.2	
LF - SJL - I2	PEK-3	43726	01/12/2019	10:18	650.2	0.10	0.26	11.58	1.19	46.90	2.49	75.9	5.4	
LFT - SJL - S3	PEK-8	43726	01/12/2019	10:31	650.2	0.10	0.26	11.72	0.77	46.45	1.37	78.8	2.9	
	Blank-1	43726				0.10	0.26	0.10	0.35	<0.12	0.25			



passonweg
Labor für Umweltanalytik
Scheidestr. 4
87081 MANNEDORF

Difusión Pasiva

Confiabilidad

La confiabilidad de nuestro proyecto de investigación se realizó mediante el estadístico Alfa de Cronbach, que nos ha permitido demostrar una alta confiabilidad de cada una de las variables: Flujo vehicular y Calidad del aire por NO2 y SO2.

Como se ha indicado previamente, el país cuenta con la NTP 900.036:2017. "MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Muestreadores de difusión pasiva para la determinación de la concentración de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales", la cual se basa en la Norma Europea EN 13528-1:2002. "Calidad del aire ambiente. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales".

Al respecto, se ha advertido que la Norma Europea EN 13528 prevé en su Parte 2 y Parte 3, los requisitos específicos y métodos de ensayo, así como una guía para la selección, uso y mantenimiento de los muestreadores. En ese sentido, en tanto la NTP 900.036 no incorpore los aspectos antes indicados, el método equivalente por difusión pasiva para la medición del NO₂, es aquel que cumpla con lo señalado en la Norma Europea EN 13528, partes 1, 2 y 3. Por sus características, los muestreadores pasivos únicamente son aplicables a periodos de muestreo semanales o mensuales, no permitiendo la obtención de resultados comparables con ECA horarios, octohorarios o diarios.

Finalmente, otro aspecto a considerar es que, por cada estación y periodo de medición, debe tomarse como mínimo muestras por triplicado, con la finalidad de asegurar la calidad de los resultados.



L.1.2 Validación de los datos de monitoreo

Para efectos de la validación de los datos de monitoreo, toda acción de procesamiento debe tomar en consideración la siguiente información⁶⁰:

- Data original (cruda).

En el caso de los monitoreos discontinuos (ver Tabla N° 3), deben priorizarse como periodos de medición aquellos en los que exista mayor presencia de un determinado contaminante. Por ejemplo, el ozono (O₃) debe medirse, prioritariamente, en los momentos de mayor luz solar;

mientras que el material particulado menor a 2,5 micras (PM_{2.5}), debe medirse preferentemente en los momentos de mayor tránsito automotor o actividad industrial.

Variable Flujo vehicular Mes de Noviembre y Diciembre 2019

Alfa de Cronbach	N de elementos
,859	28

Nota. La confiabilidad es 85.90%

Variable Calidad del aire por NO2 y SO2 Mes de Noviembre y Diciembre 2019

Alfa de Cronbach	N de elementos
,759	28

Nota. La confiabilidad es 75.90%

ANEXO N

Formato utilizado para estimación de contaminantes de NO_x y SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)

HORA:		09:00 a 10:00 HORAS		AVENIDA:		PRÓCERES DE LA INDEPENDENCIA (TRAMO CUADRA 28 A 30)			
Categoría vehicular	Cantidad vehículos por sub categoría	Porcentaje por sub categoría	Velocidad promedio (km/h)	Factor de emisión (g/km_veh)		Emisiones (g/s)			
				NOx	SO2	NOx	SO2		
L I V I A N O S	Automóvil (PARTICULAR)	339	32.66%	15.4	1.5	0.63	0.000141	5.93E-05	
	Station Wagon (TAXIS)	291	28.03%	19.85	1.5	0.63	0.000121	5.09E-05	
	Pick up (4*4)	18	1.73%	14.32	1.5	0.63	7.5E-06	3.15E-06	
	Camioneta rural (COMBIS)	3	0.29%	14.93	3.68	0.12	3.07E-06	1E-07	
	Camioneta Panel (CARGA LIGERA)	33	3.18%	16.76	3.68	0.12	3.37E-05	1.1E-06	
P E S A D O S	Microbús	75	7.23%	13.52	3.68	0.12	7.67E-05	2.5E-06	
	Camión Remolcador (TRAILER)	3	0.29%	19.85	6.85	0.35	5.71E-06	2.92E-07	
	Ómnibus	57	5.49%	15.51	3.761	0.18	5.95E-05	2.85E-06	
	Camión (CARGA PESADA)	6	0.58%	26.15	6.85	0.35	1.14E-05	5.83E-07	
M E N O R E S	Motos lineales	111	10.69%	22.33	0.88	0.11	2.71E-05	3.39E-06	
	Moto taxi	90	8.67%	13.04	0.88	0.11	0.000022	2.75E-06	
	Trimotos de carga	12	1.16%	13.04	0.88	0.11	2.93E-06	3.67E-07	
TOTAL							0.000512	0.000127	

Carmona Aparicio, L. G., Rincón Pérez, M. A., Castillo Robles, A. M., Galvis Remolina, B. R., Sáenz Pulido, H. E., Manrique Forero, R. A., & Pachón Quinche, J. E. (2016).

ANEXO O

Formato utilizado para estimación de contaminantes de NOx y SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)

HORA:		09:00 a 10:00 HORAS		AVENIDA:		LAS FLORES (TRAMO CUADRA 4 A 7)			
Categoría vehicular	Cantidad vehículos por sub categoría	Porcentaje por sub categoría	Velocidad promedio (km/h)	Factor de emisión (g/km_ve)		Emisiones (g/s)			
				NOx	SO ₂	NOx	SO ₂		
L I V I A N O S	Automóvil (PARTICULAR)	370	32.69%	35	1.5	0.63	0.000154	6.48E-05	
	Station Wagon (TAXIS)	198	17.49%	35	1.5	0.63	8.25E-05	3.47E-05	
	Pick up (4*4)	39	3.45%	35	1.5	0.63	1.63E-05	6.83E-06	
	Camioneta rural (COMBIS)	21	1.86%	25	3.68	0.12	2.15E-05	7E-07	
	Camioneta Panel (CARGA LIGERA)	78	6.89%	25	3.68	0.12	7.97E-05	2.6E-06	
P E S A D O S	Microbús	75	6.62%	25	3.68	0.12	7.67E-05	2.5E-06	
	Camión Remolcador (TRAILER)	3	0.26%		6.85	0.35	5.71E-06	2.92E-07	
	Ómnibus	78	6.89%	25	3.761	0.18	8.15E-05	3.9E-06	
	Camión (CARGA PESADA)	42	3.71%	25	6.85	0.35	7.99E-05	4.08E-06	
M E N O R E S	Motos lineales	90	7.95%	20	0.88	0.11	0.000022	2.75E-06	
	Moto taxi	96	8.48%	20	0.88	0.11	2.35E-05	2.93E-06	
	Trimotos de carga	42	3.71%	20	0.88	0.11	1.03E-05	1.28E-06	
TOTAL							0.000654	0.000127	

Carmona Aparicio, L. G., Rincón Pérez, M. A., Castillo Robles, A. M., Galvis Remolina, B. R., Sáenz Pulido, H. E., Manrique Forero, R. A., & Pachón Quinche, J. E. (2016).

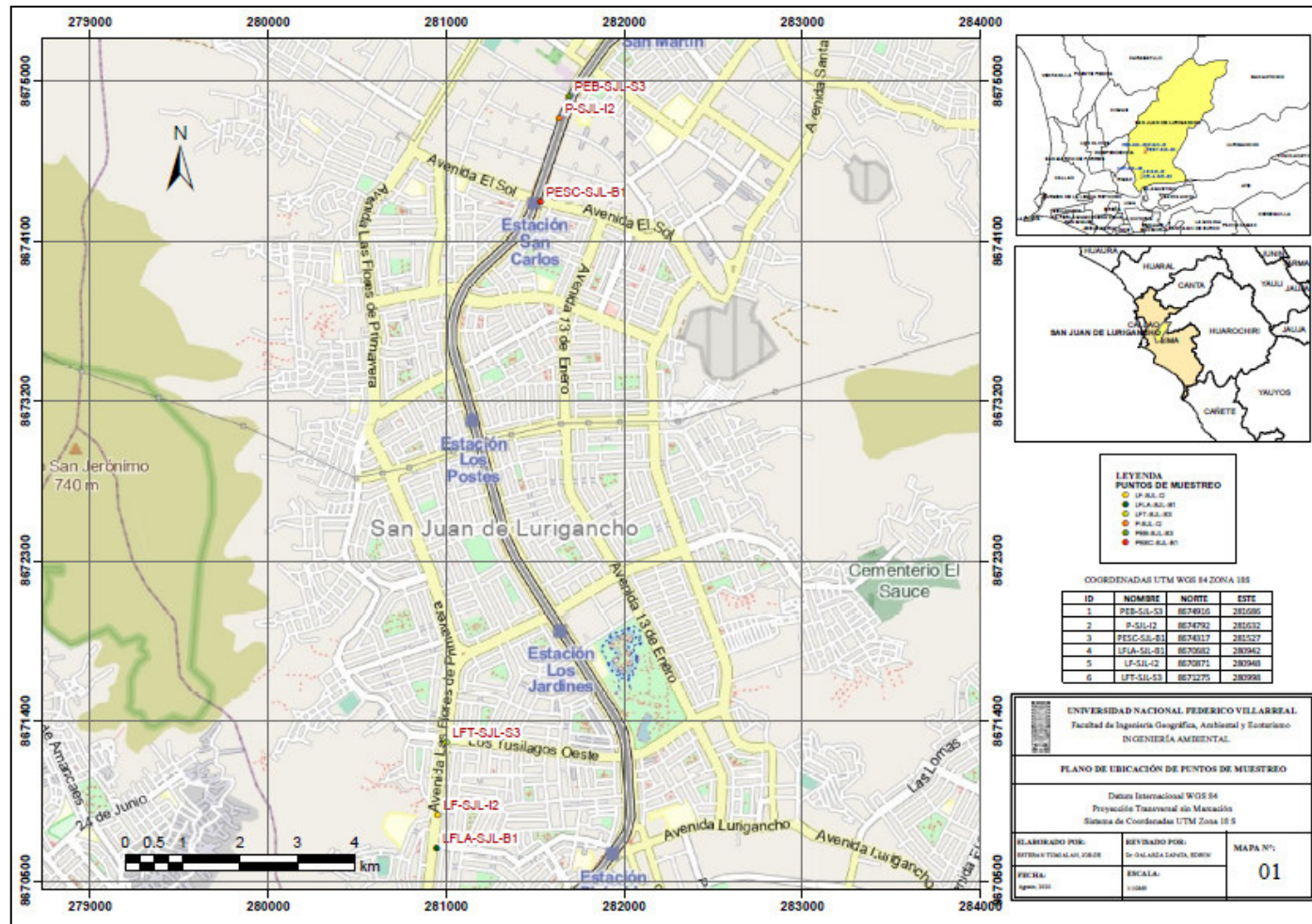
ANEXO P

Información metereológica solicitada a SENAMHI: archivo tipo SAMSON

~12345 MJL											ID	0	N11	58	W076	59	39											21
~YR	MO	DA	HR	I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21			
19	11	15	12	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	19.3	9999.	68	758	202	3.3	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	2
19	11	15	13	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	19.3	9999.	69	758	209	3.7	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	14	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	19.0	9999.	70	758	214	3.4	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	15	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	18.7	9999.	72	758	213	3.1	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	16	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	18.2	9999.	73	758	202	3.6	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	17	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.8	9999.	75	759	212	3.3	99999.	1369	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	18	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.4	9999.	77	759	209	2.8	99999.	1372	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	19	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.2	9999.	78	760	199	2.5	99999.	1369	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	20	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	78	760	209	2.0	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	21	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.5	9999.	76	760	191	2.2	99999.	1367	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	22	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.7	9999.	75	759	206	2.3	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	23	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.5	9999.	75	759	206	2.0	99999.	1368	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	15	24	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	77	759	209	2.0	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	1	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	78	759	204	1.4	99999.	1368	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	2	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.2	9999.	77	758	182	1.0	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	3	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	77	758	197	1.1	99999.	1365	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	4	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	77	758	189	2.0	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	5	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.0	9999.	78	759	213	1.3	99999.	1369	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	6	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	16.9	9999.	79	760	212	0.5	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	7	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	16.9	9999.	79	760	182	0.8	99999.	1371	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	8	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	17.3	9999.	79	760	213	1.4	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	9	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	18.2	9999.	75	760	188	1.4	99999.	1369	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	10	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	18.2	9999.	73	760	230	1.5	99999.	1367	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	11	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	19.1	9999.	70	759	210	1.9	99999.	1370	999999999	9999	99999.	9999	999	0
19	11	16	12	0	9999	9999	9999	?0	9999	?0	9999	?0	1	1	20.3	9999.	74	759	191	2.4	99999.	1368	999999999	9999	99999.	9999	999	2

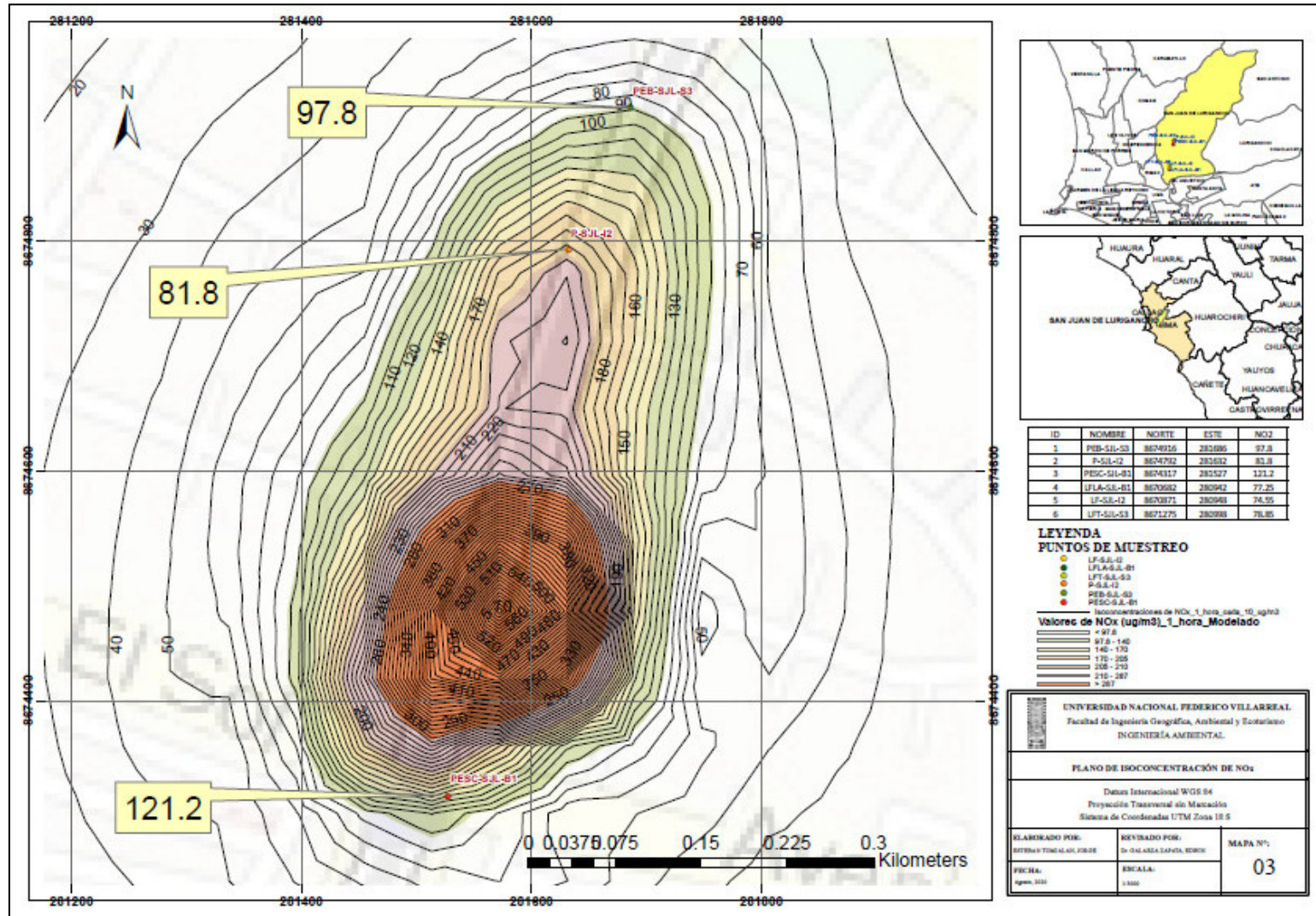
ANEXO Q

Plano de ubicación de los puntos de muestreo



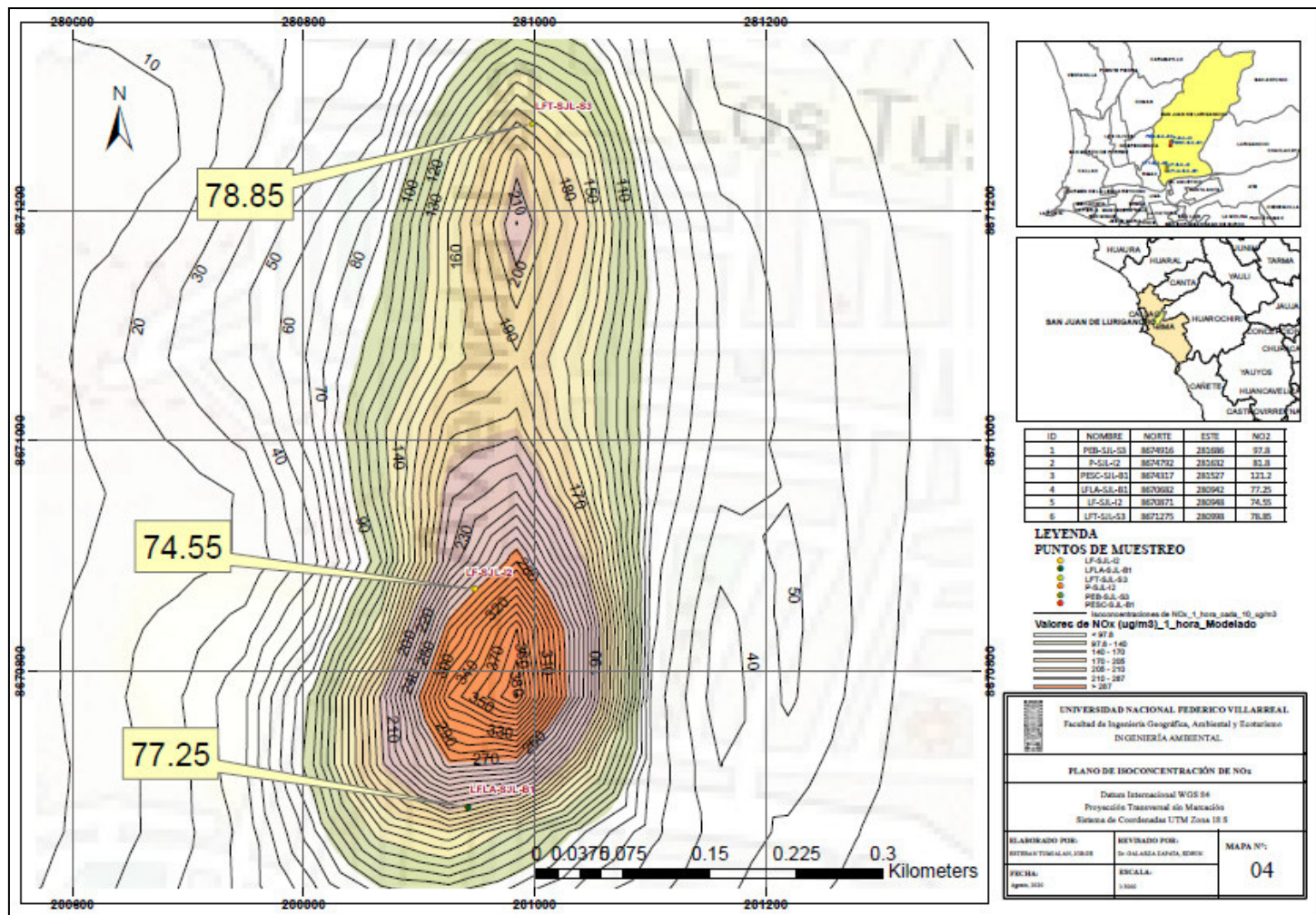
ANEXO R

Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NOx en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)



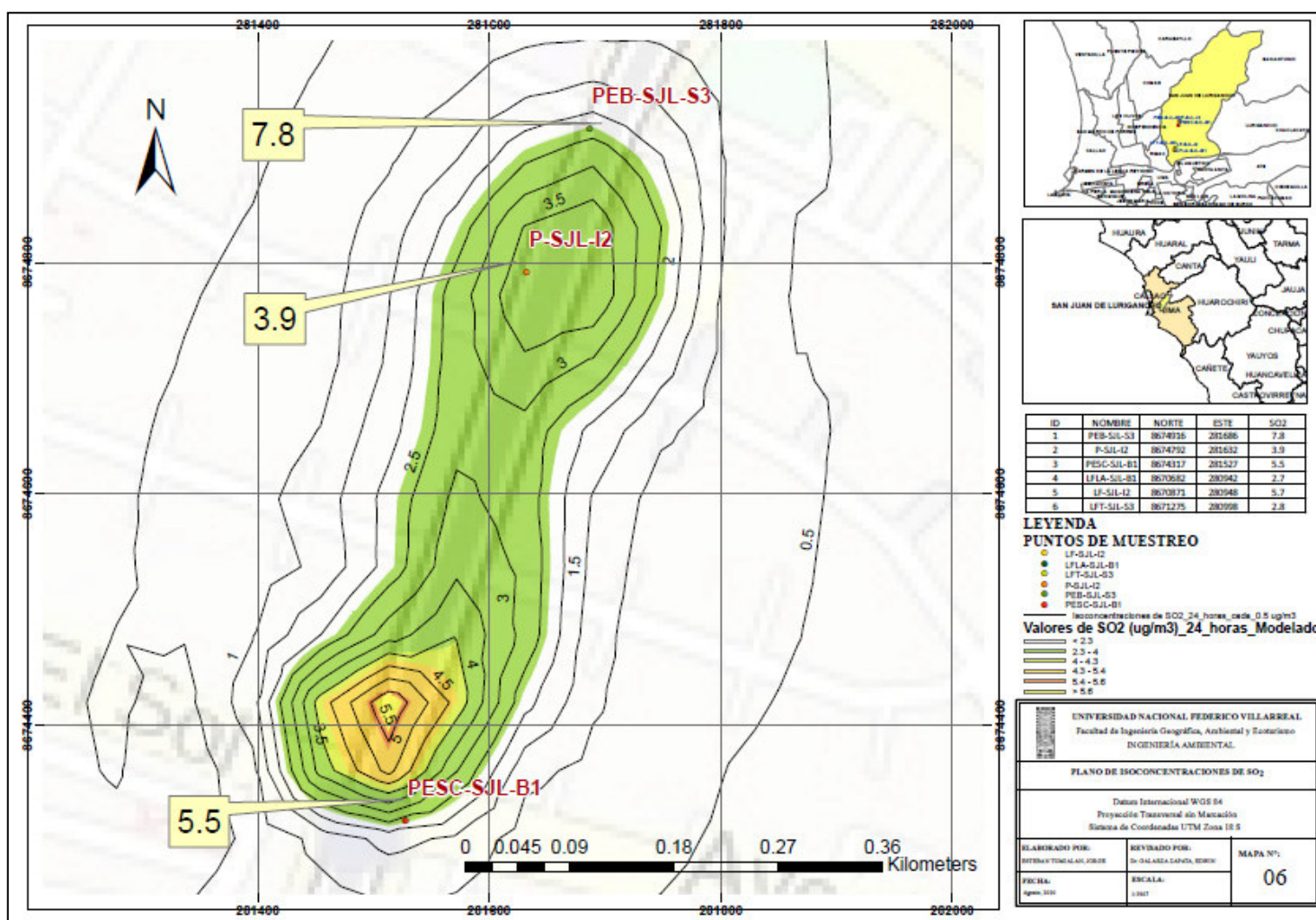
ANEXO S

Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de NOx en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)



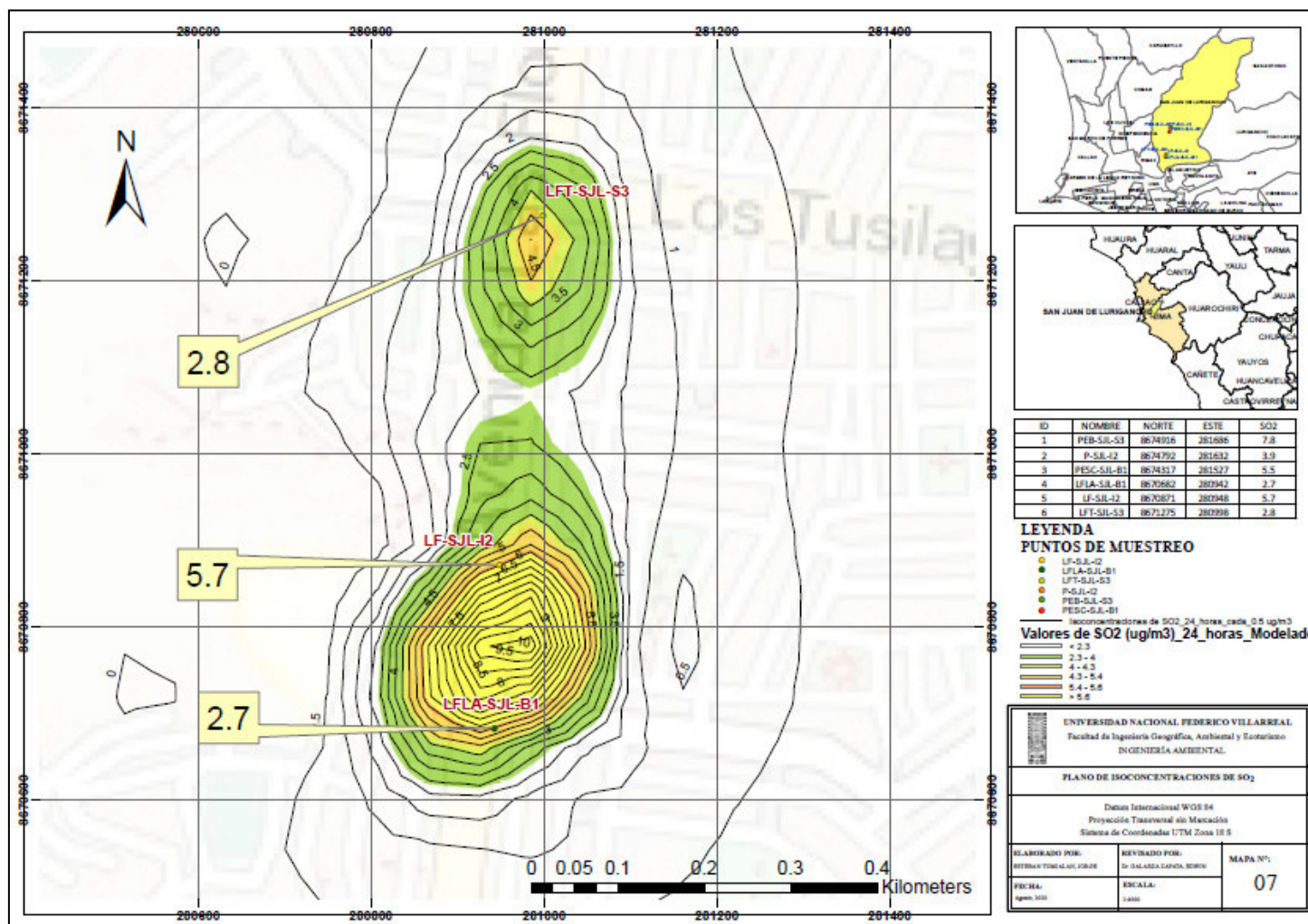
ANEXO T

Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Próceres de la Independencia (tramo cuadra 28 a 30)



ANEXO U

Modelo de dispersión de contaminantes AERMOD – ARCGIS: Plano de isoconcentraciones de SO₂ en avenida Las Flores (tramo cuadra 4 a 7)



ANEXO V

Resultados del análisis de laboratorio de los tubos pasivos para el NO₂ / SO₂ en noviembre 2019

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag
air quality monitoring

NO₂/SO₂ Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo

Información del cliente cliente: Klepel Consulting identificación del cliente: PEK contacto: Roland Klepel proyecto: Lurigancho referencia:	muestreadores pasivos recepción: 11.02.2020 tipo: badge contaminante: NO ₂ /SO ₂	análisis método: SP19 cromatografía iónica analito: NO ₂ /SO ₂ fecha: 12.02.2020 lugar: passam ag
---	--	--

Informe de prueba creado en: 17.02.2020 creado por: C. Panier revisado: 18.02.2020 revisado por: S. Huber nombre del archivo: PEK191902 páginas: 1	
---	---

notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch
concentración calculada suponiendo: T = 20°C, p = 1013 hPa; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		período de medición			medición				resultado				Comenta sobre el análisis
	ID	lote no	principio fecha	hora	tiempo de expo. h	valor en blanco		muestras		m / muestreador		Conc		
						[NO ₂] ppm	[SO ₂] ppm	[NO ₂] ppm	[SO ₂] ppm	NO ₂ ug	SO ₂ ug	NO ₂ ug/m ³	SO ₂ ug/m ³	
PEB - SJL - S3	PEK - 10	43726	01/11/2019	10:45	648.1									muestra rota (adsorbente)
P - SJL - I2	PEK - 7	43726	01/11/2019	10:55	648.1	0.10	0.26	11.93	0.95	47.33	1.84	78.5	4.0	
PESC - SJL - B1	PEK - 12	43726	01/11/2019	11:10	648.1	0.10	0.26	19.83	1.03	78.92	2.06	130.9	4.4	
LFLA - SJL - B1	PEK - 2	43726	01/11/2019	11:30	648.2	0.10	0.26	12.27	0.82	48.65	1.49	80.7	3.2	
LF - SJL - I2	PEK - 4	43726	01/11/2019	12:15	648.1	0.10	0.26	11.13	1.30	44.10	2.79	73.2	6.0	
LFT - SJL - S3	PEK - 1	43726	01/11/2019	12:30	648.1	0.10	0.26	12.29	0.72	48.73	1.24	80.9	2.7	





passam ag, Schellenstrasse 44, 8706 Männedorf, Switzerland, accredited laboratory for air analysis by diffusive samplers according to ISO/IEC 17025 page 1

ANEXO W

Resultados del análisis de laboratorio de los tubos pasivos para el NO₂ / SO₂ en diciembre 2019

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire


passam ag
air quality monitoring

NO₂/SO₂ Medición de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre mediante muestreador pasivo


información del cliente	muestreadores pasivos	análisis	informe de prueba
cliente: Klepel Consulting	recepción: 11.02.2020	método: SP19 cromatografía iónica	creado en: 17.02.2020
identificación del cliente: PEK	tipo: badge	análisis: NO ₂ /SO ₂	creado por: C. Panler
contacto: Roland Klepel	contaminante: NO ₂ /SO ₂	fecha: 12.02.2020	revisado: 18.02.2020
proyecto: Lurigancho		lugar: passam ag	revisado por: S. Huber
referencia:			nombre del archivo: PEK191903
			páginas: 1

notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch
concentración calculada suponiendo: T = 20°C; p = 1013 hPa; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		periodo de medición		medición				resultado				Comentarios sobre el análisis	
	ID	lote no.	principio fecha	tiempo de expo. hora	valor en blanco [NO ₂] ppm	[SO ₂] ppm	muestras [NO ₂] ppm	[SO ₂] ppm	m / muestreador NO ₂ ug	SO ₂ ug	Conc NO ₂ ug/m ³	SO ₂ ug/m ³		
PEB - SJL - S3	PEK - 11	43726	01/12/2019	08:50	650.5	0.10	0.26	14.89	1.62	59.16	3.63	97.8	7.8	
P - SJL - I2	PEK - 5	43726	01/12/2019	09:00	650.4	0.10	0.26	12.97	0.92	51.45	1.77	85.1	3.8	
PESC - SJL - B1	PEK - 6	43726	01/12/2019	09:14	650.4	0.10	0.26	16.96	1.40	67.42	3.05	111.5	6.8	
LFLA - SJL - B1	PEK - 9	43726	01/12/2019	09:35	650.6	0.10	0.26	11.27	0.64	44.66	1.00	73.8	2.2	
LF - SJL - I2	PEK - 3	43726	01/12/2019	10:18	650.2	0.10	0.26	11.58	1.19	45.90	2.49	75.9	5.4	
LFT - SJL - S3	PEK - 8	43726	01/12/2019	10:31	650.2	0.10	0.26	11.72	0.77	46.45	1.37	76.8	2.9	
	Blank-1	43726				0.10	0.26	0.10	0.35	<0.12	0.25			



KLEPEL CONSULTING S.A.
ROLAND KLEPEL
CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN



passam ag
Labor für Umweltsanalytik
Schellenstrasse 44
8708 MÄNNEDORF

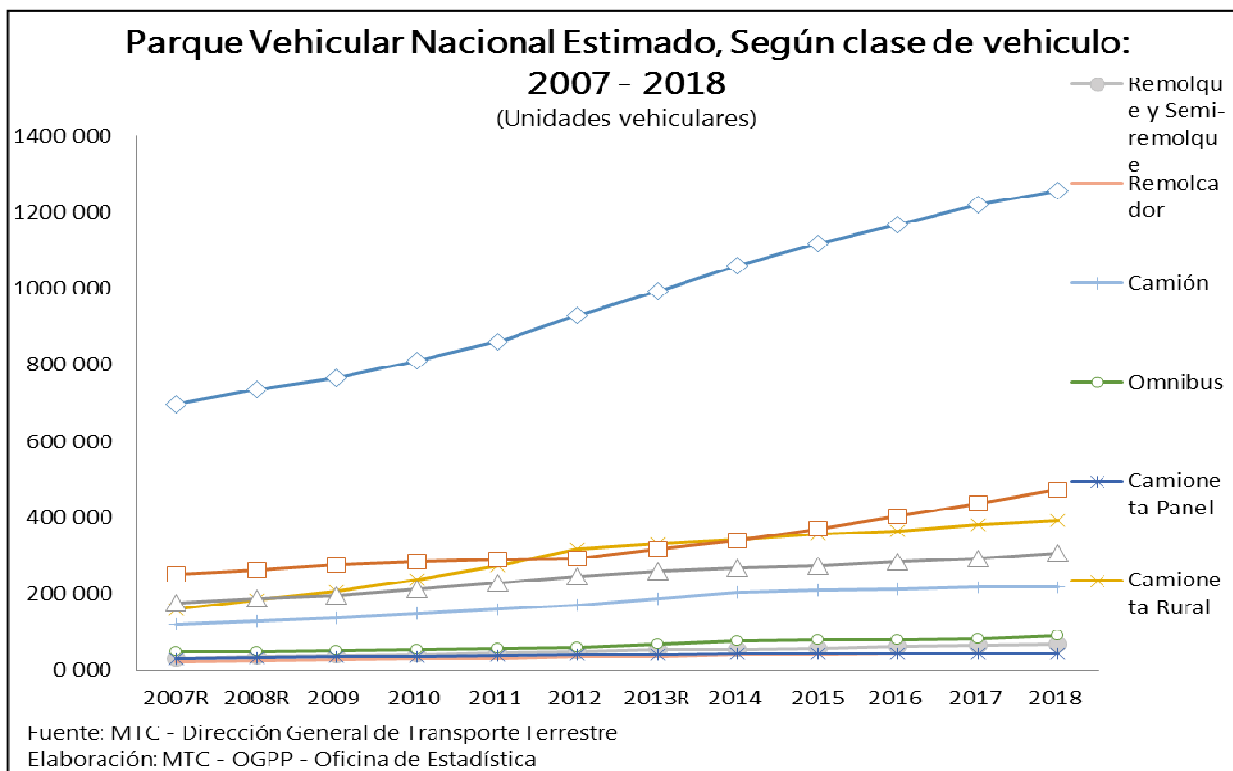
passam ag, Schellenstrasse 44, 8708 Männedorf, Switzerland, accredited laboratory for air analysis by diffusive samplers according to ISO/IEC 17025 page 1

ANEXO X

Parque vehicular nacional estimado, según clase de vehículo: 2007 - 2018.

PARQUE VEHICULAR NACIONAL ESTIMADO, SEGÚN CLASE DE VEHÍCULO: 2007-2018												
(Unidades vehiculares)												
CLASE DE VEHÍCULO	2007 ^R	2008 ^R	2009	2010	2011	2012	2013 ^R	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837	2 287 875	2 423 696	2 544 133	2 661 719	2 786 101	2 894 327
Automóvil	696 897	735 314	766 742	809 967	860 366	927 698	993 705	1 058 075	1 116 226	1 167 041	1 220 121	1 254 803
Station Wagon	250 979	261 441	274 566	285 300	289 649	292 840	318 022	340 009	369 554	403 193	436 923	472 955
Camioneta Pick Up	176 111	187 940	196 833	210 988	228 321	246 205	258 028	266 305	274 153	283 479	293 292	305 855
Camioneta Rural	159 829	184 328	207 067	235 889	272 596	318 484	330 472	342 645	354 858	365 316	379 895	391 591
Camioneta Panel	29 684	32 498	34 172	36 184	37 847	39 476	40 938	41 976	42 892	43 387	43 935	44 349
Omnibus	48 542	49 882	51 563	54 389	56 704	59 088	69 128	77 773	78 579	80 119	82 377	90 315
Camión	120 661	129 295	137 407	147 293	158 939	171 407	187 970	203 180	208 216	213 155	218 006	217 931
Remolcador	20 872	24 890	26 457	28 679	30 779	33 722	36 017	39 482	41 514	43 604	45 352	47 074
Remolque y Semi-remolque	30 728	35 382	38 027	41 001	44 664	48 917	53 595	54 251	58 141	62 425	66 200	69 454

R/: Cifras revisadas, reajustadas por haberse detectado mayor incremento de inscripciones vehiculares.
P/: Estimación Preliminar.
Fuente: Superintendencia Nacional de los Registros Públicos
Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística



ANEXO Y

Información metereológica solicitada a SENAMHI

SENAMHI SERVICIO NACIONAL METEOROLOGIA E HIDROL. JR. CAHUIDE 785 FRENTE DEL SEGURO JESUS MARIA - LIMA - LIMA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20131366028 EB01-489				
Fecha de Vendimiento : Fecha de Emisión : 07/08/2020 Señor(es) : JORGE ORTH ESTEBAN : TUMIALAN DNI : 70433001 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	INFORMACION METEOROLOGICA, PPTO. N° 20200000008	135.00	0.00	159.30	0.00
Otros Cargos :						S/0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/159.30
SON: CIENTO CINCUENTA Y NUEVE Y 30/100 SOLES						
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :		S/ 135.00		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :		S/ 0.00		
		Op. Inafecta :		S/ 0.00		
		ISC :		S/ 0.00		
		IGV :		S/ 24.30		
		ICBPER :		S/ 0.00		
		Otros Cargos :		S/ 0.00		
		Otros Tributos :		S/ 0.00		
		Importe Total :		S/ 159.30		
<i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i>						

ANEXO Z

Norma de la Calidad del aire en el Perú

TIPO DE NORMA	ORGANO EMISOR	TÍTULO	FECHA DE PUBLICACIÓN
Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM	Ministerio del Ambiente	Aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire	2-Dic-2019
Decreto Supremo N° 181-2019-EF	Ministerio de Economía y Finanzas	Actualizan los Impuestos Selectivos al Consumo (ISC) de los vehículos que se incorporan al parque automotor nacional. El aspecto más resaltante es que se uniformizará el ISC de 40% a todo vehículo antiguo. Asimismo, el % de ISC para vehículos y motocicletas nuevas estará en función al tamaño de la cilindrada de los referidos.	15-Jun-2019
Decreto Supremo N° 003-2018-MINAM	Ministerio del Ambiente	Aprueba los Índices de Nocividad de Combustibles (INC), para el período 2018-2019, tomando como base de referencia el combustible más limpio disponible en el país (gas natural).	9-May-2018
Decreto Supremo N° 094-2018-EF	Ministerio de Economía y Finanzas	Modifica los Impactos Selectivos al Consumo (ISC) de combustibles. Estos nuevos ISC para combustibles, incorporando de mejor manera el criterio ambiental y el principio contaminador-pagador, ya que los combustibles más limpios tienen un menor ISC.	9-May-2018

Decreto Supremo N° 095-2018-EF	Ministerio de Economía y Finanzas	Modifica los Impuestos Selectivos al Consumo (ISC) de los vehículos que se incorporan al parque automotor nacional. El aspecto más resaltante es que los automóviles nuevos a gas, híbridos y eléctricos cuentan ya con un ISC de 10%.	9-May-2018
Decreto Supremo N° 010-2017-MINAM	Ministerio del Ambiente	Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados en el país y vehículos automotores usados importados.	30-Nov-2017
Decreto Supremo N° 025-2017-EM	Energía y Minas	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en La Libertad. Asimismo, establece la obligatoriedad de comercialización y uso de gasolinas y gasoholes de alto octanaje (95, 97 y 98 octanos) con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm, a nivel nacional.	8-Set-2017
Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM	Ministerio del Ambiente	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias	07-Jun-2017
NTP 900.036 2017.	Ministerio de Producción	MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL. Calidad del aire. Muestreadores de difusión pasiva para la determinación de la concentración degases y vapores.	19-Abr-2017

		Requisitos y métodos de ensayo. Parte 1: Requisitos generales. 2a Edición Reemplaza a la NTP 900.036:2006	
Ordenanza N° 344	Municipalidad Distrital de San Juan de Lurigancho	Aprueban la Agenda Ambiental Local del Distrito de San Juan de Lurigancho para el período 2017 - 2018	23-Mar-2017
Decreto Supremo N° 038-2016-EM	Energía y Minas	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Huancavelica, Ica, Lambayeque y Pisco.	23-Dic-2016
Decreto Supremo N° 014-2016-MINAM	Ministerio del Ambiente	Modifican Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial Modificación del Anexo N.º 1 del Decreto Supremo N.º 047-2001-MTC.	6-Nov-2016
Decreto Supremo N° 009-2015-MINAM	Ministerio del Ambiente	Establece la obligatoriedad de comercialización y uso de Diésel con un contenido de azufre no mayor a 50 ppm en Junín, Tacna y Moquegua, a partir del 01 de Enero del 2016; en adición a los departamentos de Lima, Arequipa, Cusco, Puno, Madre de Dios y la Provincia Constitucional del Callao.	7-Ago-2015

Decreto Supremo N° 009-2015-MINAM.	Ministerio del Ambiente	Aprueban medidas destinadas a la mejora de la calidad ambiental del aire a nivel nacional.	7-Ago-2015
Resolución Ministerial N° 327-2013-MINAM.	Ministerio del Ambiente	Rectificar, con eficacia anticipada al 13 de julio de 2013, el error material contenido en el primer párrafo del artículo 1° de la Resolución Ministerial N° 205-2013-MINAM, el cual quedará redactado de la siguiente manera: Establecen cuencas atmosféricas a las cuales será aplicable los numerales 2.2, 2.3 del art.2 del D.S 006-2013-MINAM.	21-Oct-2013
Resolución Ministerial N° 205-2013-MINAM.	Ministerio del Ambiente	Establecen “cuentas” atmosféricas a las cuales será aplicable los numerales 2.2, 2.3 del art.2 del D.S 006-2013-MINAM.	13-Jul-2013
Decreto Supremo N° 004-2013-MINAM	Ministerio del Ambiente	Modificación de los Sub Acápites II.1 y II.2 del Acápite II del Anexo N° 1 del Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, modificado por Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM	30-may-2013
Decreto Supremo N° 009-2012-MINAM	Ministerio del Ambiente	Modifican Decreto Supremo N° 047-2001-MTC, que establece Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que circulen en la Red Vial	18-dic-2012

Decreto Supremo N° 061-2009-EM	Energía y Minas	Establecen criterios para determinar zonas geográficas en que se podrá autorizar la comercialización de combustible diésel con	27-Ago-2009
R.D. N° 1404/2005/DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA	“Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos”	9-Oct-2005
Decreto Supremo N° 012-2005-SA	Presidencia del Consejo de Ministros	Modifican el reglamento de Niveles de Estados de Alerta Nacionales de Contaminantes del Aire	10-May-2005
Decreto Supremo N° 009-2003-SA	Presidencia del Consejo de Ministros	Aprueban el reglamento de Niveles de Estados de Alerta Nacionales de Contaminantes del Aire	25-Jun-2003
Decreto de Supremo N° 047-2001-MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos en circulación, vehículos nuevos o producidos para el Perú, usados a ser importados y vehículos menores.	31-Oct-2001
Decreto Supremo N° 074-2001-PCM	Ministerio del Ambiente	Aprueban Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. (Art. 12 y 13)	24-Jun-2001

ANEXO AA

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire – 2017 (Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico), NE (Significa no exceder)

Parámetros	Período	Valor	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C₆H₆)	Añual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces/año	Fluorescencia UV (método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Añual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM_{2.5})	24 horas	50	NE más de 7 veces/año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Añual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces/año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Añual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)^[2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 hora	10000	Media aritmética móvil	(Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono (O₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría UV (Método automático)
Plomo (Pb) en PM₁₀	Mensual	1.5	NE más de 4 veces al año	Método para PM10 (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Añual	0.5	Media aritmética de los valores	

			mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)

NE: No exceder

⁽¹⁾ O método equivalente aprobado.

⁽²⁾ El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Nota. La Tabla 15 muestra los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire mediante el Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. 7 de junio de 2017. Diario Oficial El Peruano 1529835-1.