

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Presentador por:

Bach. DANIEL QUISPE GUIZADO

**INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR Y SU RELACIÓN
CON LA CALIDAD DEL AIRE POR NO₂ Y SO₂ EN LAS
AVENIDAS JOSÉ MARÍA ARGUEDAS Y
SESQUICENTENARIO DE LA PROVINCIA DE
ANDAHUAYLAS, APURÍMAC, 2023.**

Asesor:

Dr. MANUEL OCTAVIO FERNÁNDEZ ATHÓ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL.**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2023

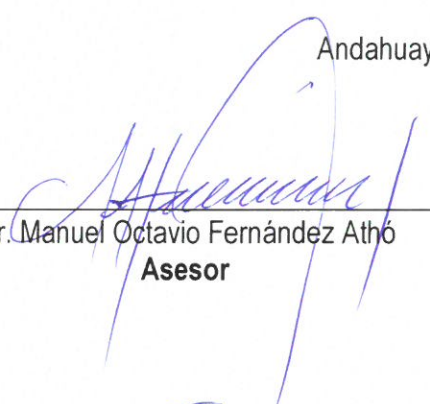


APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:
Dr. MANUEL OCTAVIO FERNÁNDEZ ATHÓ

CERTIFICA,
Que, el bachiller en **Ingeniería Ambiental**, Daniel Quispe Guizado ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "**(INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE POR NO₂ Y SO₂ EN LAS AVENIDAS JOSÉ MARÍA ARGUEDAS Y SESQUICENTENARIO DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, APURÍMAC, 2023.)**" para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Andahuaylas. 04 de agosto del 2023



Dr. Manuel Octavio Fernández Athó
Asesor



Daniel Quispe Guizado
Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. José María Arguedas del Local Académico SL01 (Ccoyahuacho) en el auditorio del Departamento Académico de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de San Jerónimo de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 11:00 horas del día 30 de octubre del año 2023, se reunieron los docentes: Dra. María Del Carmen Delgado Laime, Mtro. Carlos Eduardo Dueñas Valcárcel, Mtro. Alexei Reynaga Medina, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "INCIDENCIA DEL FLUJO VEHICULAR Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AIRE POR NO2 Y SO2 EN LAS AVENIDAS JOSÉ MARÍA ARGUEDAS Y SESQUICENTENARIO DE LA PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, APURÍMAC, 2023", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Ambiental **DANIEL QUISPE GUIZADO**, y el Asesor Dr. Manuel Octavio Fernández Athó, con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador **ACORDÓ: APROBAR** por **UNANIMIDAD** al Bachiller en Ingeniería Ambiental **DANIEL QUISPE GUIZADO**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
15	Quince	Bueno

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Dra. María Del Carmen Delgado Laime
Presidente del Jurado Evaluador

Mtro. Carlos Eduardo Dueñas Valcárcel
Primer Miembro del Jurado Evaluador

Mtro. Alexei Reynaga Medina
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



Andahuaylas, 12 de diciembre de 2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (18%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Incidencia del flujo vehicular y su relación con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac 2023. Presentado por la Bach. Daniel Quispe Guizado cuyo Asesor es el Dr. Manuel Octavio Fernández Athó.

Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

M.Sc. Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

C.c
Archivo.

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL-DANIEL QUISPE GUIZA
DO.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

20276 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

103 Pages

FECHA DE ENTREGA

Dec 4, 2023 8:06 AM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

108986 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.1MB

FECHA DEL INFORME

Dec 4, 2023 8:07 AM GMT-5

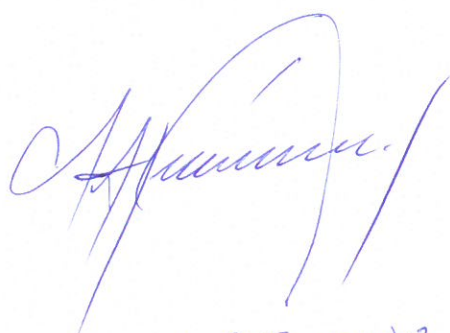
● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

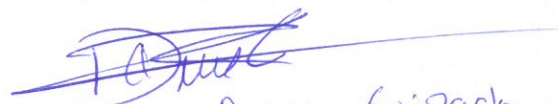
- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



Dr. Manuel O. Fernandez Atho
Asesor



Daniel Quispe Guizado
Estudiante

● 18% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

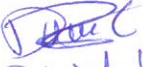
- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES


Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unfv.edu.pe Internet	11%
2	repositorio.uta.edu.ec Internet	1%
3	hdl.handle.net Internet	1%
4	repositorio.uncp.edu.pe Internet	<1%
5	extwprlegs1.fao.org Internet	<1%
6	repositorio.uap.edu.pe Internet	<1%
7	eprints.uanl.mx Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
9	repositorio.urp.edu.pe Internet	<1%

10	repositorio.ucsm.edu.pe Internet	<1%
11	html.rincondelvago.com Internet	<1%
12	ignotofago.wordpress.com Internet	<1%
13	yumpu.com Internet	<1%
14	minam.gob.pe Internet	<1%
15	edoc.pub Internet	<1%
16	repositorio.utea.edu.pe Internet	<1%
17	repositorio.unajma.edu.pe Internet	<1%
18	unas.edu.pe Internet	<1%
19	1library.co Internet	<1%
20	docplayer.me Internet	<1%
21	qdoc.tips Internet	<1%


Daniel Quispe Guizado

22	repositorio.ulasamericas.edu.pe	Internet	<1%
23	repositorio.upao.edu.pe	Internet	<1%
24	repositorio.continental.edu.pe	Internet	<1%
25	repositorio.unal.edu.co	Internet	<1%
26	repositorio.upsc.edu.pe	Internet	<1%
27	repositorio.upt.edu.pe	Internet	<1%
28	secgen.unajma.edu.pe	Internet	<1%
29	coursehero.com	Internet	<1%
30	repositorio.undac.edu.pe	Internet	<1%
31	repositorio.unid.edu.pe	Internet	<1%
32	repositorio.unjfsc.edu.pe	Internet	<1%
33	repositorio.upla.edu.pe	Internet	<1%

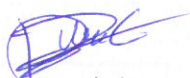

Daniel Wosper bo.7ud

34

ucbcba.edu.bo

Internet

<1%


Daniel Wispe b. → w. o.

Descripción general de fuentes

DEDICATORIA

A Dios, ya que con él todo es posible. A Gregorio y Anatolia queridos padres, que siempre serán los pilares fundamentales en mi vida. A Yudith Marleny, Neri, Soledad, Deysi Flor, Ruth Fanny y Linda Damaris queridas hermanas y tíos por ser mi punto de apoyo incondicional, alentándome para conseguir mis metas propuestas, asimismo a la Ing. Susan por su apoyo incondicional en todo aquello que fue necesario de lograr esta meta, asimismo a la Ing. Nancy y Amanda por ser parte de los momentos vividos, finalmente a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en el desarrollo de la presente tesis.

DANIEL

La educación es la clave del futuro: la clave del destino del hombre y de su posibilidad de actuar en un mundo mejor.

Robert F. Kennedy

AGRADECIMIENTO

- A la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional José María Arguedas, por brindarme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por sus enseñanzas en las diversas asignaturas como parte del proceso de formación.
- Al Dr. Manuel Octavio Fernández Athó, asesor de tesis, por su esfuerzo y dedicación, quien, con experiencia, paciencia y motivación, se logró culminar el presente trabajo de investigación.
- A Dra. María del Carmen Delgado Laime. Mtro. Carlos Eduardo Dueñas Valcárcel y Mtro. Alexei Reynaga Medina jurado evaluador por sus sugerencias y recomendaciones formuladas para la mejora significativa del presente informe final de tesis.
- Al laboratorio Passam AG de Zuiza, y a la empresa Klepel Consulting SAC, por su apoyo en el análisis de gases.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
CHUMASQA.....	xii
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 Realidad problemática.....	16
1.2 Justificación de la investigación.....	18
1.3 Formulación del problema	18
1.3.1 Problema general	18
1.3.2 Problemas específicos	18
1.4 Objetivos de la investigación	19
1.4.1 Objetivo general.....	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Hipótesis.....	20
1.5.1 Hipótesis general.....	20
1.5.2 Hipótesis específicas.....	20
2 CAPÍTULO II: ANTECEDENTES	21
2.1 Antecedentes internacionales	21
2.2 Antecedentes nacionales	23
3 CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	27
3.1 Marco teórico	27
3.1.1 El motor de los vehículos a combustión interna	27
3.1.2 Tipos de combustión de los motores de combustión interna alternativo	28
3.1.3 Proceso de combustión	29
3.1.4 Flujo vehicular	32
3.1.5 Intensidad horaria.....	33
3.1.6 Emisión de contaminantes	33
3.1.7 Gases contaminantes.....	33

3.2	Marco conceptual	41
3.2.1	Definición del Aire	41
4	CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
4.1	Método	50
4.1.1	Tipo de investigación.....	50
4.1.2	Diseño de investigación	50
4.1.3	Estrategia de prueba de hipótesis.....	51
4.1.4	Ámbito espacial geográfica.....	51
4.1.5	Variables	52
4.1.6	Población y muestra.....	53
4.1.7	Procedimientos.....	56
4.1.8	Volumen de transito.....	62
4.1.9	Velocidad recorrida.....	62
5	CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	68
5.1	Volumen de tránsito que se relaciona con la calidad del aire de NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023. .	68
5.1.1	Contrastación de la hipótesis	70
5.2	Velocidad de recorrido que se relaciona con la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.	71
5.2.1	Contrastación de la hipótesis	79
5.3	Intensidad horaria que se relaciona con la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023. .	79
5.3.1	Contrastación de la hipótesis	80
5.4	El nivel de concentración de NO ₂ y SO ₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.....	81
5.4.1	Comparación de las concentraciones del dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre con estándares de calidad ambiental.	83
5.5	Discusión.....	84
	CONCLUSIONES	86
	RECOMENDACIONES.....	87

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
ANEXOS	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perfil de emisiones por el tipo de combustible - Kg/Km de operación.	35
Tabla 2. Clasificación de contaminantes	36
Tabla 3. Fuentes naturales de contaminación	41
Tabla 4. Composición del aire seco en parte más baja de troposfera.	43
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los métodos de medición de la calidad del aire.	48
Tabla 6. Los 4 puntos de Muestreo.....	52
Tabla 7. Operacionalización de variables	53
Tabla 8. Diagrama de la metodología.	56
Tabla 9. Coordenadas de los puntos de muestreo.	57
Tabla 10. Desviaciones estándar para determinar el tamaño de la muestra.....	64
Tabla 11. La constante “K” y el nivel de confianza.	65
Tabla 12. Proyección de la población de la provincia de Andahuaylas.....	66
Tabla 13. Volumen de tránsito en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.	69
Tabla 14. Velocidades de recorrido en la avenida Sesquicentenario P1 (cruce con la avenida Manco Cápac), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023	72
Tabla 15. Velocidades de recorrido en la avenida Sesquicentenario P2 (cruce con la avenida Floresta), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023	74
Tabla 16. Velocidades de recorrido en la avenida José María Arguedas P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023	76
Tabla 17. Velocidades de recorrido en la avenida José María Arguedas P4 (cruce con la avenida Martinelli), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023.	78
Tabla 18. Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del parque vehicular autorizado para el transporte de pasajeros en el ámbito nacional e internacional	17
Figura 2. Motor a combustión interna.....	27
Figura 3. Fases de motor de 4 tiempos.	29
Figura 4. Reacción estequiométrica de la combustión.....	31
Figura 5. Entrada y salida de combustión.....	31
Figura 6. Tipos de emisión de vapores contaminantes.	37
Figura 7. Porcentaje aproximado de gases de escape de motor a gasolina.	39
Figura 8. Porcentaje aproximado de los gases de escape de un motor diésel	40
Figura 9. Estándar de la calidad del aire en Perú	44
Figura 10. Diagrama del muestreador de difusión pasiva.....	46
Figura 11	59
Figura 12. Filtro pasivo Combi para SO ₂ y NO ₂ instalados en la porta filtros	60
Figura 13. Proyección poblacional	67
Figura 14. Porcentaje del volumen de tránsito en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.	70
Figura 15. Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	79
Figura 16. Intensidad horaria en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas	80
Figura 17. Resultados de Concentración del NO ₂ en los Puntos de muestreo.....	81
Figura 18. Resultados de Concentración del SO ₂ en los Puntos de muestreo.	82
Figura 19. Comparación de concentración de dióxido de nitrógeno (NO ₂) con estándar de la calidad ambiental (ECA).....	83
Figura 20. Comparación de concentración de dióxido de nitrógeno (SO ₂) con estándar de la calidad ambiental (ECA).....	84

RESUMEN

La finalidad de la presente fue determinar la relación de la incidencia del Flujo vehicular con la calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023. La investigación es de tipo aplicada, no experimental, correlacional y transversal cuya técnica para recopilar los datos fue formato de conteo de vehículos, observación en in situ. La metodología utilizada para analizar la concentración de NO_2 y SO_2 fue de difusión pasiva, que consistió en instalar estratégicamente muestreadores en postes de semáforo a una altura de 3 metros por un periodo de 28 días, al finalizar el tiempo de muestreo fueron retirados y enviados al laboratorio Passam AG de Zuiza, por medio de la empresa Klepel Consulting SAC. Entre los principales resultados el volumen de tránsito total es 481931 vehículos, la velocidad recorrida promedio P1 es de 24.346 Km/h; P2 es 24.346 Km/h; P3 es 19.018 Km/h y P4 es 18.318 Km/h; en cuanto a la intensidad horaria fue de 4302.955 vehículos/hora. Por otro lado, la mayor concentración de NO_2 se encuentran en el P3 (Av. José María Arguedas) con un total de 33.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Asimismo, con menor concentración se obtuvo en el P1 (Av. Sesquicentenario) con 19.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, las concentraciones de SO_2 es inferior a 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los 4 puntos, consecuentemente que flujo vehicular incide significativamente en la calidad del aire, debido a los niveles de concentración de NO_2 y SO_2 .

Palabras clave: dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), volumen de tránsito, velocidad recorrida e intensidad horaria.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the relationship between the incidence of vehicular flow and NO₂ and SO₂ air quality in Sesquicentenario and José María Arguedas avenues in the province of Andahuaylas, Apurímac, 2023. The research is applied, non-experimental, correlational and cross-sectional, and the technique used to collect data was vehicle counting and on-site observation. The methodology used to analyze the concentration of NO₂ and SO₂ was passive diffusion, which consisted of strategically installing samplers on traffic light poles at a height of 3 meters for a period of 28 days, at the end of the sampling time they were removed and sent to the Passam AG laboratory in Zuiza, through the company Klepel Consulting SAC. Among the main results, the total traffic volume is 481,931 vehicles, the average speed traveled P1 is 24.346 Km/h; P2 is 24.346 Km/h; P3 is 19.018 Km/h and P4 is 18.318 Km/h; the hourly intensity was 4302,955 vehicles/hour. On the other hand, the highest concentration of NO₂ is found in P3 (Av. José María Arguedas) with a total of 33.23 µg/m³. Likewise, with the lowest concentration was obtained at P1 (Sesquicentenario Av.) with 19.25 µg/m³, SO₂ concentrations is less than 1.6 µg/m³ in the 4 points, consequently that vehicular flow significantly affects air quality, due to the concentration levels of NO₂ and SO₂.

Key words: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, traffic volume, speed traveled and hourly intensity.

CHUMASQA

Kay investigacionpa hatun munayninqa karqan chay relación nisqa incidencia de flujo vehicular nisqawan calidad del aire nisqawan NO₂ nisqawan SO₂ nisqawan Sesquicentenario hinallataq José María Arguedas avenidakunapi Andahuaylas provinciapi, Apurímac, 2023. Kay investigacionqa tipo aplicado nisqa. mana experimental, correlacional y transversal nisqa, chay técnica nisqa chay datos huñunapaqqa karqan formato de conteo de antawakuna, observación in situ nisqapi, chay metodología nisqawanmi análisis de concentración de NO₂ y SO₂ nisqa chay método de difusión pasiva nisqa, chaymi estratégicamente instalar muestreadores nisqa postes de semáforos nisqapi kimsa metros alturapi iskaychunka pusaqniyuq punchawkama, muestreo ruway tukukuptinqa hurqurqakum hinaspa apachirqaku laboratorio Passam AG nisqaman Zuiza Ilaqtapi, empresa Klepel Consulting SAC nisqawan. Chay anlysis estadístico nisqaman hinaqa, llapan volúmen de tráfico nisqa 481.931 antawakuna, P1 nisqapiqa 24.346 km/h, P2 nisqapi 24.346 km/h, P3 nisqapi 19.018 km/h, P4 nisqapitaq 18.318 km/h; Sapa hora kallpanmi 4302.955 antawakuna/hora. Huhninpiqa, aswan achka NO₂ nisqa tarikun P3 nisqapi (Av. José María Arguedas) llapanpiqa 33,23 µg/m³ nisqapi, aswan pisi concentración nisqataqmi tarikun P1 nisqapi (Av. Sesquicentenario) 19,25 µg/m³ nisqapi; Chayqa allinmi chay 4 puntos nisqapiqa, chay concentraciones de SO₂ nisqa pisilla 1,6 µg/m³ nisqamanta, chaymi determinasqa chay muestreador pasivo nisqawan, tukupaypiqa chay anlysis estadísticos nisqaman hinaqa chay flujo vehicular nisqa afectanmi calidad del aire nisqapi chay niveles de concentración de NO₂ y SO₂ nisqa Sesquicentenario nisqapi hinaspa José María Arguedas avenidakuna Andahuaylas suyupi tarikuq.

Pisi rimayllapi: dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, volúmenes de tráfico, velocidad purisqa hinaspa sapa hora kallpa.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación permite determinar cómo el flujo vehicular urbano incide en la calidad del aire por las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂); el muestreo se realizó en las siguientes avenidas: Sesquicentenario y José María Arguedas, considerándose al volumen de tránsito que permite medir la cantidad de vehículos, la velocidad recorrida y la intensidad de los vehículos que transitan en determinadas horas.

La información obtenida se derivó de estudio observacional sobre el comportamiento de los vehículos, el cual permitió cuantificar el volumen de tráfico, establecer puntos de conteo para evitar que los vehículos pasen dos veces por el mismo punto y clasificar los diferentes tipos de vehículos de transporte como pesado, liviano y menores. Se utilizó el método de difusión pasiva para medir las concentraciones de NO₂ y SO₂ el cual permitió medir la calidad del aire, instalándose estratégicamente en cuatro puntos de muestreo, como soporte de las difusiones pasivas es poste del semáforo instaladas a una altura de 3 metros. Las muestras se enviaron directamente al laboratorio de Passam AG en Suiza a través de Klepel Consulting SAC.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

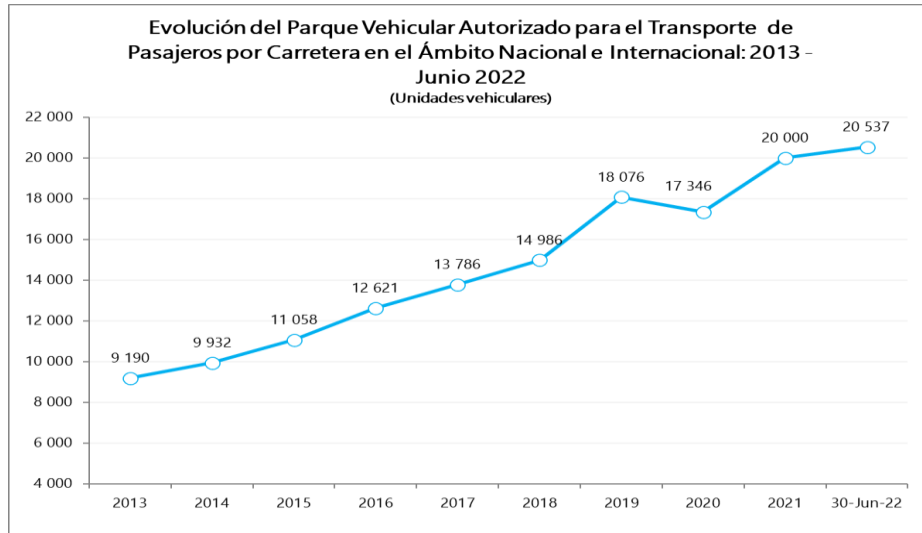
La carga global de mortalidad está asociado a la exposición al aire contaminado que tiene un impacto dramático en la salud humana a nivel mundial por lo que se estima, de cada 10 personas 9 respiran aire con altos niveles de contaminantes, hoy en día esta carga de mortalidad es comparable a otros riesgos para la salud mundial, esta contaminación ha sido reconocida como la amenaza ambiental más peligrosa para la salud humana según (Organización Panamericana de la Salud, 2021).

A nivel nacional los vehículos automotores son la mayor fuente de contaminación del aire en todo el país, debido al incremento del número de los vehículos en estos últimos años y es un problema que afecta directamente a la calidad del aire emitiendo sustancias peligrosas que naturalmente afecta a todas las regiones de nuestro país de acuerdo al (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2021).

En la figura 1 se observa el crecimiento del parque vehicular desde el año 2013 hasta el 2022 reportado por el ministerio de transportes y comunicaciones estadística en donde se observa que existe un crecimiento significativo a nivel nacional y es un problema que viene alterando la calidad del aire.

Figura 1.

Evolución del parque vehicular autorizado para el transporte de pasajeros en el ámbito nacional e internacional



Fuente: MTC-Dirección General de Autorizaciones en Transportes - Dirección de Servicios de Transporte Terrestre.

La provincia de Andahuaylas se encuentra en pleno crecimiento poblacional en los últimos años y crece de una forma desordenada, improvisada y con poco desarrollo urbano, paralelamente la incidencia del flujo vehicular viene incrementando en estos últimos años, como consecuencia del flujo vehicular son las emisiones de dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno convirtiéndose en un factor a prevenir.

Actualmente no existe registro ni monitoreo de la determinación de los gases contaminantes en la provincia de Andahuaylas por lo que se planteó determinar el nivel contaminación del aire y relacionar con la incidencia vehicular.

1.2 Justificación de la investigación

La contaminación de aire genera un impacto directo hacia la salud pública y al medio ambiente a nivel mundial, por lo que la población está expuesta a la contaminación del aire, debido a que se generan en las actividades industriales y el parque automotor, el cual incide a los grupos más vulnerables como; los niños, ancianos, madres gestantes y las que tienen enfermedades.

El trabajo de investigación tuvo como propósito determinar el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre generada por el tránsito vehicular, que incide en la calidad del aire teniendo como punto estratégico a las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario; recopilando esta información se conoció el nivel de contaminación que no supera los estándares de calidad ambiental.

Muñoz et al, (2021), indica que es de suma importancia conocer el nivel de la calidad del aire en diferentes puntos con mayor tránsito vehicular los cuales emiten gases como el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre; estos gases afectan la salud de la población que transita.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿De qué manera se relaciona la incidencia del flujo vehicular con la calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?

1.3.2 Problemas específicos

¿De qué manera se relaciona el volumen de tránsito con la calidad del aire por NO_2 y SO_2 en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?

¿De qué manera se relaciona la velocidad recorrida con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?

¿De qué manera se relaciona la intensidad horaria con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?

¿Cuál es el nivel de concentración de la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar la relación de la incidencia del Flujo vehicular con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

1.4.2 Objetivos específicos

Determinar la relación del volumen de tránsito con la calidad del aire de NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

Determinar la relación de la velocidad de recorrido con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

Determinar la relación de la intensidad horaria con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

Determinar el nivel de concentración de la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

1.5 Hipótesis.

1.5.1 Hipótesis general

La incidencia del flujo vehicular se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

1.5.2 Hipótesis específicas

El volumen de tránsito se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

La velocidad de recorrido se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

La intensidad horaria se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

El nivel de concentración de la calidad del aire por NO₂ y SO₂ será significativo, en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES

2.1 Antecedentes internacionales

Koller et al, (2003), en su investigación titulado "Mejoras en el monitoreo de NO₂ y O₃ atmosférico con tubos pasivos en la ciudad de Cochabamba" que cuyo objetivo fue mejorar el monitoreo de NO₂ y O₃ atmosférico utilizando tubos pasivos en la ciudad de Cochabamba; obteniendo como resultado una mejor correlación entre todos los datos obtenidos de contaminantes en el aire, esto es claro ejemplo de poder invertir pocos recursos económicos en los demás países ya que estos análisis son de estudios con alto valor económico.

De acuerdo a los autores García et al. (2013), en su investigación titulada "Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄⁻² y NO⁻³ durante la temporada de lluvias en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México" en esta investigación indica que en la zona de metropolita Guadalajara experimentaron que en los últimos años sufrió un crecimiento acelerado de la industria urbana por lo que la población sufrió un efecto en su salud y por ello se plantearon analizar el nivel de concentración de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, iones de hidrogeno, como sulfatos y nitratos que se encuentran suspendidos en el ambiente esto durante la temporada de lluvias y sus resultados obtenidos fue que el acidez era significativamente en el norte, noroeste y sureste así también que el dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno que se encontró estos contaminantes en la época seca por ello recomiendan realizar el estudios en la mayor parte de todo los países que se encuentran en desarrollo.

Gutiérrez et al. (2017), en su investigación titulada "Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria a los 2 años en el Cohorte INMA – Valencia " realizaron una investigación y se plantearon como objetivo examinar de cuál es la relación que existe entre la exposición al dióxido de nitrógeno en la etapa prenatal y en la etapa posnatal y por último

identificar los problemas respiratorios que causa a los niños y niñas de 2 años de edad en la ciudad de Valencia, como resultado en la investigación se expuso que no había una asociación con los sistemas respiratorios en los niños y niñas pero se identificó que existía una asociación con dióxido de nitrógeno en los niños y niñas de 2 años de edad y como consecuencias tiene un efecto en los niños que sufren algunas enfermedades respiratorias.

Abdul, H. (2016), "Contaminación del aire en áreas urbanas y efectos en la salud" en su trabajo de investigación menciona que la población mundial se está urbanizando cada vez más rápido y esto provoca el deterioro de la calidad del aire causando daño en la mayor parte del país y más aún en las ciudades que crecieron rápido en estos últimos años, teniendo en su presencia los contaminantes más comunes como el monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, el ozono, el dióxido de azufre, el plomo y el material particulado, estos contaminantes causan molestias físicas, interrupción en la vida cotidiana, etc. La contaminación del aire en los últimos años está alcanzando niveles que amenazan a la salud de todas las personas y se considera como un riesgo mundial.

Mohd et al. (2003), en su trabajo de investigación en 3 ciudades donde que menciona que el nivel concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de azufre más los datos del volumen de tráfico, recopilaron estas informaciones en los 3 ciudades utilizando modelos matemáticos para la determinación de contaminantes y tuvieron como resultado que las concentración de los contaminantes en muy alta en los entornos cerrados y por ultima a través del conteo de vehículos los contaminantes son factibles dentro de la ciudad de Malaysia por ellos se considera que se encuentra dentro del rango permitido pero en la mayor parte de todas las ciudades existe una mayor concentración.

Ayub y Baig (2013), realizó el trabajo de investigación con el objetivo de determinar el estado de la calidad del aire interior de las casas debido a la concentración de vehículos en las diferentes carreteras de la ciudad de Aligarh como propósito determinar la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, material particulado en suspensión en diferentes carreteras en donde las concentraciones de los diferentes contaminantes exceden los límites máximos permisibles por ello en todos los países que se encuentran en vías de desarrollo y en los países desarrollados existe gran cantidad de contaminación de la calidad del aire.

Kurtenbach et al., (2012), en su trabajo de investigación menciona que las concentraciones de dióxido de nitrógeno son estancamiento a nivel nacional y mundial las últimas mediciones superaron el límite máximo permisibles las concentraciones de NO₂ ha aumentado significativamente durante las últimas décadas y uno de los principales contaminantes es por el parque automotor que provoca la contaminación de la calidad del aire por contaminantes con dióxido de azufre e dióxido de nitrógeno.

2.2 Antecedentes nacionales

Quenaya, E. (2018), en su trabajo de investigación menciona que en los últimos años en la zona urbana de la ciudad de Arequipa el tránsito vehicular causa el deterioro de la calidad ambiental de sus habitantes, en este estudio aplicaron métodos inductivos y utilizaron el método de observación directa por ello utilizaron informaciones procesadas que otras informaciones que son confiables dentro de los organismos públicos, el parque automotor es una fuente de contaminación hacia al ambiente generando sustancias contaminantes ocasionando daño hacia la población Arequipeña tuvieron como resultado que los parámetros determinados sobrepasaron los límites máximos permisibles (LMP) y estándares de calidad ambiental (ECA) que significa que en los últimos años en la ciudad de Arequipa viene creciendo la contaminación del ambiente.

Ayala y Beteta (2017), en su trabajo titulado "Niveles de dióxido de nitrógeno Generados por el flujo vehicular en la zona urbana de Tingo María" el trabajo de investigación realizó el estudio para poder determinar la concentración de NO_2 en la ciudad de Tingo María en donde que en los últimos años vino creciendo de manera muy acelerada y por ellos estudiaron haciendo una relación de los contaminantes del aire con el flujo vehicular, tuvieron como resultado que el flujo vehicular influyen considerablemente en un 69.81% para que se aumente las concentraciones de dióxido de nitrógeno en la zona urbana de la ciudad de Tingo María significa que en los últimos años el flujo vehicular vino aumentando y como consecuencia se tiene que el ambiente sufre alteraciones en su composición.

Nureña, M. (2021), en su trabajo de investigación titulado "Evaluación y propuesta para mitigar la congestión vehicular en la avenida Saenz Peña" menciona que en los últimos años las ciudades grandes y ciudades que se encuentran en crecimiento vienen afrontando un problema grave con la congestión vehicular que una de las causas principales para su crecimiento del volumen vehicular es que la población viene aumentándose en número y que buscan mayor ingreso económico por ellos la mayoría opta por adquirir su propia movilidad buscando trasladarse más rápido a sus centros de trabajo y esto causa un crecimiento del flujo vehicular y esto se traduce a congestión vehicular por ellos el objetivo del estudio es como poder mitigar la congestión vehicular o como resultado obtuvieron es que existe mal manejo en la gestión de transporte y que existe mucha informalidad dentro de muchos ciudades y que esto viene produciendo un problema de congestión vehicular.

Zapata et al. (2008). En la investigación que realizaron para el levantamiento de las muestras utilizaron los muestreadores pasivos y su objetivo planteado fue robustecerlo que es el monitoreo de la calidad ambiental y para determinar la concentración de SO_2 , NO_2 , ozono, compuestos

orgánicos volátiles específicamente el benceno, tolueno y xilenos por ultimo las partículas sedimentadas en las vías, se instalaron en 15 puntos de muestreo dentro del área Metropolitana durante un tiempo de 1 año y los resultados obtenidos fue que en 12 puntos de muestreo es muy alto que sobrepaso el valor que da el Organización Mundial de Salud OMS en la obtención de material particulado influye bastante las actividades de construcción y mejoras de las vías y el uso de esta metodología ayuda bastante en la identificación de toso los puntos críticos de la ciudad para tomar acciones de parte de las instituciones correspondientes.

Farroñan (2017), en su trabajo de investigación realizaron la determinación de gases y los niveles de ruido en la zona urbana de Chiclayo y se plantearon en su objetivo obtener la cantidad de concentración de los gases y la contaminación sonora y hacer una comparación con los estándares de calidad ambiental en la ciudad de Chiclayo, las metodologías que utilizaron fue lo establecido por el protocolo de monitoreo ambiental y hacer una comparación con los niveles de ruido y sus resultados obtenidos de los gases como el de dióxido de nitrógeno fue menos por lo que están dentro de los rangos de los estándares de calidad ambiental y por otro lado la contaminación sonora se encuentra por debajo de los estándares de la calidad ambiental significa que en la ciudad de Chiclayo existe una contaminación ambiental mínima por los gases y la contaminación sonora.

Rivera (2020), investigaron de cómo afecta a la calidad ambiental las actividades de la población en el tiempo de COVID-19 y su objetivo de estudio fue hacer una relación con el tránsito vehicular y la calidad ambiental en la ciudad de Lima Metropolitana y los resultados que obtuvieron fueron que disminuyó considerablemente el uso de combustibles por ellos también reduce el tránsito vehicular y como consecuencia tuvo que la calidad ambiental se

encontró dentro de los parámetros establecidos, esto significa que las autoridades deberían tomar acciones para poder contrarrestar las contaminaciones que existe en muchos ciudades.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Marco teórico

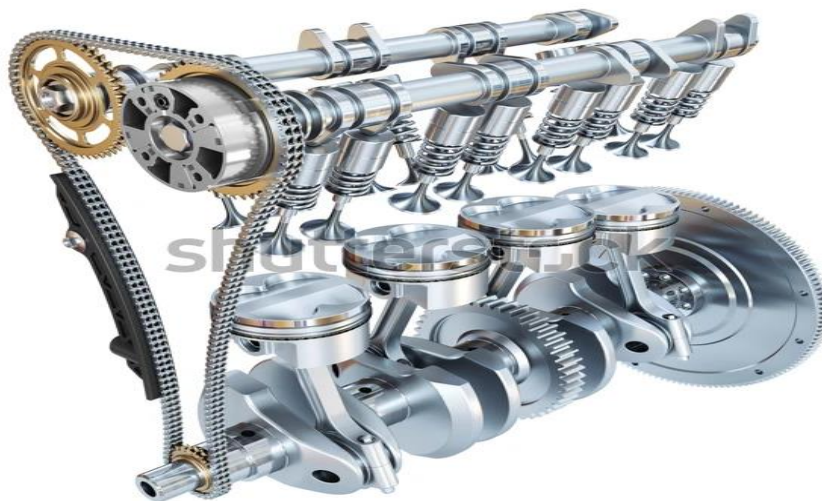
3.1.1 El motor de los vehículos a combustión interna

Un motor de un vehículo a combustión interna tiene como objetivo de convertir la energía química que se encuentra en el hidrocarburo, a una energía mecánica generando un movimiento a través de los motores de todos los vehículos que funcionan con distintos tipos de combustible como la gasolina, gas natural, diésel, etc. Los gases que genera los vehículos se convierten en un problema para la población y para los países en vías de crecimiento por lo que ocasiona daño en la salud de sus habitantes (Gavilema, 2021).

En la figura 2 se observa el motor a combustión interna que es fundamentalmente una máquina que mezcla el oxígeno con combustibles gasificados y el combustible se suministra a través de una bomba de inyección y se filtra el combustible para evitar que ingrese algunas impurezas, una vez ya mezclados en la cámara de combustión los gases se encienden para quemar.

Figura 2.

Motor a combustión interna



Fuente: Shutterstock, 2022

3.1.2 Tipos de combustión de los motores de combustión interna alternativo

El proceso de combustión en motores de combustión interna alternativo se considera un proceso por lo que se le proporciona el estado térmico a un fluido de trabajo.

3.1.2.1 Combustión en motores de encendido provocado

La combustión comienza antes de que el pistón alcance el punto muerto superior en todo el proceso de compresión así aumentando energía hacia el motor y el encendido del motor se logra con la generación de una chispa eléctrica y luego comienza la combustión para luego propagarse a una cierta velocidad al resto de las cámaras de combustión a través de la mezcla del combustible con el aire (Rovira y Muñoz, 2015).

3.1.2.2 Fases de combustión

Primera fase: La primera fase comienza con el encendido de la mezcla durante el cual se produce el encendido, la formación de un frente de llama y la combustión de una pequeña porción de toda la mezcla y el avance tiene que ser lenta para que el consumo de la mezcla sea proporcional.

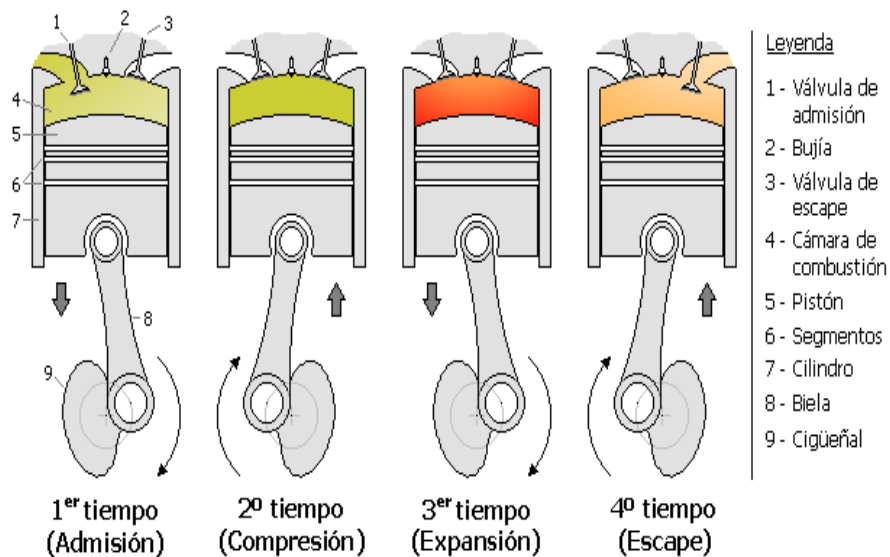
Segunda fase: En segunda fase es en donde se quema la mayor cantidad de la mezcla aire-combustible, en donde se produce una reacción química de la combustión y está representado con las variaciones de las temperaturas más la concentración del aire y el dióxido de carbono; existe dos lados uno para el calentar la masa fresca y el otro para reacción química.

Tercera fase: La tercera fase pasa a generar la combustión de la masa y es importante hacer la delimitación temporal y sucede que la masa se va encontrar fresco dentro del cámara de combustión gracias a las bolsas dadas en la propagación del frente de llama turbulento y la turbulencia se genera cuando la llama se acerca al interior de las bolsas.

3.1.3 Proceso de combustión

Bazán (2017), menciona que los motores contienen combustión interna y siguen unos procesos termoquímicos que reacciona con dos elementos, uno que es el aire que se encuentran en todo el espacio u utiliza un 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno y dos son los combustibles y para que se logre la combustión del motor se sigue una cadena en cuatro tiempos.

Figura 3.
Fases de motor de 4 tiempos.



Fuente: Shutterstock, (2022)

Fase de admisión: Es un proceso en que el pistón llega al punto muerto superior al punto muerto inferior en donde la válvula de admisión está abierta para que succione el aire y la válvula de escape cerrada y no deja salir el aire dentro de cámara ya que la cámara de combustión está saturada con el aire más el combustible.

Fase de compresión: Es un proceso en que el pistón llega al punto muerto superior al punto muerto inferior y se genera un aumento significativo de la temperatura dentro de la cámara y es causado porque dentro de la cámara está el aire más el combustible y se comprime.

Fase de expansión: Es un proceso en que el pistón llega al punto muerto superior al punto muerto inferior este proceso se genera gracias a la contrapresión que es generado por la ignición del componente de la mezcla y también gracias al incremento de la temperatura ocasionado por la presión por lo que las válvulas de admisión y escape tienen que estar cerradas.

Fase de expulsión: Es cuando el desarrollo de un pistón llega a la zona muerta superior a la zona muerta inferior es en donde se apertura las válvulas de escapes y es en donde se libera todo el contaminante generado por la combustión de la mezcla dentro de la cámara y la válvula de admisión tiene que estar cerrada.

Para que el combustible reaccione de manera eficiente debe entrar al proceso de pulverización que es generado por los inyectores y permite la inyección de la mezcla de combustible con el aire y una vez dentro de la cámara alcanza una temperatura de 51° Celsius.

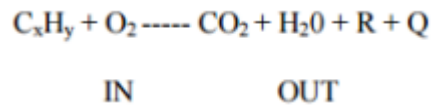
Su reacción de un combustible pulverizada es generada en milisegundos para que termine su proceso de combustión, dado que el proceso no es 100% eficiente, algunos de los reactivos no se convierten en dióxido de carbono ni agua, sino que forman contaminantes y fluirán al exterior en forma de emisiones.

García (2021), menciona que la estequiometría de combustión se encarga de las relaciones volumétricas y másicas entre productos y reactivos, sus aspectos a definir son:

- ✓ Aire suficiente para su combustión.
- ✓ Productos de combustión y composición.

Figura 4.

Reacción estequiométrica de la combustión.



García, R. (2021).

C_xH_y: Combustible.

O₂: Oxígeno.

CO₂: Dióxido de carbono.

H₂O: Agua.

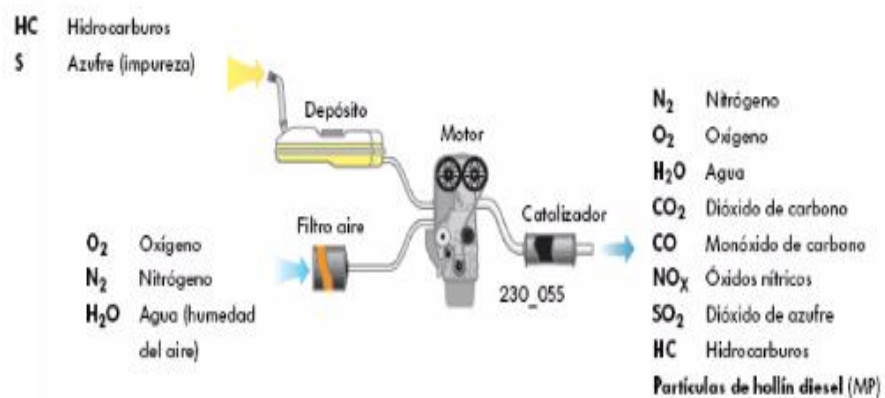
R: Demás sustancias contaminantes

Q: Calor expulsado del proceso.

En el funcionamiento del motor si existe una deficiencia en la relación de compresión los gases emitidos por el motor estarían sufriendo una variación significativa porque no habría una suficiente quema de componentes y a causa de ello el humo emitido sería muy denso y como consecuencia habría más contaminación del aire.

Figura 5.

Entrada y salida de combustión.



Fuente: Portilla, A. (2005).

En la figura 5 se puede observar del proceso de funcionamiento de un motor de los vehículos desde la toma del aire y del combustible pasando por filtros y cañerías como el aire y el combustible para luego mezclarse los dos elementos para que funcione el motor y esto genere un movimiento y a consecuencia de ello emiten gases que altera la composición del ambiente en donde que habita los seres humanos.

3.1.4 Flujo vehicular

Urbina y Torres (2018), mencionan las metodologías para poder cuantificar el flujo vehicular de la siguiente manera:

Volumen de tránsito: $Q = N/T$ donde Q: son los vehículos que transitan por una unidad de tiempo (veh/periodo), N: se refiere al número total de vehículos que transitan (veh), T: indica el tiempo determinado (unidad de tiempo).

La velocidad recorrida: $V=d/t$, V: Velocidad (Km/h), d: Es la distancia recorrida, t: Es el tiempo determinado (unidad de tiempo).

La intensidad horaria: $I=n/t$, I: se refiere a la intensidad horaria (veh/h), n: Es la cantidad de vehículos, t: Es el periodo en horas (unidad de tiempo).

Es una metodología claro y preciso para determinar los parámetros que afectan el flujo vehicular.

Urbina y Torres. (2018), demostraron de que el flujo vehicular puede ser calculado y de qué forma se dimensiona de forma adecuada los variables. La medición del fluyo vehicular es necesario porque permite una relación cuantitativa con los niveles de concentración de NO₂ y SO₂, dos de los efectos más importantes de la contaminación gaseosa que afectan su calidad del aire.

El flujo vehicular se considera que es la principal fuente de contaminación en las zonas urbanas, las emisiones se generan por los siguientes factores: 1 factores propios de los vehículos como sus tipologías de los vehículos, su antigüedad del vehículo, su peso, la velocidad con la que circula y el tipo de combustible que utiliza. 2 factores externos como la temperatura del ambiente o el tipo de vía por donde que circulan los vehículos y el tramo que recorren. 3 factores personales como su forma de conducir del conductor o el kilometraje que viene recorriendo. Aquí se demuestra la práctica de la medición de las variables flujo vehicular con sus parámetros volumen de tránsito, velocidad recorrida e intensidad horaria.

3.1.5 Intensidad horaria

De acuerdo al ICG (2005), la intensidad nos permite cuantificar el número de vehículos que transitan por un carril o vía en un tiempo determinado. Normalmente se expresa en términos diarios o por horas, aunque se puede utilizar cualquier intervalo de tiempo. Cuando se analizan períodos de tiempo de menos de una hora (generalmente 15 minutos), normalmente se expresa en unidades de horas (veh/h) para que las cantidades se puedan comparar y correlacionar.

3.1.6 Emisión de contaminantes

Las emisiones de contaminantes mayormente se asocian a todos los motores de combustión interna alternativos y más aun de los vehículos que usan distintos tipos de motores con menor calidad y que pueden generar una contaminación acústica y mayormente generan gases que se esparcen en el ambiente, las emisiones mayormente son generadas por el escape de los vehículos y por las industrias de acuerdo a Rovira y Muñoz (2015).

3.1.7 Gases contaminantes

De acuerdo a Núñez (2018), el monóxido de carbono se considera un gas altamente contaminante porque en altas concentraciones y exposición prolongada puede causar cambios

irreversibles en la hemoglobina de la sangre, que es la encargada de transportar el oxígeno de los pulmones a las células. Son mortales en concentraciones superiores al 0,3% por volumen.

El gas dióxido de carbono (CO_2) se considera como un gas no tan venenoso, pero puede causar asfixia debido al desplazamiento de oxígeno, es incoloro, inodoro e insípido, se usa comúnmente en extintores y refrescos, también es uno de los productos de la combustión de la materia orgánica por el proceso de respiración.

Los hidrocarburos tienen efectos nocivos por su contenido en benceno y puede causar cáncer, irritación de piel y afecta las vías respiratorias. Su estructura molecular es ignífuga, por lo que también producen aldehídos y fenoles.

El plomo es uno de los aditivos más peligrosos utilizados para aumentar el octanaje de la gasolina y puede causar la formación de coágulos de sangre cuando se inhala.

De acuerdo a Hilario (2017), el dióxido de azufre (SO_2) se oxida con la luz del sol para formar partículas secundarias como el sulfato de amonio y el ácido sulfúrico a causa de ello se cae la lluvia ácida a consecuencia daña la vegetación, los edificios, degrada al suelo y contamina los cursos de agua. Las altas concentraciones de dióxido de azufre pueden causar una irritación aguda de los ojos, nariz y la garganta. Además, afecta al tejido pulmonar y provoca bronquitis química. Las personas con enfermedad pulmonar como el asma (aproximadamente el 10 % de la población) experimentan dificultades respiratorias debido a la exposición a altos niveles de dióxido de azufre.

El dióxido de azufre se produce durante la combustión de combustibles y el procesamiento de minerales, se considera un gas incoloro, no inflamable y no explosivo. La principal causa de las emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera es la quema de derivados del petróleo y el carbón. También se consideran fuentes naturales como los volcanes y el metabolismo anaeróbico.

De acuerdo a Hilario (2017), el dióxido de nitrógeno NO₂ es cuando la cámara de combustión alcanza altas temperaturas, se producen óxidos de nitrógeno que descomponen el nitrógeno N₂ gaseoso presente en el aire y lo oxidan. Los óxidos de nitrógeno reaccionan con los hidrocarburos a la luz del sol para formar ozono troposférico, uno de los contaminantes secundarios más importantes. Otra reacción fotoquímica en la atmósfera convierte el dióxido de nitrógeno en ácido nítrico y nitratos, que pueden ser transportados por el viento y arrastrados por la lluvia, formando lluvia ácida. Algunos de los nitratos formados también permanecen en la atmósfera como partículas muy finas de menos de 10 micrones de diámetro PM10. El dióxido de nitrógeno normalmente vive en la atmósfera durante un día, después del cual se convierte en ácido nítrico y otros compuestos.

Tabla 1.

Perfil de emisiones por el tipo de combustible - Kg/Km de operación.

emisión	Und.	Carro a gas natural	Carro a gasolina 84	Carro a gasolina 90	Carro a gasolina 97	Carro a Diesel EURO3
Dióxido de azufre	Kg.	9.41E-07	6.03E-06	6.03E-06	6.03E-06	5.55E-06
Óxidos de nitrógeno	Kg.	2.06E-05	0.0000513	0.0000513	0.0000513	0.000518
Partículas mayores a 2.5 um.	Kg.	7.37E-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: Elaboración propia.

Actualmente los motores a combustión interna que usa gasolina como combustible ya cuentan con el dispositivo que reducen la emisión de gases como el de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, a través del dispositivo llamado catalizador de tres vías.

La contaminación del aire es la mayor amenaza ambiental para la salud. El deterioro significativo de la calidad del aire puede tener posibles efectos adversos y tiene un gran impacto

en la salud, dañan la vegetación y los materiales, reducen la visibilidad, reducen la radiación solar y afectan al tiempo y clima.

3.1.7.1 Clasificación de los gases contaminantes

Según Hilario (2017), las propiedades físicas y la composición química de los contaminantes, según sus fuentes naturales o antrópicos, los contaminantes se dividen en contaminantes primarios y secundarios.

Tabla 2.

Clasificación de contaminantes

Clasificación de contaminantes	
Primarios	Secundarios
<p>Contaminantes emitidos netamente a la atmosfera</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aerosoles (partículas microscópicas) ➤ Gases (compuesto de azufre, de nitrógeno y de dióxido de carbono) ➤ Metales pesados como él (plomo, mercurio, cobre, etc.) ➤ Sustancias radiactivas. 	<p>Sustancia que no se emiten directamente a la atmosfera, se producen por reacciones químicas que sufren los contaminantes primarios</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Contaminación fotoquímica ➤ Lluvia acida ➤ Clorofluorocarbonos (compuestos químicos que contiene cloro, flúor y carbono que al llegar a la atmosfera se liberan átomos que dañan la capa de ozono)

Nota: elaboración propia

3.1.7.2 Formas de emisión de evaporación de contaminantes

El uso de vehículos dentro y fuera de las ciudades ha aumentado rápidamente en los últimos años, creando un problema creciente de contaminación que afecta la atmósfera y la salud pública debido a las emisiones de monóxido de carbono. CO, óxidos de nitrógeno NOx, hidrocarburos no quemados HC y compuestos de plomo.

Existen diferentes tipos de evaporación de los contaminantes emitidos por los vehículos, uno se produce cuando el vehículo está parado y el otro se produce durante la conducción.

Emisiones diarias: Sistema de combustible causado por cambios de temperatura

Emisiones con motor caliente: Emisiones cuando el combustible se evapora por el calor residual que se genera cuando se acaba de apagar el motor del vehículo.

Emisiones de ciclo: Son las más comunes ya que se producen cuando el vehículo está en movimiento en condiciones normales.

Emisión en reposo: es cuando el motor esta frio y ocurre gracias a la permeabilidad de los componentes del sistema del combustible.

Emisión en proceso de carga: se genera en grifos de combustible cuando se genera el vapor al momento de recargar el tanque de combustible.

Figura 6.
Tipos de emisión de vapores contaminantes.



Fuente: Giraldo, K. (2011).

3.1.7.3 Emisiones por los tubos de escape

Durante el proceso de combustión de quema el combustible y se producen varias sustancias contaminantes que se emiten a la atmósfera en cantidades que dependen de sus propiedades del vehículo, año del vehículo, peso, tecnología y sistema de control de emisiones, los más pesados o potentes suelen tener mayores emisiones por kilómetro y los vehículos con más tecnología reducen las emisiones porque poseen convertidores catalíticos otros factores que también afectan a los patrones de emisión son: mantenimiento, factores de operación, velocidad, frecuencia e intensidad, aceleración y características del combustible.

3.1.7.4 Emisiones de contaminantes por fuentes vehiculares

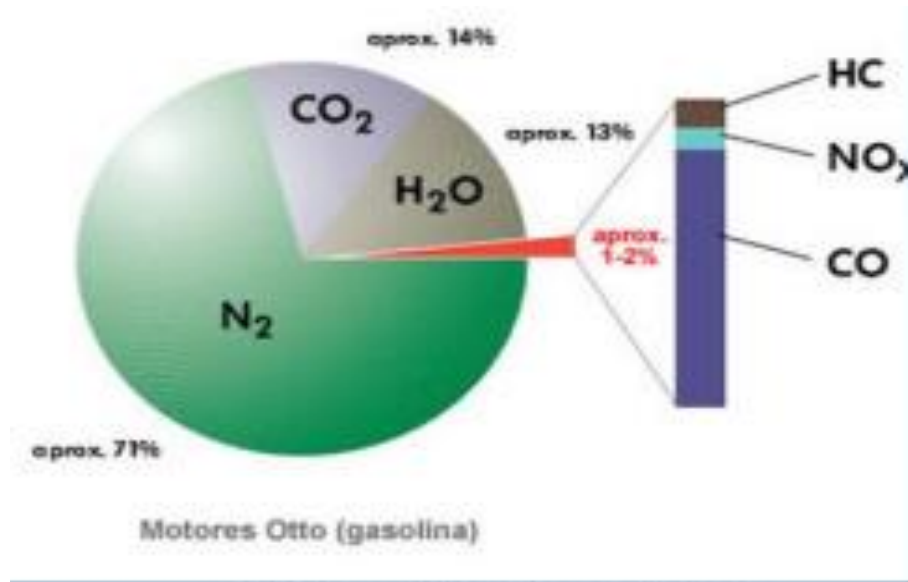
Toda flota de vehículos que son propulsados por gasolina y diésel que son una mezcla de hidrocarburos que contienen átomos de hidrógeno y carbono que emiten distintos tipos de contaminantes según su clase y los servicios que prestan, como autobuses, taxis, camiones medianos y pesados, furgonetas, turismos, camiones, motocicletas, etc.

3.1.7.4.1 Motores a gasolina

De acuerdo a Quenaya (2018), el proceso de combustión en los motores de gasolina se produce por la formación de una mezcla de aire y gasolina que luego se enciende mediante una chispa. La combustión completa libera dióxido de carbono CO_2 y agua H_2O al ambiente, que no son tóxicos. Esta combustión se produce a través de una mezcla estequiométrica. Teóricamente, se necesitan 14.7 gramos de aire para quemar completamente 1 gramo de combustible.

En la siguiente figura se ve la composición aproximada de todos los gases que se genera todos los motores a gasolina.

Figura 7.
Porcentaje aproximado de gases de escape de motor a gasolina.



Fuente: Fomer, D. (2015).

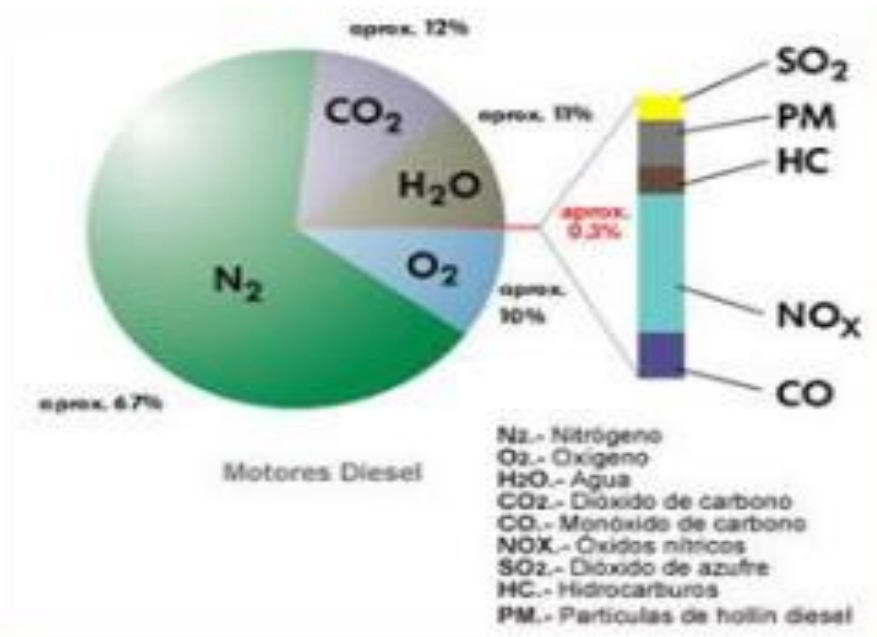
3.1.7.4.2 Motores a diésel

De acuerdo a Quenaya (2018), la combustión completa libera gases ecológicos, pero no siempre se produce una combustión completa y se emite dióxido de azufre SO_2 y partículas sólidas, que también se consideran tóxicas. Un motor de encendido por compresión se realiza gracias a la mezcla de aire y diésel, en cambio un motor a gasolina se enciende a con chispa gracias a la presión y alta temperatura en su cilindro.

En la siguiente figura N° 8 se ve la composición aproximada de todos los gases que generan todos los motores a diésel.

Figura 8.

Porcentaje aproximado de los gases de escape de un motor diésel



Fuente: Fomer, D. (2015).

3.1.7.4.3 Fuente de contaminación

Los contaminantes emitidos por fuentes naturales y antrópicas no son los únicos, sino que toda la concentración de estas emisiones, especialmente las antrópicas, se encuentran en ciudades con alta actividad industrial y flujo vehicular, donde al mismo tiempo vive la mayoría de la humanidad, el aire es un factor importante, por lo que es importante mantener una buena calidad del aire. Por lo tanto, es muy importante actuar de manera consistente para mantener una buena calidad del aire.

Los puntos fijos es la zona de emisión de las plantas industriales y de las fuentes móviles y mayormente es el sector de transporte.

Fuentes naturales

Los fenómenos naturales, como la flora y la fauna también desempeñan un papel importante en los problemas de contaminación del aire. Muchos investigadores han descubierto que las plantas

(hierba, cultivos, arbustos, bosques, etc.) emiten grandes cantidades de hidrocarburos a la atmósfera, conocidas como emisiones biogénicas.

Tabla 3.
Fuentes naturales de contaminación

Fuente	Contaminantes
Volcanes	Óxidos de azufre, partículas
Fuegos forestales	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas
Vendavales	Polvo
Plantas (vivas)	Hidrocarburos, polen
plantas (en descomposición)	Metano, sulfuro de hidrógeno
Suelo	Virus, polvo
Mar	Partículas de sal

Nota: Elaboración propia.

3.2 Marco conceptual

3.2.1 Definición del Aire

De acuerdo a Flores (2023), el aire es un bien común finito y esencial para la vida. Su uso está, sujeto a normas que impidan que se deteriore por un uso indebido o abuso, de manera que se conserve su pureza como garantía del normal desarrollo de la vida y la conservación del patrimonio natural y artístico de la humanidad. Todos tenemos la obligación de trabajar por un mundo limpio y habitable y de brindar una mejor calidad de vida a las generaciones futuras.

La Organización Mundial de la Salud (2019), define el aire limpio como una mezcla de gas, vapor de agua, partículas sólidas y líquidas que varían en tamaño desde unos pocos nanómetros hasta medio milímetro que envuelve todo el planeta.

Teoría de contaminación

De acuerdo a Flores (2023), el problema de la contaminación del aire se convirtió en una preocupación para los científicos cuando eventos como el Meuse Valley en 1930 donde murieron más de 60 personas por las emisiones de SO₂ y fluoro carbonados. El incidente de Donora en Pensilvania en 1948, en el que murieron más de 20 personas por emisiones de material particulado, y el incidente más significativo en Londres en 1952, en el que murieron más de 4.000 personas debido a la presencia excesiva de material particulado en el ambiente. Esto ha hecho sonar las alarmas para una acción política y científica radical en todo el mundo.

Definición de calidad

Según Ramos (2020). Son las características de un producto o servicio que le dan la capacidad de satisfacer las necesidades del cliente.

Calidad del aire

Según Ramos (2020). Por calidad del aire se entiende la presencia de más o menos contaminantes en el aire que pueden ser nocivos para la salud humana, el ambiente en su conjunto y todo tipo de bienes. Se crea un índice de calidad del aire para proporcionar un valor de índice para el estado del aire en relación con un contaminante o grupo de contaminantes en particular. Estos valores se refieren a medidas definidas basadas en el conocimiento científico de la concentración de varios contaminantes que pueden ser dañinos para la salud humana y para el ambiente.

Composición de aire

Según Aguirre (2018). El aire está formado por gases que habitan en nuestro entorno y nos permiten sobrevivir en la tierra. La composición del aire no ha sido la misma a lo largo de la historia, sino que ha sufrido transformaciones a lo largo de millones de años, por ejemplo el

oxígeno, que no existía antes de la existencia del hombre, el oxígeno es el más importante para la composición del aire. Este cambio ayuda a las personas a sobrevivir en el planeta tierra.

Tabla 4.
Composición del aire seco en parte más baja de troposfera.

Composición del aire seco			
Componente	Masa Molecular (Kg/Kmol)	% Volumen	% Masa
Nitrógeno (N ₂)	28.02	78.09	75.52
Oxígeno (O ₂)	32	20.95	23.15
Argón (Ar)	32.94	0.93	1.28
Dióxido de carbono (CO ₂)	44.01	350 PPM	460 ppm
Neón (Ne)	20.18	18 PPM	12 ppm
Helio (He)	4	5 PPM	7 ppm
Metano (CH ₄)	16.05	1.5 PPM	8 ppm
Kriptón (Kr)	83.7	1 PPM	3 ppm
Hidrógeno (H ₂)	2.02	0.5 PPM	0.003 ppm
Ozono (O ₃)	48	0 - 12 PPM	0 - 20 ppm
El aire húmedo incorpora una cantidad variable de vapor de agua			
Vapor de agua (H ₂ O)	18.02	0 - 4%	0 - 2.5%

Fuente: OMS, (2019).

Estándares de calidad ambiental ECA se considera que son una herramienta de gestión ambiental desarrollada para medir el estado de la calidad ambiental dentro de un país. ECA determina el nivel de concentración de un elemento o sustancia presente en el ambiente. En nuestro país tenemos cinco tipos de ECA: agua, aire, suelo, ruido y radiaciones no ionizantes.

Figura 9.*Estándar de la calidad del aire en Perú*

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m ³]	Criterios de evaluación	Método de análisis ^[1]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	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) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: Ministerio del ambiente (MINAM), (2017).

3.2.1.1 Métodos de monitoreo de la calidad de aire

Contaminantes para los que se han desarrollado estándares de calidad ambiental, como para el dióxido de azufre SO₂ y el dióxido de nitrógeno NO₂, teniendo en cuenta la evidencia científica sobre la contaminación del aire y sus efectos en la salud, así como múltiples toxicológicos y epidemiológicos.

Según las pautas de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS), sus costos y niveles de rendimiento se pueden agrupar en cuatro tipos generales: sensores remotos, sistemas automáticos, sistemas manuales activos y sistemas manuales pasivos.

Específicamente, para recolectar muestras de aire, el dispositivo o equipo utilizado debe cumplir con los siguientes criterios:

Ingresar la muestra de aire: El equipo utilizado debe tener una entrada u orificio que, por succión de la bomba (en equipos activos o automáticos), difusión pasiva o difusión molecular (en muestreadores pasivos de gases), permita la entrada de aire que contiene el analito. El aire utilizado para recoger las muestras correspondientes.

Medios de recolección que contienen el material de interés: Los medios de recolección pueden ser físicos (ejm, filtro) o químicos (ejm, carbón activado o tetracloromercurato de potasio). Ambos tipos de dispositivos se aplican en sistemas manuales pasivos o activos.

En caso de equipos automatizados: Dado que el análisis se realiza in situ, debe de haber una cámara de análisis u otro equipo en el que la sustancia pueda ser analizada por mecanismos ópticos (por ejemplo, fluorescencia UV, quimioluminiscencia, etc.).

El Control V mide el paso de aire: esto se logra a través de un controlador y medidor de flujo (en el caso de equipos activos o automáticos) o asumiendo un flujo teórico basado en difusión molecular (en el caso de muestreadores pasivos de gases).

Sistema de manuales pasivos

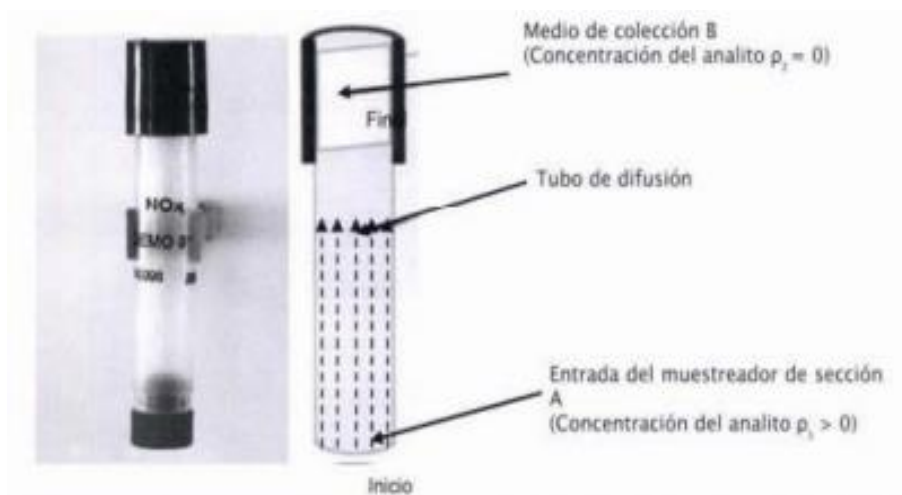
Los muestreadores pasivos son una manera fácil para que proporcione una aproximación del estado de la calidad del aire, principalmente en áreas que no están monitoreadas permanentemente, para la medición de la calidad del aire con muestreadores pasivos es respaldado por la Norma Técnica Peruana (NTP 900.036:2017), (2019). Monitoreo de calidad ambiental. calidad del aire. (D.S. 010-2019-MINAM).

3.2.1.2 Los muestreadores de difusión pasiva para determinar la concentración de gases y vapores

El requisito y el método de ensayo se basa en que la norma europea 13528-1:2002 fue incorporado en nuestro país, como son los captadores difusivos para poder determinar los gases y vapores. Los muestreadores pasivos son tubos que el tamaño y el flujo teórico va variar de acuerdo al gas que se quiere medir, así como se muestra en la siguiente figura.

Figura 10.

Diagrama del muestreador de difusión pasiva.



Fuente: MINAM, (2019).

Como se ve en la figura el aire entra por la entrada del muestreador parte A (en la posición inicial, concentración de analito $P_i > 0$). Una vez en el tubo de muestreo, el analito, que forma parte del aire entrante, es absorbido por el medio de colección, Su en la ubicación final, mientras no se sature, la concentración del analito P_2 se mantendrá en 0 para asegurar suficiente oxígeno para el período de muestreo (típicamente 1 mes) difusión molecular. Posteriormente, las muestras se trasladan al laboratorio para que se analicen los analitos absorbidos por el medio de recogida B. Los cálculos de concentración se basan en la masa del analito (como se encuentra en el laboratorio)

dividida por el volumen de la muestra (basado en el caudal teórico y el período de muestreo indicado por el fabricante).

3.2.1.3 Muestreadores pasivos

Son dispositivos que captan determinados contaminantes del aire durante un tiempo determinado mediante la absorción y adsorción en un sustrato químico, luego la muestra es llevada al laboratorio para realizar la desorción de la sustancia y determinar la concentración promedio, sus ventajas de los muestreadores pasivos es que tiene un costo bajo, y se pueden determinar los gases como el NO₂, SO₂, compuestos volátiles, ozono y amoniaco.

3.2.1.3.1 Muestreador pasivo para dióxido de azufre

Los muestreadores pasivos de SO₂ se basan en el principio de difusión molecular pasiva de SO₂ en un medio absorbente (carbonato de potasio y glicerina en este caso). El muestreador utilizado consta de una carcasa de polipropileno con una abertura de 20 mm de diámetro. Para reducir el impacto del viento se fijó una membrana sostenida por una malla metálica.

La determinación de SO₂ adsorbido es proporcional a la cantidad de contaminante que existe en el ambiente, por un cierto tiempo de exposición para luego ser extraído el contaminante, y es determinado por cromatografía iónica.

3.2.1.3.2 Muestreadores pasivos para dióxido de nitrógeno

Los muestreadores pasivos de dióxido de azufre se basan en el principio de difusión. Las moléculas de dióxido de nitrógeno ingresan al medio de absorción, en este caso trietanolamina. El muestreador consta de un tubo de polipropileno de 7,4 cm de largo y 9,5 mm de diámetro interior. Las muestras se colocan en equipos especiales.

La cantidad de NO₂ ya adsorbida es netamente proporcional a la concentración en el ambiente, después de un tiempo de exposición se traslada a un laboratorio para determinar la cantidad de NO₂ utilizando un espectrofotómetro.

Ventajas y desventajas de los métodos de medición de la calidad del aire.

Tabla 5.

Ventajas y desventajas de los métodos de medición de la calidad del aire.

Metodología	Ventajas	Desventajas
Muestreadores Pasivos	Muy bajo costo. Muy simples.	No probado para algunos contaminantes. En general sólo proveen promedios semanales y mensuales. Requieren análisis de laboratorio.
Muestreadores Activos	Bajo costo. Fácil es de manipular. Confiable en operación y funcionamiento. Historia de base de datos.	Proporcionan concentraciones pico o de alerta. Trabajos intensivos. Requiere análisis de laboratorio.
Monitores Automáticos	Dato horario. Información online y bajos costos directos.	Complejo. Caro. Requiere técnicos calificados. Alto costo periódico de operación.
Sensores Remotos	Proporción de patrón para resolución de datos. Útiles cerca de fuentes y para mediciones verticales en la atmósfera. Mediciones de multicomponentes.	Muy complejo y caro. Difícil 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.

Nota: Elaboración propia.

3.2.1.4 Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire.

Los especialistas del MINAM, (2019). Mencionan que desde el mes de noviembre del año 2019 aplican el decreto supremo N° 010-2019-MINAM que aclara sobre la metodología de difusión pasiva.

En Perú se aplica la NTP 900.036:2017 norma para el monitoreo de calidad ambiental, se considera que los muestreadores de difusión pasiva puede determinar las concentraciones de gases y vapores, los métodos y requisitos del ensayo tomando en cuenta sus características se considera que los muestreadores pasivos únicamente son aplicables en periodos de muestreo semanal o mensual, no permitiendo tener los resultados comparables con ECA, las muestras se deben tomar por triplicado para asegurar la calidad del resultado y los puntos de muestreo tiene que ser con mayor presencia de contaminantes.

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

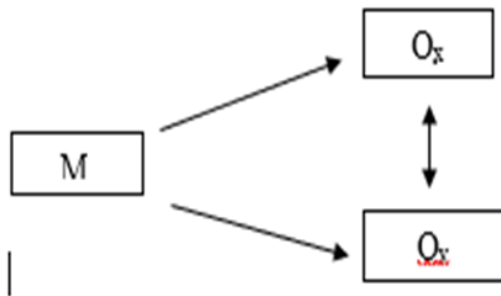
4.1 Método

4.1.1 Tipo de investigación

Según Hernández (2014). El trabajo de investigación es de tipo aplicada donde se orienta a conseguir un nuevo conocimiento que permita solucionar los problemas.

4.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación de la presente investigación va responder que es un trabajo no experimental, debido a su aplicación de una metodología directa sin ninguna intención de cambiar los resultados obtenidos.



Leyenda

M: Muestra de Estudio

O_x: Variable 1

O_y: Variable 2

De acuerdo a Hernández, (2014). El diseño es de corte correlacional debido a que no habrá manipulación de variables.

El corte transversal

El corte transversal se considera debido a que los datos se registran en un tiempo determinado y único, con la intención de describir los variables para determinar su incidencia y su relación.

4.1.3 Estrategia de prueba de hipótesis

La estrategia adoptada fue:

Primero se determinó el número de vehículos en las avenidas Sesquicentenario P1 y P2 e José María Arguedas P3 y P4 de la provincia de Andahuaylas.

Segundo se fijó el 5% del nivel de significancia para utilizar en la contratación de la hipótesis.

Tercero se definieron las hipótesis alterna y nula del presente trabajo de investigación.

Cuarto se crea una tabla de categorización de vehículos desde el 24 del mes de abril hasta 21 de mayo, así como los resultados de los niveles de NO₂ y SO₂.

Quinto se usó el software SPSS para procesar los datos obtenidos por la estadística de Pearson determinando la correlación entre el variable independiente flujo vehicular y sus dimensiones (volumen de tráfico, velocidad de recorrido, intensidad horaria) y los resultados estadísticos están bien presentados en tablas y figuras en las siguientes páginas.

4.1.4 Ámbito espacial geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en las avenidas Sesquicentenario P1 y P2 e José María Arguedas P3 y P4 ubicados en la provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac.

Tabla 6.

Los 4 puntos de Muestreo

Avenidas	Puntos	Cruce con la avenida
Sesquicentenario	P1	Cruce con la avenida Manco Cápac
	P2	Cruce con la avenida Floresta
José María Arguedas	P3	Cruce con la avenida Lázaro Carrillos
	P4	Cruce con la avenida Martinelli

Nota: Elaboración propia.

Nota:

P1: Indica la avenida Sesquicentenario cruce con la avenida Manco Cápac.

P2: Indica la avenida Sesquicentenario cruce con la avenida Floresta.

P3: Indica la avenida José María Arguedas cruce con la avenida Lázaro Carrillos.

P4: Indica la avenida José María Arguedas cruce con la avenida Martinelli.

4.1.5 Variables

Los variables del proyecto de investigación es el flujo vehicular y calidad del aire por NO₂ y SO₂.

4.1.5.1 Flujo vehicular

Intensidad horaria: indicador es (Número de vehículos por hora).

Volumen de tránsito: indicador es (Número de vehículos por mes).

Velocidad recorrida: indicador es (Kilómetros por hora).

4.1.5.2 Calidad de aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre.

Dióxido de nitrógeno: indicador es (Nivel de concentración en microgramos por metro cúbico).

Dióxido de azufre: indicador es (Nivel de concentración en microgramos por metro cúbico).

En la se observa la operacionalización de variables y se aclara de los variables dependiente e independiente más sus indicadores.

Tabla 7.
Operacionalización de variables

Variab	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente					
Flujo vehicular	Es la principal fuente de emisión en los sistemas urbanos.	Emisión de gases contaminantes.	Intensidad horaria	Número de vehículos por hora.	Ordinal
			Volumen de tránsito	Número de vehículos por mes.	
			Velocidad Kilómetros por hora recorrida		
Variable dependiente					
Calidad del aire	Es la composición que tiene el aire	Calidad del aire	Concentración de contaminantes	Nivel de concentración en microgramos por metro cúbico	Ordinal
				Nivel de concentración en microgramos por metro cúbico	

Nota: Elaboración propia.

4.1.6 Población y muestra

Población

La población del presente proyecto de investigación está conformada por las avenidas: Sesquicentenario e José María Arguedas en donde se presenta problema del flujo vehicular y que altera a la calidad del aire en la provincia de Andahuaylas.

Muestra

Las muestras del presente proyecto de investigación se instalarán en la avenida Sesquicentenario P1 y P2 y en la avenida José María Arguedas P3 y P4, de la provincia de Andahuaylas.

Muestreo

Se identificaron las avenidas Sesquicentenario y avenida José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas donde se designa dos puntos de muestreo por cada avenida, se utilizó el método no probabilístico por conveniencia de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP 900.036:2017).

Los siguientes criterios se consideraron para determinar la ubicación de los puntos de muestreo

- Acceso libre al punto de muestreo en la avenida.
- Libre de obstáculos.

4.1.6.1 Material de oficina

- Libreta de campo: esto permitió registrar los datos obtenidos en el campo.
- USB 64 GB: permitió guardar la información generada.
- Móvil Redmi 9A: el teléfono se usó para coordinar por vía llamada todo el traslado y registros.
- Equipos
- Un laptop Dell: que tiene el procesador CORE i3, RAM 4 GB, el laptop se utilizó para procesar las estadísticas y generar el archivo.

- Una impresora EPSON: esto permitió imprimir los archivos generados durante la investigación.

Software

- Google Earth: se usó para explorar la provincia de Andahuaylas.
- Microsoft Excel 2016: se usó el programa en procesar los datos, los gráficos correspondientes del flujo vehicular.
- Microsoft Word 2016: se usó para redactar este trabajo de investigación.

4.1.7 Procedimientos

Tabla 8.

Diagrama de la metodología.

Información técnica y legal	Evaluación a través de imágenes satelitales.	Estimación de contaminante de NO ₂ y SO ₂ en los tramos de estudio.	
Verificación e identificación del área de estudio			
Localización de los puntos de muestreo.	Formatos de categorización de vehículos.	Selección del personal para el apoyo de conteo de vehículos.	Instalación de sensores pasivos.
Trabajo de campo			
Registro fotográfico.	Conteo y caracterización de vehículos.	Toma de muestra de sensores pasivos.	
Análisis de resultados			
Análisis de intensidad horaria	Análisis de volumen de tránsito.	Análisis de velocidad recorrido	Procesamiento y análisis de muestras

Nota: Elaboración propia.

El enfoque metodológico utilizado en este estudio consta en tres pasos.

Primero: identificación y verificación del área de estudio

Se identifican la avenida Sesquicentenario (cruce con la avenida Manco Cápac P1 y cruce con la avenida Floresta P2) y avenida José María Arguedas (cruce con la avenida Lázaro Carrillos P3 y cruce con la avenida Martinelli).

Toma de coordenadas mediante GPS

Las coordenadas de posición de cada punto de muestreo se obtienen mediante GPS y se registra de la siguiente manera.

Tabla 9.
Coordenadas de los puntos de muestreo.

Puntos de muestra	Coordenadas
P1	674248.63 E.
	8489481.95 S
P2	674592.62 E.
	8489473.10 S.
P3	619764.59 E.
	8489536.80 S.
P4	673381.45 E.
	8488943.54 S.

Nota: Elaboración propia.

Formato de categorización de vehículos

El formato de categorizar los vehículos es para cuantificar la cantidad de vehículos que transitan en cada avenida y se realiza un estudio observacional viendo el movimiento de los vehículos por ello se determinó dos puntos de muestreo por cada avenida.

El número de vehículos se registró de acuerdo al tamaño entre pesados, livianos y menores, con la ayuda de formato diseñado por método de palotes. Y se muestran las características de los vehículos:

Vehículos pesados: Ómnibus, Camión Remolcador (tráiler) y Camión (carga pesada).

Vehículos livianos: Station Wagon (taxis), Automóvil (particular), Pick up (cuatro por cuatro), Camioneta Panel (carga ligera), Camioneta rural (combis) y Microbús.

Vehículos menores: Motos lineales, Moto taxi y trimotos de carga.

El personal para el conteo de los vehículos

Se clasifico el número de vehículos de acuerdo a su categoría del vehículo que circula en cada avenida, durante 28 días por mes con la ayuda de colaboradores en cada punto de muestreo y utilizando el formato de conteo de vehículos. El conteo de vehículos se realizado de 8:00 am – 10:00 am y 18:00 pm – 20:00 pm durante todos los días de la semana hasta cumplir con los 28 días de conteo.

Adquisición de los muestreadores pasivos

Se gestiono 4 porta filtros pasivos de la empresa Klepel Consulting SAC (empresa consultora autorizada para realizar estudios de impacto ambiental), se adquirió 12 filtros de difusión pasiva para determinar NO₂ y SO₂ y un muestreador pasivo como blanco.

Gestión de permiso para el muestreo

Al alcalde de la municipalidad provincial de Andahuaylas señor Abel Manuel Serna Herrera se gestionó el permiso, para poder instalar los muestreadores pasivos en los postes del semáforo que se encuentran en los puntos de muestreo.

Requerimiento de materiales para instalar los muestreadores pasivos

Se adquirieron los materiales para la instalación de muestreadores como: (wincha, escalera de madera, etc.) para el montaje del muestreador.

Vehículo para el traslado

Se alquiló un minivan de la marca Chevrolet para trasladar los materiales como la escalera, la wincha, los muestreadores pasivos, cámara, colaboradores, etc. Para poder instalar los muestreadores pasivos.

Figura 11

Minivan Chevrolet



4.1.7.1 Instalación de los muestreadores pasivos

Primero: se prepararon los 4 porta filtros, instalando en su interior 3 filtros combi de difusión pasiva para NO_2 y SO_2 con el propósito determinar la concentración media de NO_2 y SO_2 por cada punto de muestreo.

Figura 12.

Filtro pasivo Combi para SO_2 y NO_2 instalados en la porta filtros



Se instalan la porta filtros pasivos en postes de semáforo a una altura de 3 metros en puntos designados en cada avenida, llenando en la hoja de custodia en el que se indica hora, día, código Passam y el sitio de muestreo a través de un código.

4.1.7.2 Retiro de los muestreadores pasivos

Después de aproximadamente un mes, se retiró la porta filtro pasivo, donde se utilizó el minivan para el transporte de materiales y del equipo de investigación (tesista y colaboradores).

Después de desmontar todo el equipo de muestreo (porta filtros y filtro de difusión pasiva), separamos los filtros combi de NO₂ y SO₂ en sus respectivas cajas y los trasladamos a la empresa Klepel Consulting SAC para su entrega al laboratorio de Passam AG en Suiza para su análisis correspondiente.

Segundo: trabajo de campo

- Se hizo el registro de fotografías
- Recopilación de información del campo, seguimiento del procedimiento establecido.

Tercero: procesamiento y análisis de los resultados

Se analizo la información recolectada en el campo y el informe del laboratorio.

Se analizo el crecimiento del flujo vehicular volumen de tránsito, velocidad recorrida, intensidad horaria y las concentraciones de SO₂ y NO₂ en la provincia de Andahuaylas.

Se realizo una comparación utilizando graficas para visualizar la diferencia y la correlación entre el flujo vehicular (volumen de tránsito, velocidad recorrida, intensidad horaria) más los resultados de las concentraciones de SO₂ y NO₂.

Se analizó la incidencia del flujo vehicular en las concentraciones de NO₂ y SO₂ a partir del día 24 de abril hasta 21 de mayo del año 2023.

Análisis de datos

El análisis de datos se utilizó la prueba de correlación de Pearson para determinar la relación entre el flujo vehicular y la calidad del aire por NO₂ y SO₂ un nivel de confianza de 0,05.

4.1.8 Volumen de tránsito

De acuerdo al Instituto de la Construcción e Gestión (ICG), (2005). El volumen de tránsito se define como la cantidad de vehículos que transitan por una vía, por un tiempo determinado, también se conoce como el flujo o tasa de flujo y se expresa de la siguiente manera.

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

Fuente: ICG, (2005).

En donde:

Q= vehículos que pasan por unidad de tiempo (veh/periodo).

N= número total de vehículos que pasa (veh).

T= periodo determinado (unidad de tiempo).

4.1.9 Velocidad recorrida

De acuerdo al ICG (2005), la velocidad recorrida se define como rapidez de un movimiento que se expresa en términos de distancia recorrida por unidad de tiempo (Km/h, mi/h, etc.). Para determinar la velocidad del tránsito se tiene que usar un valor representativo, porque existe una gran variedad de velocidades individuales y se expresa de la siguiente manera.

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

En donde:

v = Velocidad (Km/h).

d = Distancia recorrida.

t = periodo determinado (unidad de tiempo).

4.1.9.1 Cálculo de velocidad recorrido

Para el cálculo del tamaño de muestra para la velocidad recorrido se usó la siguiente formula planteada en ICG, (2005).

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

En donde:

N: tamaño de muestra.

S: desviación estándar estimada para el muestreo.

K: constante correspondiente para el nivel de confianza deseada.

E: error permitido en la velocidad estimada (KPH).

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

Cálculo de S

La desviación estándar se calcula tomando en cuenta el área de tránsito y más el tipo de vía, y se toma en cuenta la tabla.

Tabla 10.
Desviaciones estándar 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

Fuente: secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), (2008).

En la tabla se muestra las consideraciones de desviación estándar para calcular el tamaño de muestra, también se consideran los tipos de carretera y el área de tránsito, para el presente trabajo de investigación se consideraron en el tipo de carretera: 2 carriles; y tomando estas consideraciones se tiene 7.7 de desviación estándar.

Cálculo de K

Para el cálculo del constante K es depende del nivel de confianza con la que se desea trabajar, por lo que a menudo se usa el valor 2 por lo que proporciona un nivel de confianza de 95.5%, así como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 11.
La constante "K" y el nivel de confianza.

Constante K	Nivel de confianza (%)
1	68.3
1.5	86.6
1.64	90
1.96	95
2	95.5
2.5	98.8
2.58	99
3	99.7

Fuente: SEDESOL, (2008).

Cálculo de E

El cálculo del error permitido en el estimado de la velocidad v_e depender de la precisión en el estimado de la velocidad y se considera como una medida tolerante absoluta o también se puede decir que el error absoluto se especifica de la siguiente manera +/- un valor seleccionado, el error permitido puede estar en un rango de ± 8 km/h a ± 1.5 km/h. Pero la muestra bajo de ninguna perspectiva puede ser menor a 30, de acuerdo a SEDESOL, (2008).

De acuerdo al análisis de las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario se consideran los siguientes datos para determinar el tamaño de muestra y se muestra en la siguiente ecuación:

$$N = \frac{7.7^2 * 1.96^2 * (2 + 1.04^2)}{2 * 2.32^2}$$

$$N = 65.202$$

Al determinar el tamaño de muestra se precedió a redondear la cifra, llegando a obtener el tamaño de muestra de 65 vehículos variados que transitan por las avenidas.

4.1.9.2 Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en los distritos de Talavera y Andahuaylas de la provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac.

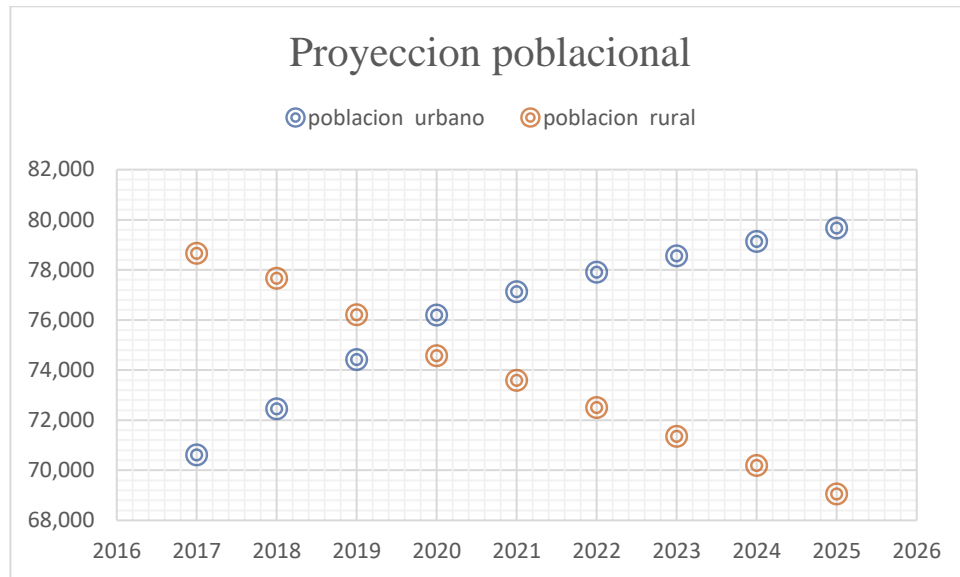
En la actualidad la provincia de Andahuaylas tiene 149 mil 267 habitantes y viene en proceso de crecimiento, en la siguiente tabla se detalla la tasa de crecimiento de acuerdo a Dirección regional de vivienda, construcción y saneamiento del gobierno regional de Apurímac, (2020).

Tabla 12.
Proyección de la población de la provincia de Andahuaylas

Año	Población	
	Urbano	Rural
2017	70,612	78,655
2018	72447	77658
2019	74421	76213
2020	76189	74569
2021	77125	73588
2022	77901	72502
2023	78555	71354
2024	79130	70189
2025	79669	69048
total	148717	

Fuente: Dirección regional de vivienda, construcción y saneamiento del gobierno regional de Apurímac, (2020).

Figura 13.
Proyección poblacional



Nota: Elaboración propia.

En la figura se puede apreciar el crecimiento de la población urbana, mientras que en el sector rural va disminuyendo.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Volumen de tránsito que se relaciona con la calidad del aire de NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

El conteo de los vehículos se realizó en in situ, a partir del día 24 de abril hasta 21 de mayo del 2023 se ha podido establecer que el volumen de tránsito en las avenidas Sesquicentenario (P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) e P2 (cruce con la avenida Floresta)) y José María Arguedas (P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) e P2 (cruce con la avenida Martinelli)) entre las 8:00 am – 10:00 am y 18:00 pm – 20:00 pm. Ubicado en los puntos de muestreo. Se observó que los tipos de vehículos con más volumen de tránsito son moto taxi 54.88%, automóvil particular 12.13% y motos lineales 6.67%, finalmente se registraron 481931 vehículos, así como se muestra en la tabla y figura.

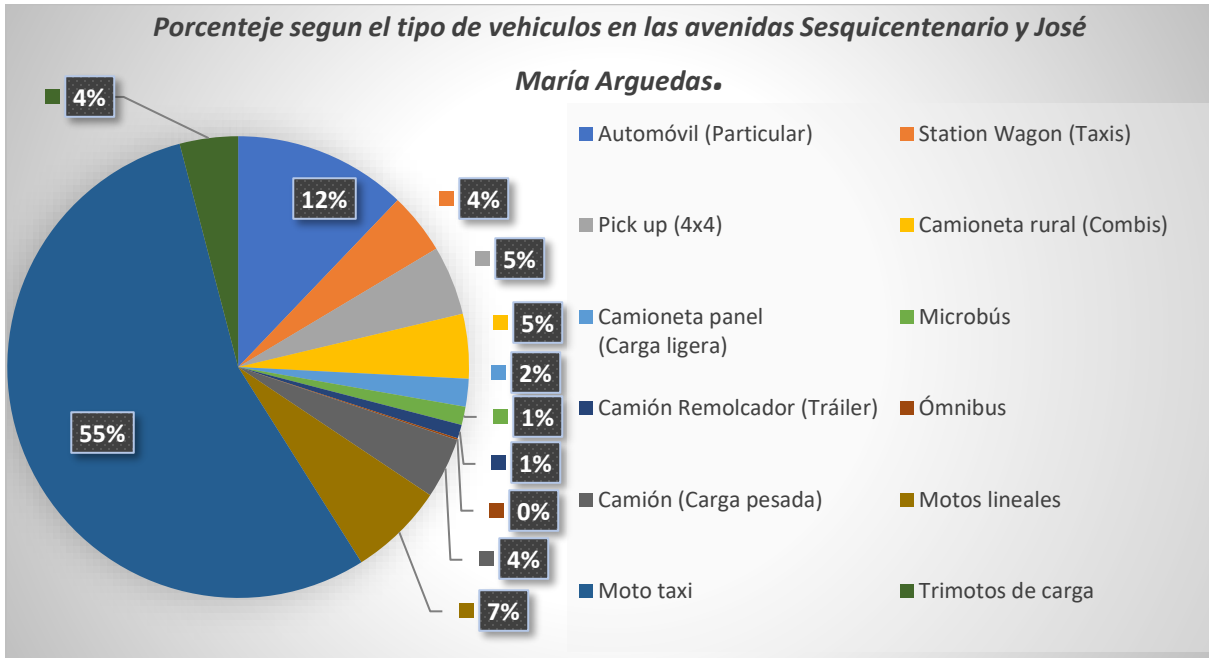
Tabla 13.

Volumen de tránsito en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.

Vehículo	Número de vehículos	Porcentaje
Automóvil (Particular)	58476	12.13%
Station Wagon (Taxis)	20690	4.29%
Pick up (4x4)	23430	4.86%
Camioneta rural (Combis)	21798	4.52%
Camioneta panel (Carga ligera)	9376	1.95%
Microbús	6160	1.28%
Camión Remolcador (Tráiler)	4615	0.96%
Ómnibus	594	0.12%
Camión (Carga pesada)	20466	4.25%
Motos lineales	32166	6.67%
Moto taxi	264480	54.88%
Trimotos de carga	19680	4.08%
Total	481931	100.00%

Figura 14.

Porcentaje del volumen de tránsito en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.



5.1.1 Contrastación de la hipótesis

Correlación

		Volumen de tránsito	Calidad de aire por NO ₂ y SO ₂
Volumen de tránsito	Correlación de Pearson	1	.754**
	Sig. (bilateral)		.007
	N	11	11
Calidad de aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	.754**	1
	Sig. (bilateral)	.007	
	N	11	11

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

El volumen de tránsito está relacionado con la calidad del aire por NO₂ y SO₂; del día 24 de abril hasta 21 de mayo del 2023. De acuerdo a la prueba de estadística Pearson, el nivel de significancia es menor a 0.05; que corresponde a una correlación moderada de 75.4%.

5.2 Velocidad de recorrido que se relaciona con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

Los resultados de la velocidad de recorrido se hicieron por cada avenida, de acuerdo a la descripción de los procedimientos establecidos para la presente investigación. En las siguientes tablas se muestra las velocidades de recorrido de los cuatro puntos de muestreo que están en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.

Se considero una distancia de 49.13 metros para la velocidad de recorrido en la avenida Sesquicentenario P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) desde el 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023, que corresponde a una sección de la avenida, en este presente estudio la vía de la avenida mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen una mayor dificultad de transitar, así como se muestra en la siguiente tabla.

La velocidad promedio = 24.346 Km/h.

Tabla 14.

Velocidades de recorrido en la avenida Sesquicentenario P1 (cruce con la avenida Manco Cápac), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023

FORMATO DE VELOCIDADES							
VIA	Avenida Sesquicentenario P1 (cruce con la avenida Manco Cápac)			SENTIDO	doble	FECHA	24 de abril hasta 21 de mayo
Distancia (m)				49.13			
Nº	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo	Nº	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo
1	7.06	25.05212	Automóvil (Particular)	34	7.63	23.1806	Pick up (4*4)
2	6.24	28.34423	Mototaxi	35	8.75	20.21349	Camión (Carga pesada)
3	6.12	28.9	Motos lineales	36	5.17	34.21044	Motos lineales
4	7.34	24.09646	Automóvil (Particular)	37	9.87	17.91976	Trimotos de carga
5	6.78	26.08673	Station Wagon (Taxi)	38	5.73	30.86702	Pick up (4*4)
6	6.71	26.35887	Camioneta Panel (Carga Ligera)	39	7.35	24.06367	Motos lineales
7	5.71	30.97513	Pick up (4*4)	40	6.82	25.93372	Microbús
8	7.04	25.1233	Mototaxi	41	9.53	18.55908	Camión (Carga pesada)
9	8.66	20.42356	Camioneta Panel (Carga Ligera)	42	5.89	30.02852	Automóvil (Particular)
10	5.53	31.98336	Station Wagon (Taxi)	43	16.05	11.01981	Camión Remolcador (Trailer)
11	7.45	23.74067	Camioneta rural (Combis)	44	6.16	28.71234	Pick up (4*4)
12	8.1	21.83556	Mototaxi	45	5.47	32.33419	Mototaxi
13	14.77	11.97481	Camión Remolcador (Trailer)	46	5.94	29.77576	Camioneta rural (Combis)
14	8.79	20.1215	Automóvil (Particular)	47	6.62	26.71722	Microbús
15	8.24	21.46456	Camioneta rural (Combis)	48	7.75	22.82168	Mototaxi
16	6.76	26.16391	Pick up (4*4)	49	7.64	23.15026	Microbús
17	4.65	38.03613	Motos lineales	50	5.17	34.21044	Motos lineales
18	7.18	24.63343	Camioneta Panel (Carga Ligera)	51	6.38	27.72226	Camioneta Panel (Carga Ligera)
19	5.3	33.37132	Motos lineales	52	7.48	23.64545	Automóvil (Particular)
20	6.43	27.50669	Mototaxi	53	7.25	24.39559	Camión (Carga pesada)
21	7.24	24.42928	Pick up (4*4)	54	7.44	23.77258	Station Wagon (Taxi)
22	9.48	18.65696	Camión (Carga pesada)	55	7.4	23.90108	Ómnibus
23	6.74	26.24154	Automóvil (Particular)	56	7.18	24.63343	Mototaxi
24	7.75	22.82168	Trimotos de carga	57	7.01	25.23081	Microbús
25	9.1	19.43604	Ómnibus	58	6.86	25.78251	Station Wagon (Taxi)
26	9.78	18.08466	Mototaxi	59	10.32	17.13837	Ómnibus
27	13.02	13.58433	Camión Remolcador (Trailer)	60	9.15	19.32984	Automóvil (Particular)
28	6.39	27.67887	Camioneta rural (Combis)	61	6.8	26.01	Trimotos de carga
29	7.88	22.44518	Automóvil (Particular)	62	8.37	21.13118	Camioneta rural (Combis)
30	8.1	21.83556	Camioneta Panel (Carga Ligera)	63	5.66	31.24876	Mototaxi
31	8.09	21.86255	Station Wagon (Taxi)	64	8.01	22.0809	Camión (Carga pesada)
32	13.26	13.33846	Camión Remolcador (Trailer)	65	6.49	27.25239	Station Wagon (Taxi)
33	9.37	18.87599	Trimotos de carga				

Se medio una distancia de 45.99 metros para la velocidad recorrida en la avenida Sesquicentenario P2 (cruce con la avenida Floresta) desde el 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023, que corresponde a una parte de la avenida, en este presente estudio la vía de la avenida mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen una mayor dificultad de transitar, así como se muestra en la siguiente tabla.

La velocidad promedio = 16.909 Km/h.

Tabla 15.

Velocidades de recorrido en la avenida Sesquicentenario P2 (cruce con la avenida Floresta), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023

FORMATO DE VELOCIDADES							
VIA	Avenida Sesquicentenario P2 (cruce con la avenida Floresta)			SENTIDO	doble	FECHA	24 de abril hasta 21 de mayo
Distancia (m)				45.99			
N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo	N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo
1	7.09	23.35176	Camioneta Panel (Carga Ligera)	34	7.28	22.74231	Motos lineales
2	7.6	21.78474	Automóvil (Particular)	35	9.91	16.70676	Camioneta Panel (Carga Ligera)
3	8.71	19.0085	Station Wagon (Taxi)	36	7.81	21.19898	Automóvil (Particular)
4	8.1	20.44	Mototaxi	37	14.61	11.33224	Camión (Carga pesada)
5	11.89	13.92464	Camión (Carga pesada)	38	7.26	22.80496	Pick up (4*4)
6	10.39	15.93494	Pick up (4*4)	39	11.48	14.42195	Trimotos de carga
7	10.45	15.84344	Camioneta Panel (Carga Ligera)	40	15.75	10.512	Camión Remolcador (Trailer)
8	9.96	16.62289	Motos lineales	41	7.37	22.46459	Mototaxi
9	12.57	13.17136	Mototaxi	42	11.53	14.35941	Trimotos de carga
10	11.87	13.9481	Camión (Carga pesada)	43	9.17	18.05496	Station Wagon (Taxi)
11	10.29	16.0898	Station Wagon (Taxi)	44	7.68	21.55781	Automóvil (Particular)
12	8.29	19.97153	Trimotos de carga	45	5.69	29.09736	Motos lineales
13	11.5	14.39687	Automóvil (Particular)	46	9.52	17.39118	Camioneta rural (Combis)
14	7.9	20.95747	Camioneta Panel (Carga Ligera)	47	13.69	12.09379	Camión (Carga pesada)
15	8.45	19.59337	Pick up (4*4)	48	12.58	13.16089	Mototaxi
16	11.78	14.05467	Camioneta rural (Combis)	49	17.48	9.471625	Camión Remolcador (Trailer)
17	10.67	15.51678	Mototaxi	50	9.52	17.39118	Pick up (4*4)
18	12.98	12.75532	Trimotos de carga	51	9.26	17.87948	Motos lineales
19	17.98	9.208231	Camión Remolcador (Trailer)	52	8.42	19.66318	Station Wagon (Taxi)
20	14.09	11.75046	Station Wagon (Taxi)	53	15.53	10.66091	Camión (Carga pesada)
21	7.32	22.61803	Motos lineales	54	13.56	12.20973	Camioneta Panel (Carga Ligera)
22	7.87	21.03736	Mototaxi	55	10.78	15.35844	Automóvil (Particular)
23	10.65	15.54592	Camioneta rural (Combis)	56	11.81	14.01897	Trimotos de carga
24	15.98	10.3607	Ómnibus	57	7.19	23.02698	Camioneta rural (Combis)
25	11.54	14.34697	Trimotos de carga	58	10.84	15.27343	Pick up (4*4)
26	12.34	13.41686	Automóvil (Particular)	59	18.03	9.182696	Ómnibus
27	6.98	23.71977	Camioneta rural (Combis)	60	13.45	12.30959	Camión (Carga pesada)
28	17.12	9.670794	Camión Remolcador (Trailer)	61	9.53	17.37293	Station Wagon (Taxi)
29	6.87	24.09956	Motos lineales	62	8.37	19.78065	Mototaxi
30	7.89	20.98403	Station Wagon (Taxi)	63	11.29	14.66466	Camioneta rural (Combis)
31	7.51	22.04581	Pick up (4*4)	64	10.4	15.91962	Motos lineales
32	11.9	13.91294	Camioneta Panel (Carga Ligera)	65	8.53	19.40961	Automóvil (Particular)
33	6.02	27.50233	Mototaxi				

Se considero una distancia de 41.22 metros para la velocidad de recorrido en avenida José María Arguedas P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) desde el 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023, que corresponde a una parte de la avenida, en este presente estudio la vía de la avenida mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen una mayor dificultad de transitar, así como se muestra en la siguiente tabla.

La velocidad promedio = 19.018 Km/h.

Tabla 16.

Velocidades de recorrido en la avenida José María Arguedas P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023

FORMATO DE VELOCIDADES							
VIA	Avenida José María Arguedas P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos)			SENTIDO	doble	FECHA	24 de abril hasta 21 de mayo
Distancia (m)				41.22			
N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo	N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo
1	6.58	22.55198	Pick up (4*4)	34	8.33	17.81417	Station Wagon (Taxi)
2	14.28	10.3916	Camión Remolcador (Trailer)	35	8.68	17.09585	Trimotos de carga
3	6.69	22.18117	Mototaxi	36	10.05	14.76537	Ómnibus
4	9.42	15.75287	Trimotos de carga	37	5.76	25.7625	Mototaxi
5	6.55	22.65527	Automóvil (Particular)	38	12.22	12.14337	Camión Remolcador (Trailer)
6	8.4	17.66571	Camión (Carga pesada)	39	9.38	15.82004	Camión (Carga pesada)
7	8.64	17.175	Station Wagon (Taxi)	40	7.5	19.7856	Automóvil (Particular)
8	4.38	33.87945	Motos lineales	41	7.48	19.8385	Trimotos de carga
9	8.29	17.90012	Camioneta Panel (Carga Ligera)	42	6.88	21.5686	Mototaxi
10	7.27	20.41155	Mototaxi	43	9.67	15.3456	Microbús
11	10.89	13.62645	Camión (Carga pesada)	44	6.59	22.51775	Station Wagon (Taxi)
12	7.46	19.89169	Pick up (4*4)	45	10.76	13.79108	Camión (Carga pesada)
13	5.37	27.63352	Motos lineales	46	8.23	18.03062	Camioneta Panel (Carga Ligera)
14	9.85	15.06518	Camioneta Panel (Carga Ligera)	47	5.46	27.17802	Automóvil (Particular)
15	7.96	18.64221	Station Wagon (Taxi)	48	9.4	15.78638	Trimotos de carga
16	8.47	17.51972	Microbús	49	7.71	19.24669	Pick up (4*4)
17	5.82	25.49691	Motos lineales	50	10.45	14.20019	Ómnibus
18	8.58	17.2951	Mototaxi	51	13.63	10.88716	Camión Remolcador (Trailer)
19	10.93	13.57658	Camión Remolcador (Trailer)	52	7.87	18.8554	Mototaxi
20	7.12	20.84157	Pick up (4*4)	53	8.09	18.34265	Pick up (4*4)
21	7.46	19.89169	Trimotos de carga	54	6.77	21.91905	Motos lineales
22	7.07	20.98897	Automóvil (Particular)	55	9.38	15.82004	Camioneta Panel (Carga Ligera)
23	6.53	22.72466	Camioneta rural (Combis)	56	6.05	24.5276	Automóvil (Particular)
24	9.3	15.95613	Station Wagon (Taxi)	57	9.87	15.03465	Ómnibus
25	7.58	19.57678	Mototaxi	58	7.59	19.55099	Station Wagon (Taxi)
26	6.87	21.6	Motos lineales	59	7.31	20.29986	Microbús
27	5.81	25.54079	Automóvil (Particular)	60	6.91	21.47496	Mototaxi
28	9.28	15.99052	Microbús	61	9.45	15.70286	Camioneta rural (Combis)
29	6.23	23.81894	Pick up (4*4)	62	8.07	18.3881	Camión (Carga pesada)
30	6.57	22.5863	Mototaxi	63	8.2	18.09659	Camioneta rural (Combis)
31	13.1	11.32763	Camión Remolcador (Trailer)	64	9.08	16.34273	Automóvil (Particular)
32	7.09	20.92976	Station Wagon (Taxi)	65	7.08	20.95932	Camioneta rural (Combis)
33	8.17	18.16304	Camioneta rural (Combis)				

Se considero una distancia de 41.22 metros para la velocidad de recorrido en avenida José María Arguedas P4 (cruce con la avenida Martinelli) desde el 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023, que corresponde a una sección de la avenida, en este presente estudio la vía de la avenida mantiene un tránsito fluido, por lo que los vehículos no tienen una mayor dificultad de transitar, así como se muestra en la siguiente tabla.

La velocidad promedio = 18.318 Km/h.

Tabla 17.

Velocidades de recorrido en la avenida José María Arguedas P4 (cruce con la avenida Martinelli), desde 24 de abril hasta 21 de mayo de 2023.

FORMATO DE VELOCIDADES							
VIA	Avenida José María Arguedas P4 (cruce con la avenida Martinelli)			SENTIDO	doble	FECHA	24 de abril hasta 21 de mayo
Distancia (m)				42.99			
Nº	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo	Nº	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo
1	6.43	24.06905	Camioneta rural (Combis)	34	7.89	19.61521	Station Wagon (Taxi)
2	7.07	21.89024	Automóvil (Particular)	35	14.45	10.71031	Camión Remolcador (Trailer)
3	9.63	16.07103	Camión (Carga pesada)	36	11.26	13.74458	Camioneta rural (Combis)
4	6.89	22.46212	Mototaxi	37	8.34	18.55683	Mototaxi
5	7.69	20.12536	Pick up (4*4)	38	13.89	11.14212	Camión Remolcador (Trailer)
6	6.69	23.13363	Trimotos de carga	39	9.41	16.44676	Station Wagon (Taxi)
7	5.05	30.64634	Automóvil (Particular)	40	15.01	10.31073	Ómnibus
8	10.99	14.08226	Camión (Carga pesada)	41	8.47	18.27202	Trimotos de carga
9	7.41	20.88583	Mototaxi	42	8.32	18.60144	Microbús
10	8.03	19.27323	Camioneta rural (Combis)	43	8.67	17.85052	Automóvil (Particular)
11	10.18	15.20275	Camión (Carga pesada)	44	12.98	11.92327	Ómnibus
12	6.45	23.99442	Motos lineales	45	6.67	23.203	Motos lineales
13	9.09	17.02574	Station Wagon (Taxi)	46	16.01	9.666708	Camión Remolcador (Trailer)
14	17.63	8.778446	Camión Remolcador (Trailer)	47	8.05	19.22534	Mototaxi
15	11.78	13.13786	Camión (Carga pesada)	48	10.07	15.36882	Pick up (4*4)
16	6.39	24.21972	Mototaxi	49	10.11	15.30801	Station Wagon (Taxi)
17	7.81	19.81613	Camioneta rural (Combis)	50	8.17	18.94296	Microbús
18	8.49	18.22898	Pick up (4*4)	51	6.7	23.0991	Mototaxi
19	9.23	16.7675	Microbús	52	7.6	20.36368	Trimotos de carga
20	6.75	22.928	Automóvil (Particular)	53	6.8	22.75941	Pick up (4*4)
21	8.46	18.29362	Camión (Carga pesada)	54	7.42	20.85768	Automóvil (Particular)
22	6.57	23.55616	Station Wagon (Taxi)	55	11.56	13.38789	Camión (Carga pesada)
23	8.78	17.62688	Trimotos de carga	56	6.37	24.29576	Mototaxi
24	7.6	20.36368	Mototaxi	57	10.65	14.53183	Camión (Carga pesada)
25	6.8	22.75941	Camioneta rural (Combis)	58	6.38	24.25768	Pick up (4*4)
26	7.47	20.71807	Motos lineales	59	5.56	27.83525	Motos lineales
27	7.68	20.15156	Station Wagon (Taxi)	60	10.48	14.76756	Automóvil (Particular)
28	10.57	14.64182	Camión (Carga pesada)	61	15.87	9.751985	Camión Remolcador (Trailer)
29	6.66	23.23784	Pick up (4*4)	62	6.87	22.52751	Mototaxi
30	9.38	16.49936	Camión (Carga pesada)	63	12.67	12.215	Ómnibus
31	9.6	16.12125	Automóvil (Particular)	64	7.06	21.92125	Trimotos de carga
32	10.17	15.2177	Microbús	65	8.99	17.21513	Automóvil (Particular)
33	15.39	10.05614	Camión Remolcador (Trailer)				

5.2.1 Contratación de la hipótesis

Figura 15.

Relación entre velocidad de recorrido y calidad del aire por NO₂ y SO₂.

		Correlación	
		Velocidad de recorrido	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Velocidad de recorrido	Correlación de Pearson	1	-.655*
	Sig. (bilateral)		.029
	N	11	11
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	-.655*	1
	Sig. (bilateral)	.029	
	N	11	11

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

En relación a la hipótesis se ha podido establecer que la velocidad de recorrido se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario (P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) e P2 (cruce con la avenida Floresta)) y José María Arguedas (P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) e P4 (cruce con la avenida Martinelli)) en turno mañana entre 8:00 am – 10:00 am y turno tarde entre 18:00 pm – 20:00 pm, ubicados en la provincia de Andahuaylas. La correlación existe con la velocidad recorrida con la calidad de aire por NO₂ y SO₂ es porque el nivel de significancia es menor a 0.05 y corresponde a una correlación moderado de 65.5 %.

5.3 Intensidad horaria que se relaciona con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

Para determinar la intensidad horaria de los vehículos se sumaron todos los tipos de vehículos que transitaban por cada avenida y el tiempo que tomaron en transitar por la misma.

Figura 16.*Intensidad horaria en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas*

Periodo	Mes	Volumen de transito	Tiempo (H)	Intensidad Horaria (V/H)
28 días	avenidas Sesquicentenario (P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) e P2 (cruce con la avenida Floresta)). y José María Arguedas (P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) e P4 (cruce con la avenida Martinelli))	481931	112	4302.9

Nota: Elaboración propia

En la tabla se observa que la intensidad horaria es proporcional al volumen de tránsito.

5.3.1 Contrastación de la hipótesis

Tabla 18.*Relación entre intensidad horaria y calidad del aire por NO₂ y SO₂*

		Correlación	
		Intensidad horaria	Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂
Intensidad horaria	Correlación de Pearson	1	.754**
	Sig. (bilateral)		.007
	N	11	11
Calidad del aire por NO ₂ y SO ₂	Correlación de Pearson	.754**	1
	Sig. (bilateral)	.007	
	N	11	11

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

En contrastación de la hipótesis se ha podido establecer que la intensidad horaria se relaciona con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario (P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) e P2 (cruce con la avenida Floresta)). y José María Arguedas (P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) e P4 (cruce con la avenida Martinelli)) en turno mañana entre 8:00 am – 10:00 am y turno tarde entre 18:00 pm – 20:00 pm, ubicados en la provincia de Andahuaylas.

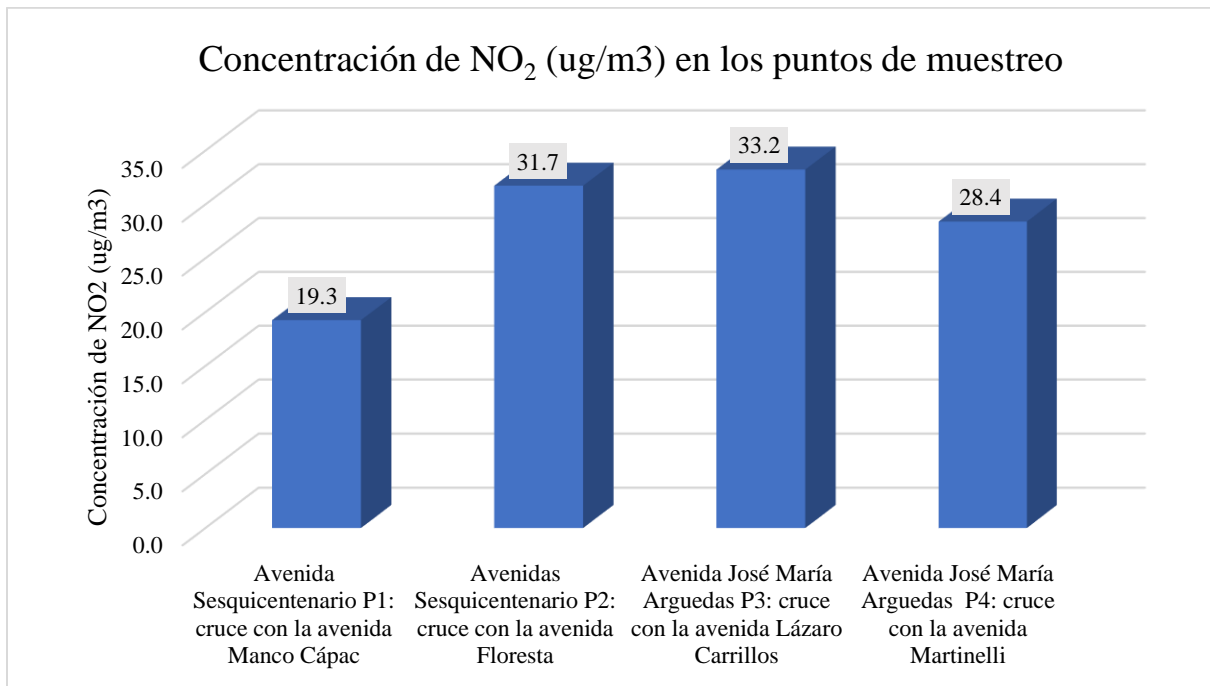
Por las siguientes consideraciones la intensidad horaria se relaciona con la calidad de aire por NO₂ y SO₂, debido a que según la prueba estadística Pearson, el nivel de significancia es menos a 0.05 y corresponde a una correlación moderado de 75.4 %.

5.4 El nivel de concentración de NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.

En las siguientes tablas se muestran los resultados de la concentración de dióxido de nitrógeno NO₂ y dióxido de azufre SO₂ analizados en el laboratorio acreditado PASSAM AG (de Zuiza), por el método de cromatografía iónico SP01, enviado mediante la empresa KLEPEL CONSULTING S.A.C. de la ciudad de Lima.

Resultado del análisis de laboratorio por puntos de muestreo para las concentraciones de NO₂.

Figura 17.
Resultados de Concentración del NO₂ en los Puntos de muestreo.

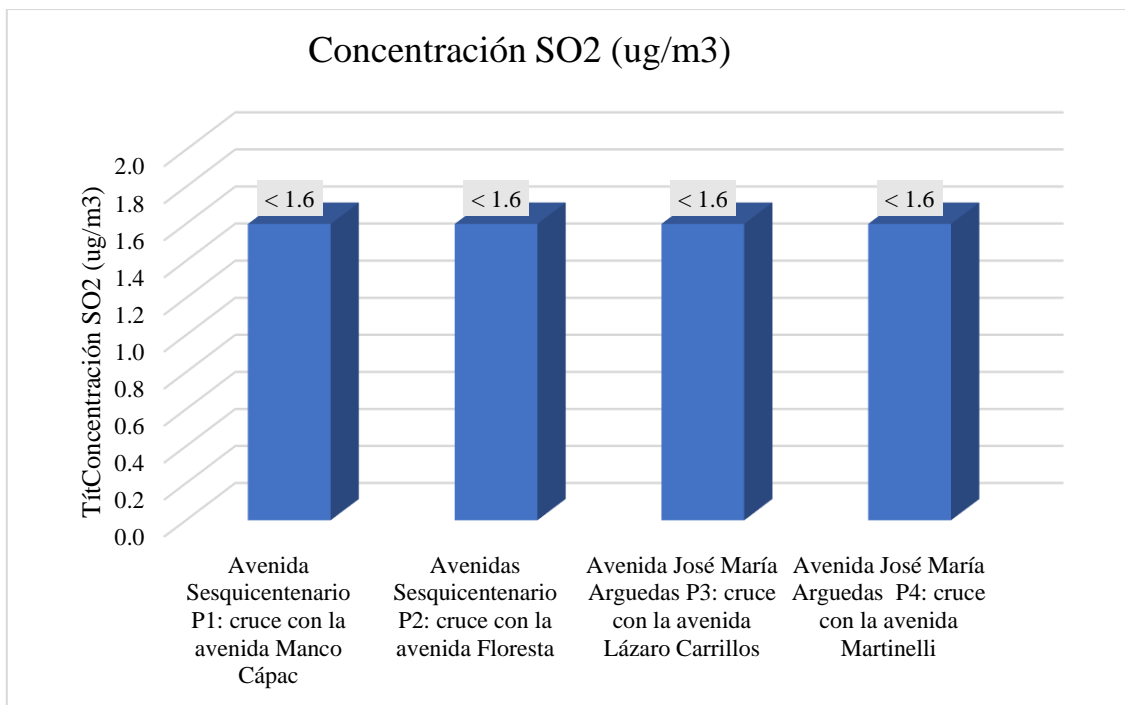


Interpretación: en la figura 17 se observa el punto tres que corresponde a la avenida José María Arguedas cruce con la avenida Lázaro Carrillos tiene la mayor concentración de dióxido de nitrógeno con 33.2 ug/m^3 , en tanto el punto uno que corresponde a la avenida Sesquicentenario cruce con la avenida Manco Cápac presenta la menor concentración de dióxido de nitrógeno con 19.3 ug/m^3 .

Resultado del análisis de laboratorio por puntos de muestreo para las concentraciones de SO_2 .

Figura 18.

Resultados de Concentración del SO_2 en los Puntos de muestreo.

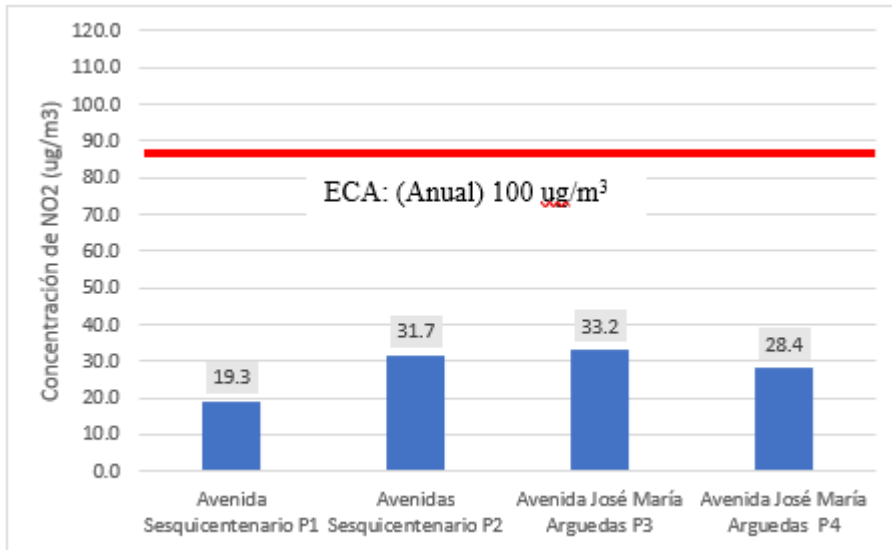


Interpretación: En la figura 18 se observa que los cuatro puntos de estudio en las avenidas Sesquicentenario (P1 (cruce con la avenida Manco Cápac) e P2 (cruce con la avenida Floresta)) y José María Arguedas (P3 (cruce con la avenida Lázaro Carrillos) e P4 (cruce con la avenida Martinelli)), presentan la concentración menor de dióxido de azufre con un valor $< 1.6 \text{ ug/m}^3$.

5.4.1 Comparación de las concentraciones del dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre con estándares de calidad ambiental.

Figura 19.

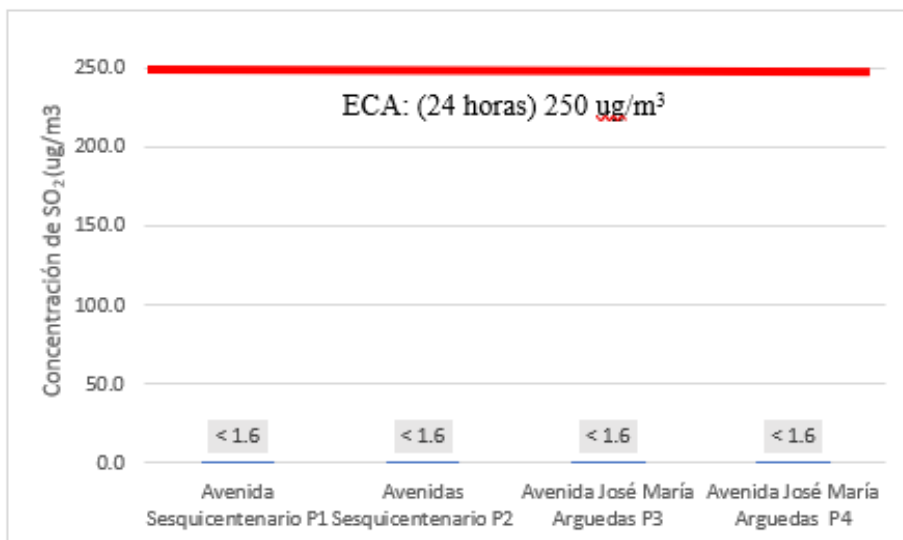
Comparación de concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) con estándar de la calidad ambiental (ECA).



En la figura 19 se observa que los valores de dióxido de nitrógeno NO₂ no superan los estándares de calidad ambiental (ECA), anual de 100 ug/m³, de acuerdo a la norma de referencia: Decreto supremo N° 003-2017-MINAM que se encuentra vigente en Perú.

Figura 20.

Comparación de concentración de dióxido de nitrógeno (SO₂) con estándar de la calidad ambiental (ECA).



En la figura 20 se observa que los valores de dióxido de azufre SO₂ no superan los estándares de calidad ambiental (ECA), 24 horas de 250 ug/m³, de acuerdo a la norma de referencia: Decreto supremo N° 003-2017-MINAM que se encuentra vigente en Perú.

5.5 Discusión

De acuerdo a la revisión de los resultados y análisis de la presente investigación se demuestra que existe relación entre el flujo vehicular y la calidad del aire de NO₂ y SO₂, que indica que las variables están altamente correlacionadas.

Por otro lado, Flores (2023), en su tesis menciona que el mayor volumen de tránsito promedio se encuentra en la Av. Colón (P1) con 6663 vehículos /hora y el menor en la Av. Piérola (P2) con 3834 vehículos/hora, encontrando la mayor concentración de NO₂ en la Av. Duárez (P5) con 61.3ug/m³ y menor en la Av. Tingo María (P3) con 34ug/m³, además una mayor concentración de SO₂ se presentó en Av. Duárez (P5) con 0,4ug/m³, y el valor más bajo en otros puntos fue <0,2ug/m³. El cuestionario muestra que en la Av. Duárez (P5), el 54,44% utiliza diésel y el 63,06%

son mayores de 15 años antigüedad. Las concentraciones de gases determinados de NO₂ y SO₂ no superan los estándares de calidad ambiental establecidos en Perú, la presente trabajo de investigación con sus resultados concuerda que existe puntos con concentraciones de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre que no superan los estándares de calidad ambiental.

Limas (2016), en su tesis que tuvo como objetivo conocer el efecto del tráfico de NO₂ y SO₂ en la calidad del aire a través de muestreadores pasivos en el Cercado de Lima (Plazas: Bolognesi, Dos de Mayo, San Martín y Parque Universitario) su resultado obtenido es una correlación directa, cuanto mayor sea el flujo vehicular, la concentración de NO₂ aumentará, pero no hay una relación directa con la concentración de SO₂. En presente trabajo de investigación coincide desarrollado por Limas en 2016 que existe un grado de asociación directo, donde el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre incrementan de acuerdo al volumen de tránsito.

Por consiguiente, Acosta et al. (2020), en su tesis menciona respecto a la situación del tráfico vehicular que el aumento de la cantidad de vehículos en Bogotá ha provocado una disminución en la velocidad de circulación en las vías de la ciudad por lo que coincide con el trabajo de investigación sobre la medición de la velocidad recorrido, cuantificando el número de vehículos. Los resultados de la velocidad recorrido de esta encuesta se describieron siguiendo los procedimientos establecidos y concluyeron que las velocidades de viaje aumentaron en Independence Avenue (bloques 28-30) en diciembre de 2019 en comparación con noviembre de 2019. Velocidad de viaje de 16,30 km/h a 28,98 km/h.

CONCLUSIONES

Se demuestra que existe una correlación muy directa con el flujo vehicular y la concentración de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, donde a mayor flujo vehicular, mayor será la concentración de dichos parámetros.

El volumen de tránsito y la calidad del aire por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre tienen una correlación moderada de 75.4% de acuerdo a los cálculos estadísticos.

Se ha evidenciado que la velocidad recorrida tuvo una correlación moderada de 65.5% con la calidad del aire de dióxido de nitrógeno NO_2 y dióxido de azufre SO_2 .

Se evidencia que la intensidad horaria tuvo una correlación moderada del 75.4 % con la calidad del aire de dióxido de nitrógeno NO_2 y dióxido de azufre SO_2 .

Se determina que la concentración de dióxido de nitrógeno en los 4 puntos de muestreo no supera los estándares de calidad ambiental de igual manera el dióxido de azufre en los 4 puntos el valor es inferior a 1.6 ug/m^3 , por lo que los parámetros se encuentran por debajo de los estándares de la calidad del aire.,

RECOMENDACIONES

- Medir los parámetros de la calidad del aire en las temporadas de lluvia y sequía para conocer el comportamiento de dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre y correlacionar con el flujo vehicular y proponer para la mejora de la transitabilidad de los vehículos y peatones.
- Desarrollar nuevas investigaciones sobre contaminación ambiental por dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre y vincular con la investigación de salud y proponer medidas de prevención y mitigación para evitar el daño que puede ocasionar a la salud de la población y al ambiente que nos rodea.
- Se recomienda realizar estudios sobre flujo vehicular incluyendo variables como el volumen vehicular, la velocidad recorrida y la intensidad horaria y correlacionar con la calidad de aire por NO₂, SO₂, etc. emitidos por el parque automotor a nivel local y regional.
- La calidad del aire es un problema que actualmente nos debe llevar a reflexión a la sociedad en su totalidad, por ello se debe realizar más estudios como este y conocer el nivel de contaminación del aire a la que la población está expuesta con fines de reducir y concientizar a la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abdul, H. (2016). Air Pollution in Urban Areas and Health Effects [Contaminación del aire en áreas urbanas y efectos en la salud]. *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 1(10). <https://core.ac.uk/download/pdf/132305048.pdf>
- Acosta et al. (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*. <https://www.proquest.com/docview/2385755999?accountid=3&forcedol=true>
- Aguirre, E. (2018). Cuál es la composición del aire que respiramos. <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/cual-es-la-composicion-del-aire-querespirmos-2585.html>
- Ayala, K., y Beteta, V. (2017) Niveles de dióxido de nitrógeno Generados por el flujo vehicular en la zona urbana de Tingo María. *Investigación y Amazonía*, 1(7). <file:///C:/Users/DELL/Downloads/44-107-1-PB.pdf>
- Ayub, S., and Bing, K., (2013). Monitoring the influence of outdoor vehicular pollutants concentration on indoor air quality of the houses located close to urban roadway/highways [Monitoreo de la influencia de la concentración de contaminantes vehiculares exteriores en la calidad del aire interior de las casas ubicadas cerca de carreteras/carreteras urbanas]. *Deptt. of Civil Engg.* 1(13). <file:///C:/Users/DELL/Downloads/kashifalipaperforconferanceandpublication.pdf>
- Bazán, V. (2017). *Contaminación del aire por dióxido de azufre y la congestión vehicular en Lima norte*. [tesis de pregrado, universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1626/Tesis_Contaminaci%C3%B3n_Dioxido%20de%20Asufre.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Dirección regional de vivienda, construcción y saneamiento del gobierno regional de Apurímac, (2020). *Plan regional de saneamiento Apurímac 2021- 2025*. <https://drvcs.regionapurimac.gob.pe/doc/plan-saneamiento-apurimac-2021-2025.pdf>
- Farroñan, C. (2017). *Concentración 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* [trabajo de grado, Universidad de Lambayeque]. https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/79/3/T107_72112777T.pdf
- Flores, L. (2023). *Flujo vehicular y su influencia sobre la calidad del aire por no2 y so2 en el distrito de cercado de lima – 2020*, [tesis de pregrado, Universidad nacional Federico Villareal]. http://190.12.84.13:8080/bitstream/handle/20.500.13084/6846/UNFV_FIGAE_Flor es Vela Liliam Susana Titulo profesional 2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- García, M., Ramirez, H., Ulloa, H., García, O., Meulenert, A., Alcalá, J. Concentración de contaminantes SO₂, NO₂ y correlación con H⁺, SO₄⁻² y NO⁻³ durante la temporada de lluvias en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Universidad de Guadalajara. Rev Chil Respir* 1(8).
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcher/v29n2/art04.pdf>
- García, R. (2021). Combustión y combustibles, *Redalyc.org*, 1(23).
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/Combusti%C3%B3n%20y%20combustibles.pdf>
- Gavilema, S. (2021). *Análisis energético de un motor de combustión interna a diferentes relaciones aire – combustible*. [tesis pregrado, escuela superior politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14989/1/96T00639.pdf>
- Giraldo, K. (2011). *Caracterización y estimación de emisiones vehiculares en la universidad autónoma de occidente*, [tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente].
<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5372/TID00974.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gutiérrez, A., Ferrero, A., Estarlich, M., Esplugues, A., Iñiguez, C., Ballester. Exposición ambiental a dióxido de nitrógeno y salud respiratoria a los 2 años en el Cohorte INMA – Valencia. Universidad de Valencia, Open Access, 1(6).
<https://scielo.isciii.es/pdf/gsv32n6/0213-9111-gs-32-06-507.pdf>
- Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación. Interamerica editores, S.A. de C.V.
<https://esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Hilario, N. (2017). *Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo*, [tesis de posgrado, Universidad nacional del centro del Perú].
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4137/Hilario%20Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto de la Construcción e Gestión (ICG), (2005). Volúmenes de tránsito. MDGVU (Ed.), *Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005 – VCHI*.
[https://limacap.org/normatividad-2019/transportes/Manual%20VCHI%20\(2005\).pdf](https://limacap.org/normatividad-2019/transportes/Manual%20VCHI%20(2005).pdf)
- Koller, M., Lujan, M., Bascopé, D. (2003) Mejoras en el monitoreo de NO₂ y O₃ atmosférico con tubos pasivos en la calidad de Cochabamba. *Universidad católica de Bolivia*, Vol 2. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v2n3/v2n3_a03.pdf
- Kurtenbach, R., Kleffmann, J., Niedojadio, A., Wiesen, P. (2012). Primary NO₂ emissions and their impact on air quality in traffic environments in Germany, *Chemie, Bergische* [Emisiones primarias de NO₂ y su impacto en la calidad del aire en entornos de tráfico

- en Alemania, Chemie, Bergische] Universität. 1(8).
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/2190-4715-24-21.pdf>
- 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 de Villa Real], repositorio institucional.
[file:///C:/Users/DELL/Downloads/Limas Moya Diana Carolina Titulo Profesional_1_2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/Limas Moya Diana Carolina Titulo Profesional_1_2016%20(1).pdf)
- Ministerio del ambiente (MINAM), (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias*.
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/ds-003-2017-minam.pdf>
- Mohd, A., Syed, S., Zaitun, N. (2003). Air pollution from motor vehicles a mathematical model análisis: case study in ipon city, Perak, Malaysia [Contaminación del aire procedente de vehículos motorizados: análisis de un modelo matemático: estudio de caso en la ciudad de ipon, Perak, Malasia]. *Selatan, Pulau Pinang*. 1(15).
<https://core.ac.uk/download/pdf/298087089.pdf>
- Muñoz, S., Salcedo, J., Soto, M. (2021) Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *Inventum*, Vol 16, 1(11).
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/juliorivera-contaminacion-ambiental-producida-por-el-transito-vehicular-y-sus-efectos-en-la-salud-humana-una-revisin-literaria.pdf>
- Norma Técnica Peruana (NTP 900.036:2017), (2019). *Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per197657anx.pdf>
- Núñez, C. (2018). *Estudio de emisiones de gases en vehículos a gasolina en la universidad técnica de Ambato Campus Huachi*, [Tesis de pre grado, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29538/1/Tesis%20L.%20M.%2007%20-%20N%C3%BA%C3%B1ez%20P%C3%A9rez%20Carlos%20Santiago.pdf>
- Nureña, M. (2021), *Evaluación y propuesta para mitigar la congestión vehicular en la avenida Saenz Peña* [Universidad Católica Toribio de Mogrovejo].
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3310/1/TL_Nure%c3%b1aDiazMauricio.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (2019). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Sitio web [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%20\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%20(outdoor)-air-quality-and-health)

- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Directrices de la OMS sobre la malaria*. https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/57291/OPSWCDEVT220015_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quenaya, E. (2018), *Impacto de la contaminación del aire por el parque automotor en la población del área urbana de Arequipa 2016-2017* [tesis de maestría, universidad san Agustín de Arequipa]. https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/471/471229.pdf.pdf?X-Amz-ContentSha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-AmzCredential=aa5vJ7sqx6H8Hq4u%2F20230325%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20230325T031953Z&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Expires=600&X-Amz-Signature=f27ef2e67c1a8b59ea610e86ca3689da6fd678fb48ec54f59c37f1aefa74cf16
- Ramos, C. (2020) *Sistema de estacionamiento subterráneo y su influencia en el congestionamiento vehicular en la zona monumental de Tacna – 2020*. [Tesis de la Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2391/RamosFloresClaudia.pdf?sequence=1>
- River, C. (2020). *Impacto del parque automotor y la calidad del aire en Lima Metropolitana durante las medidas de aislamiento social COVID-19, 2020*. [tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/660/Impacto-parque-automotor-calidad-del-aire-en-Lima-Metropolitana_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rovira, A. y Muñoz, M. (2015). *Motores de combustión interna*. Universidad de educación a distancia-edición digital. <https://lopezva.files.wordpress.com/2019/11/343564272-motores-de-combustion-interna.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), (2008). Tomo XII. *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-estudios-de-ingenieria-de-transito-mexico.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). *Vigilancia de la calidad del aire en el área metropolitana de Lima y Callao*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-92.pdf>
- Urbina y Torres. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la av. Bolognesi y la av. Gustavo pinto en la ciudad de Tacna*, [Tesis de pregrado, Universidad privada de Tacna]. file:///C:/Users/DELL/Downloads/Urbina_Catunta_Torres_Flores.pdf


Zapata, C., Quijano, R., Molina, E., Rubiano, C., Londoño, G. (2008), Fortalecimiento de la red de monitoreo de la calidad de aire en el valle de Aburra con medidores pasivos. *Redalyc.org*, 1(19). <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169414452004.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE Y DIMENSIÓN	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿De qué manera se relaciona la incidencia del flujo vehicular con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?</p>	<p>Objetivo general Determinar la relación de la incidencia del Flujo vehicular con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.</p>	<p>Hipótesis general La incidencia del flujo vehicular se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.</p>	<p>Variable de estudio: Flujo vehicular y Calidad del Aire</p>	<p>De acuerdo a la técnica de contrastación: No experimental</p> <p>De acuerdo al fin que persigue: Aplicada</p> <p>Nivel: Básico</p> <p>Diseño: Muestra de Estudio</p>
<p>Problemas específicos ¿De qué manera se relaciona la intensidad horaria con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?</p>	<p>Objetivos específicos Determinar la relación de la intensidad horaria con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.</p>	<p>Hipótesis específicas La intensidad horaria se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.</p>		
<p>¿De qué manera se relaciona el volumen de tránsito con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José María</p>	<p>Determinar la relación del volumen de tránsito con la calidad del aire de NO₂ y SO₂ en las avenidas José María</p>	<p>El volumen de tránsito se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas José</p>		

Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?	Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.	María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.	Dimensiones/indicadores: emisiones de gases contaminantes		
¿De qué manera se relaciona la velocidad recorrida con la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?	Determinar la relación de la velocidad de recorrido con la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023	La velocidad de recorrido se relaciona significativamente con la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.			M: Muestras de estudio Ox: Variable 1 Oy: Variable 2
¿Cuál es el nivel de concentración de la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023?	Determinar el nivel de concentración de la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.	El nivel de concentración de la calidad del aire por NO ₂ y SO ₂ será significativo, en las avenidas José María Arguedas y Sesquicentenario de la provincia de Andahuaylas, Apurímac, 2023.			

Anexo 2

Fotografía de las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas.



Anexo 3

Instrumento de recolección de datos

Hora: Avenida:

TIPOS DE VEHÍCULOS							
L I V I A N O S	Automóvil (PARTICULAR)						
	Station Wagon (TAXIS)						
	Pick up (4x4)						
	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 4

Formato para el registro de velocidad

FORMATO DE VELOCIDADES							
VIA				SENTIDO		FECHA	
Distancia (m)							
N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo	N°	Tiempo (s)	Vi (Km/h)	Tipo de vehículo

Anexo 5

Fotografías de la instalación de los muestreadores pasivos de NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas



Anexo 6

Resultados del análisis de NO₂ y SO₂ en las avenidas Sesquicentenario y José María Arguedas de la provincia de Andahuaylas.

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag

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

air quality monitoring

información del cliente

cliente: Klepel Consulting SAC
 Identificación del cliente: PEK
 contacto: Roland Klepel
 proyecto: ABRIL Y MAYO 2023
 referencia:

muestreadores pasivos

recepción: 06.06.2023
 tipo: badge
 contaminante: NO₂/SO₂
 límite de detección*: NO₂: 1.5 ug/m³
 SO₂: 1.5 ug/m³
 * a los 14 días de muestreo

análisis

método: SP19 cromatografía iónica
 analito: NO₂/SO₂
 fecha: 14.06.2023
 lugar: passam ag

informe de prueba

creado en: 16.06.2023
 creado por: C. Panier
 revisado: 21.06.2023
 revisado por: T. Hangartner
 nombre del archivo: PEK192301
 páginas: 1



notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; los resultados por debajo del límite de detección se indican con "<" y el valor asociado; este método está acreditado por ISO/IEC 17025
 incertidumbre de medición <25%; ; más información en www.passam.ch

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 [NO ₂]- ppm	[SO ₄]- ppm	[NO ₂]- ppm	[SO ₄]- ppm	m / muestreador NO ₂ ug	SO ₂ ug	Conc NO ₂ SO ₂ ug/m ³ ug/m ³		
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK1	45027-7	24/04/2023	6:38	648,0	0,10	0,40	3,02	0,40	11,70	< 0,72	19,4	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK2	45027-7	24/04/2023	6:38	648,0	0,10	0,40	2,98	0,40	11,51	< 0,72	19,1	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK4	45027-7	24/04/2023	6:10	648,0	0,10	0,40	4,92	0,43	19,30	< 0,72	32,0	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK5	45027-7	24/04/2023	6:10	648,0	0,10	0,40	4,68	0,46	18,33	< 0,72	30,4	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK6	45027-7	24/04/2023	6:10	648,0	0,10	0,40	5,04	0,45	19,78	< 0,72	32,8	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK7	45027-7	24/04/2023	5:52	648,0	0,10	0,40	3,90	0,44	15,20	< 0,72	25,2	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK8	45027-7	24/04/2023	5:52	648,0	0,10	0,40	5,74	0,50	22,58	< 0,72	37,5	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK9	45027-7	24/04/2023	5:52	648,0	0,10	0,40	5,67	0,43	22,27	< 0,72	37,0	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK10	45027-7	24/04/2023	5:42	648,0	0,10	0,40	5,62	0,46	22,10	< 0,72	36,7	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK11	45027-7	24/04/2023	5:42	648,0	0,10	0,40	3,78	0,49	14,72	< 0,72	24,4	< 1,6	
Av. José María Arguedas y Av. Sesquicentenario	PEK12	45027-7	24/04/2023	5:42	648,0	0,10	0,40	3,72	0,39	14,50	< 0,72	24,1	< 1,6	
	BLANK-1	45027-7				0,10	0,40	0,10	0,31	< 0,94	< 0,72			