

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en
los mercados de abasto del distrito de Ayacucho – 2025**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN UNAH
CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE**

AUTOR:

Moreyra Quispe, Luis Fernando

ASESOR:

Dr. Carhuallanqui Ibarra, Solón Dante

CO-ASESOR

Msc. La Torre Torres, Luis Gonzalo

HUANTA- PERÚ

2026

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS_FINAL_LUIS_MOREYRA

AUTOR

TESIS_FINAL_LUIS_MOREYRA

RECuento DE PALABRAS

25047 Words

RECuento DE CARACTERES

149623 Characters

RECuento DE PÁGINAS

129 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.5MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 3, 2026 2:33 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 3, 2026 2:35 PM GMT-5

● 17% de similitud general

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Firmado digitalmente
por CARHUALLANQUI
IBARRA Solon Dante
FAU 20574653798 soft
Fecha: 2026.09.03
21:01:23 -05'00'

**“Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados
de abasto del distrito de Ayacucho – 2025”**

AUTOR:

Bach. Moreyra Quispe, Luis Fernando.

ASESOR:

Dr. Carhuallanqui Ibarra, Solón Dante.

CO-ASESOR:

Msc. La Torre Torres, Luis Gonzalo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

Creada por Ley N° 29658

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la ciudad de Huanta, en la 01- EP - Ingeniería Ambiental -JOSACO, ubicado en el Jr. Razuhuillca N° 624- cinco esquinas, a los 13 días del mes de agosto de 2026, siendo las 10:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Santos Clemente Herrera Díaz

Mtra. Jaqueline Chuquillanqui Gómez

Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra

Miembro Titular 1 (Presidente)

Miembro titular 2

Miembro titular 3

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 123-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Bach. Luis Fernando MOREYRA QUISPE**, con la tesis titulada: **"Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO2 en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025"** asesorado por el Dr. Solon Dante Carhuallqui Ibarra y Coasesorado por el Mcs. Luis Gonzalo La Torre Torres, para optar el Título profesional de: Ingeniero Ambiental.

Observaciones:

.....
.....
.....

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por la tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	()
Aprobado Bueno	☒
Aprobado Muy Bueno	()
Aprobado Excelente	()

Con la calificación de Quince (15)

Siendo las 11:10 am se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.



Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
DOCENTE ORDINARIO PRINCIPAL

Dr. Santos Clemente Herrera Díaz
Miembro Titular 1 (Presidente)



Mtra. Jaqueline Chuquillanqui Gómez
DOCENTE

Mtra. Jaqueline Chuquillanqui Gómez
Miembro Titular 2

Dr. Solon Dante Carhuallanqui
Ibarra
DOCENTE

Dr. Solon Dante Carhuallanqui Ibarra
Miembro Titular 3

DEDICATORIA

A mis amados padres, Moreyra Cervantes Efraín y Quispe Castro Edilmira, quienes con su amor infinito y su sacrificio diario han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar cada meta. Gracias por ser los pilares fundamentales de mi vida, por enseñarme con el ejemplo el verdadero significado de la perseverancia, la dedicación y el esfuerzo. No hay palabras suficientes para agradecerles por todo lo que han hecho por mí, por apoyarme incondicionalmente en cada paso, por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades. Este logro es tanto mío como suyo, porque sin su amor, su guía y su presencia, nada de esto hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindarme la oportunidad de formarme en un entorno académico de excelencia, cuyo apoyo ha sido esencial para el desarrollo de mi proyecto de investigación.

A la Facultad de Ingeniería y Gestión, por su compromiso con la educación, por ofrecerme las herramientas necesarias para abordar los retos académicos, y por fomentar un espacio donde la innovación y el pensamiento crítico se convierten en pilares del aprendizaje.

A mi asesor, el Dr. Carhuallanqui Ibarra Solón Dante, por su constante guía, paciencia y dedicación, pues, su experiencia y conocimiento han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis. A mi co asesor, el Mcs. La Torre Torres Luis Gonzalo, por su apoyo constante, sus valiosas aportaciones y por compartir generosamente su experiencia y conocimientos, los cuales han enriquecido significativamente este trabajo.

A mis padres, Moreyra Cervantes Efraín y Quispe Castro Idelmira, por su amor incondicional y su apoyo constante, ustedes han sido mi mayor fuente de fortaleza, y su sacrificio y dedicación a lo largo de los años me han permitido llegar hasta aquí, este logro es el reflejo de todo lo que me han dado y de la confianza que siempre han tenido en mí.

A mis hermanos, Moreyra Quispe Daniel y Moreyra Quispe Ruth, por su cariño, apoyo y por estar siempre presentes en cada momento de este proceso. Gracias por ser una constante motivación en mi vida y por su comprensión inquebrantable.

Al Centro de Investigación & Producción Agrícola Ruru Killa S.R.L., por brindarme las instalaciones y los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto de manera eficiente. Su apoyo ha sido clave para la ejecución exitosa de esta investigación.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en los accesos a los principales mercados de abasto del distrito de Ayacucho, zonas con alta circulación vehicular y afluencia de población. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de nivel correlacional y diseño no experimental.

La metodología incluyó monitoreos de calidad del aire y conteos vehiculares simultáneos en seis puntos representativos de los mercados Magdalena, Nery García Zárate y F. Vivanco. Las mediciones de CO se realizaron en periodos de 8 horas y las de NO₂ en 1 hora, mediante un tren de muestreo manual conforme a los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

Los resultados evidenciaron mayor flujo vehicular en el mercado F. Vivanco durante el día (4193 vehículos), seguido de Magdalena (3394) y Nery García Zárate (2698). Las concentraciones de CO alcanzaron hasta 25 500 µg/m³ en F. Vivanco, superando el estándar de 10 000 µg/m³. En el caso del NO₂, los valores oscilaron entre 160 y 250 µg/m³, registrándose el valor máximo por encima del límite de 200 µg/m³.

El análisis estadístico mostró una correlación fuerte y significativa entre el flujo vehicular y CO ($r = 0,909$; $p = 0,012$), mientras que para NO₂ la correlación fue moderada y no significativa ($r = 0,541$; $p = 0,268$). Se concluye que el incremento del tránsito vehicular influye directamente en el aumento de CO y contribuye al deterioro de la calidad del aire.

Palabras clave: flujo vehicular, calidad del aire, Monóxido de Carbono, Dióxido de Nitrógeno, contaminación atmosférica, mercados urbanos.

ABSTRACT

The research aimed to analyze the relationship between vehicular traffic and ambient concentrations of carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO₂) at the entrances to the main wholesale markets in the Ayacucho district, areas with high vehicular traffic and population density. The study employed a quantitative, correlational, and non-experimental design.

The methodology included simultaneous air quality monitoring and vehicle counts at six representative points in the Magdalena, Nery García Zárate, and F. Vivanco markets. CO measurements were taken over 8-hour periods and NO₂ measurements over 1-hour periods, using a manual sampling train in accordance with the Ambient Air Quality Standards.

The results showed the highest vehicular traffic at the F. Vivanco market during the day (4,193 vehicles), followed by Magdalena (3,394) and Nery García Zárate (2,698). CO concentrations reached up to 25,500 µg/m³ in F. Vivanco, exceeding the standard of 10,000 µg/m³. For NO₂, values ranged between 160 and 250 µg/m³, with the maximum value exceeding the 200 µg/m³ limit.

Statistical analysis showed a strong and significant correlation between vehicular traffic and CO ($r = 0.909$; $p = 0.012$), while for NO₂ the correlation was moderate and not significant ($r = 0.541$; $p = 0.268$). It is concluded that increased vehicular traffic directly influences the increase in CO and contributes to the deterioration of air quality.

Keywords: vehicular traffic flow, air quality, carbon monoxide, nitrogen dioxide, air pollution, urban markets.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.1. Descripción y formulación del problema.....	18
1.1.1. Problema general	19
1.1.2. Problemas específicos	19
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo general	20
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. Justificación e importancia	20
1.4. Hipótesis.....	21
1.4.1. Hipótesis general.....	21
1.4.2. Hipótesis específicas.....	21
1.5. Variables	21
II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	26
2.1.3. Antecedentes locales	30
2.2. Bases teóricas.....	31
2.2.1. Tráfico vehicular	31
2.2.2. Teorías principales	32
2.2.3. Factor pico horario (FPH)	33

2.2.4. Congestión vehicular	33
2.2.5. Vehículo	34
2.2.6. Concentración de CO y NO ₂	36
2.2.7. Monóxido de Carbono	36
2.2.8. Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	36
2.2.9. Cumplimiento normativo	37
2.3. Marco legal	39
2.4. Definición de términos	40
III. METODOLOGÍA	42
3.1. Enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación	42
3.2. Ámbito temporal y espacial	42
3.2.1. Ámbito temporal	42
3.2.2. Ámbito espacial	43
3.3. Población y muestra	43
3.3.1. Población	43
3.3.2. Muestra	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.4.1. Técnicas de recolección de datos	47
3.4.2. Instrumentos de investigación	49
3.5. Procedimientos	50
3.5.1. Objetivo específico 1	50
3.5.2. Objetivo específico 2	50
3.5.3. Objetivo específico 3	52
3.6. Análisis de datos	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Resultados	55

4.1.1. Determinación del flujo vehicular en el acceso principal de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.....	55
4.1.2. Determinación de las concentraciones ambientales de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.	63
4.1.3. Análisis la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO ₂	77
4.2. Discusión.....	85
V. CONCLUSIONES	89
VI. RECOMENDACIONES.....	90
VII. REFERENCIAS	91
VIII. ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Matriz de Operacionalización de Variables</i>	22
Tabla 2. Diseño experimental para el muestreo de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho	48
Tabla 3. Cronograma de monitoreo de CO y NO ₂	52
Tabla 4. Promedio del flujo vehicular total por punto de monitoreo F. Vivanco.....	55
Tabla 5. Distribución del tipo de vehículo por punto de monitoreo	56
Tabla 6. Categorías vehiculares en el área de estudio	59
Tabla 7. Composición del flujo vehicular por punto de monitoreo.....	61
Tabla 8. Concentración de CO por punto de monitoreo y comparación con el ECA.....	63
Tabla 9. Concentración de NO ₂ por punto de monitoreo y comparación con el ECA	66
Tabla 10. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables concentración de CO, NO ₂ y flujo vehicular.....	78
Tabla 11. Correlación de Pearson entre la concentración de Monóxido de Carbono (CO) y el flujo vehicular	81
Tabla 12. Correlación de Pearson entre el flujo vehicular y la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	82
Tabla 13. Comportamiento conjunto del tráfico vehicular y contaminantes por punto	83
Tabla 14. Prueba de normalidad de Concentración de CO, NO ₂ y cantidad de vehículos	129
Tabla 15. Correlación de Pearson entre la concentración de CO y vehículos.....	130
Tabla 16. Correlación de Pearson entre la concentración de NO ₂ y vehículos	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo clásico de transporte	35
Figura 2 Estándares de calidad de aire	38
Figura 3. Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Magdalena).....	44
Figura 4. Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Nery García Zarate).....	45
Figura 5. Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Andrés F.Vivanco)	46
Figura 6. Diagrama de flujo de la metodología de la investigación.....	54
Figura 7. Flujo vehicular total por punto de monitoreo F. Vivanco.....	55
Figura 8. Distribución del tipo de vehículo por punto de monitoreo	57
Figura 9. Pareto de categorías vehiculares en el área de estudio.....	59
Figura 10. Composición del flujo vehicular por punto de monitoreo	61
Figura 11. Concentración de CO por punto de monitoreo y comparación con el ECA.....	64
Figura 12. Concentración de NO ₂ por punto de monitoreo y comparación con el ECA...	66
Figura 13. Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Magdalena y Nery Garcia Zarate durante el periodo de monitoreo.....	68
Figura 14. Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Central F.Vivanco y Magdalena durante el periodo de monitoreo	71
Figura 15. Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Nery Garcia Zarate y Central F.Vivanco durante el periodo de monitoreo	74
Figura 16. Relación entre el flujo vehicular y la concentración de CO	78
Figura 17. Relación entre el flujo vehicular y la concentración de NO ₂	80
Figura 18. Comportamiento conjunto del tráfico vehicular y contaminantes por punto....	83

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la contaminación del aire se ha consolidado como uno de los problemas ambientales más relevantes, especialmente en ciudades intermedias debido al crecimiento urbano desordenado y al aumento del parque automotor, factores que ejercen una presión significativa sobre la calidad del ambiente y la salud de la población. A nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (2024) señala que la contaminación atmosférica exterior constituye uno de los mayores riesgos ambientales para la salud, siendo responsable de millones de muertes prematuras por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, lo cual es atribuible en gran parte a emisiones procedentes del transporte que utiliza combustibles fósiles, entre ellos el Monóxido de Carbono (CO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂). En el contexto regional y nacional, informes recientes advierten que la calidad del aire en Perú sigue superando los límites recomendados por la OMS, siendo las emisiones vehiculares uno de los principales contribuyentes a esta situación, con ciudades como Lima ubicadas entre las más contaminadas de América Latina debido a la densidad del tránsito y la baja calidad de los combustibles y del parque automotor (Asociación automotriz del Perú, 2024).

Dentro del entorno urbano, los mercados de abasto representan espacios de especial interés ambiental, debido a que concentran actividades comerciales intensas, circulación constante de vehículos y permanencia prolongada de personas, entre comerciantes, transportistas y compradores, lo que convierte a estos lugares en puntos potenciales de exposición a contaminantes atmosféricos, lo que intensifica cuando los accesos presentan congestión, circulación lenta y diversidad de tipos de vehículos, factores que han sido identificados por la literatura científica como condiciones que elevan la presencia de gases contaminantes y aumentan el riesgo de afectaciones en la salud pública (Organización Panamericana de la Salud, 2024).

En el distrito de Ayacucho, la dinámica comercial de los mercados genera un flujo vehicular continuo que incluye motocicletas, mototaxis, automóviles, camionetas, unidades de transporte público y vehículos de carga, lo cual sugiere la presencia de emisiones diferenciadas según el tipo de combustible y la tecnología vehicular utilizada, además de inducir condiciones propicias para la acumulación de contaminantes en zonas de alta permanencia humana, pese a ello, existe una limitada información local sobre la calidad del

aire, dificultando encontrar evidencia técnica que sustente acciones de gestión ambiental y ordenamiento vial efectivos.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la influencia del flujo vehicular en las concentraciones ambientales de CO y NO₂ en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho, mediante mediciones directas de contaminantes y conteos vehiculares simultáneos, este enfoque posibilita comprender el comportamiento real de la contaminación asociada al tránsito y aporta información útil para la planificación urbana, la protección de la salud pública y el diseño de estrategias de gestión ambiental local.

Para cumplir con los estándares técnicos y garantizar la calidad de los datos, la metodología se implementó de acuerdo con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire aprobado por el Ministerio del Ambiente del Perú, que establece procedimientos estandarizados para la medición de gases como CO y NO₂, así como condiciones de muestreo y calibración de equipos que aseguran la validez y comparabilidad de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire vigentes en el país, asimismo, se realizaron mediciones de CO durante periodos de 8 horas y de NO₂ durante periodos de 1 hora, respetando los criterios temporales definidos por la normativa, y los conteos vehiculares se llevaron a cabo con fichas estructuradas que permitieron registrar tipo y cantidad de vehículos en intervalos regulares.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

La contaminación del aire se ha convertido en uno de los problemas ambientales más preocupantes del país, especialmente en las ciudades donde el tránsito vehicular es intenso. (Organización Mundial de la Salud, 2024). De acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú (AAP, 2024), el Perú se ubica entre los países con peor calidad del aire en la región, principalmente por las emisiones generadas por vehículos y por el crecimiento urbano desordenado. A esto se suma la información presentada por la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU, 2023), que señala que más de la mitad de la contaminación atmosférica en la capital proviene de fuentes móviles. Estos datos ayudan a entender que la circulación vehicular es un factor clave en el deterioro de la calidad del aire.

Asimismo, diversos estudios realizados en otras ciudades del país respaldan esta preocupación, ya que se ha demostrado que los contaminantes asociados al tránsito vehicular se incrementan de manera significativa durante los periodos de mayor congestión. En la ciudad de Tacna, Céliz y Chura (2024) encontraron que las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) aumentan de forma notable durante las horas punta en zonas donde el flujo vehicular es continuo, confirmando la relación directa entre la intensidad del tránsito y el deterioro de la calidad del aire.

Los mercados de abasto constituyen espacios urbanos de alta concurrencia y permanencia poblacional, donde la combinación de congestión vehicular, circulación lenta y diversidad del parque automotor favorece la formación de microambientes con elevada carga contaminante, situación que ha sido identificada en estudios recientes como un factor de riesgo ambiental en zonas comerciales urbanas (Organización Panamericana de la Salud, 2024). Esta problemática adquiere mayor relevancia debido a que comerciantes, compradores y transportistas permanecen durante varias horas del día en estos entornos, lo que incrementa su nivel de exposición a contaminantes atmosféricos y, por ende, el riesgo de efectos adversos sobre la salud (Ferrua, 2023).

En el distrito de Ayacucho, particularmente en la ciudad de Huamanga, la situación no es ajena a esta realidad, ya que en los últimos años se ha evidenciado un incremento sostenido del parque automotor y una mayor congestión en las principales vías urbanas, especialmente en los accesos a los mercados de abasto. En estos espacios confluyen vehículos de transporte

público, mototaxis, automóviles particulares y unidades de carga, generando condiciones propicias para la acumulación de contaminantes gaseosos como el CO y el NO₂.

Por todo lo mencionado, la presente investigación resulta necesaria porque permitió obtener información confiable y actualizada sobre la calidad del aire en espacios urbanos donde diariamente circulan y permanecen numerosas personas, como ocurre en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho. Analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) contribuirá no solo a la comprensión del comportamiento de estos contaminantes en zonas de intensa actividad comercial, sino también al fortalecimiento de la gestión ambiental local y al diseño de medidas orientadas a mejorar la movilidad urbana, reducir la exposición de la población y apoyar la toma de decisiones en materia de salud pública y protección ambiental.

En este contexto, es importante señalar que todas las mediciones realizadas en la investigación se basaron en procedimientos técnicos oficialmente establecidos. En particular, se consideró el Decreto Supremo N.º 010-2019-MINAM, que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, el cual establece los lineamientos, métodos y condiciones bajo los cuales deben realizarse las mediciones de contaminantes atmosféricos como el CO y el NO₂. La aplicación de este protocolo garantiza que los resultados obtenidos sean comparables, técnicamente válidos y útiles para la formulación de políticas y acciones orientadas al control de la contaminación del aire.

1.1.1. Problema general

¿De qué manera el tráfico vehicular influye en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante el año 2025?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo es la intensidad vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho?
- ¿Cuáles son las concentraciones ambientales de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho?
- ¿Qué relación existe entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante el año 2025.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el flujo vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.
- Determinar las concentraciones ambientales de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.
- Analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂.

1.3. Justificación e importancia

La presente investigación adquiere relevancia porque permite comprender, a partir de datos obtenidos directamente en campo y bajo un protocolo oficial, de qué manera el tráfico vehicular incide en las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho, espacios urbanos donde diariamente se concentran comerciantes, transportistas y población en general. Diversos organismos internacionales han señalado que las zonas urbanas con alta densidad vehicular y permanencia poblacional constituyen escenarios críticos de exposición a contaminantes atmosféricos asociados al tránsito, los cuales representan un riesgo significativo para la salud pública, especialmente por la presencia de gases como el CO y el NO₂ (Organización Mundial de la Salud, 2021). No obstante, a pesar de tratarse de áreas de alta afluencia y actividad económica constante, la información técnica local sobre la calidad del aire en estos entornos es limitada, lo que dificulta la adopción de decisiones informadas orientadas a la protección de la salud y del ambiente; en ese sentido, los resultados obtenidos contribuyen a cubrir un vacío de conocimiento existente a nivel local, tal como se ha identificado en evaluaciones nacionales sobre monitoreo ambiental en ciudades intermedias (Ministerio del Ambiente, 2019).

Asimismo, el estudio es importante porque fortalece las capacidades técnicas en medición ambiental y generando una línea base confiable que podrá ser utilizada en futuras investigaciones sobre calidad del aire, planificación urbana o impactos en la salud pública. El Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire aprobado por el MINAM (2019),

permitirá dar continuidad a procesos de evaluación ambiental en una ciudad intermedia como Ayacucho, donde la evidencia científica aún es limitada.

Por otro lado, al identificar la relación entre el flujo vehicular y los niveles de CO y NO₂ en zonas de alta afluencia, la investigación aportará insumos concretos para que las autoridades locales evalúen alternativas de ordenamiento vial, control de fuentes móviles y mejora de la movilidad urbana, favoreciendo una circulación más eficiente alrededor de los mercados y contribuyendo a la reducción de la exposición de la población a contaminantes atmosféricos.

Finalmente, los resultados permitirán visibilizar los niveles reales de contaminación a los que están expuestas las personas que trabajan y transitan diariamente por estos espacios, promoviendo una mayor conciencia ambiental tanto en la ciudadanía como en los tomadores de decisiones y facilitando la implementación de acciones preventivas orientadas a proteger la salud, optimizar el funcionamiento de los mercados de abasto y avanzar hacia una gestión urbana más sostenible en el distrito de Ayacucho.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El tráfico vehicular influye en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante en el año 2025.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Existe un incremento significativo del flujo vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho en las horas de mayor actividad comercial.
- Las concentraciones de CO y NO₂ presentan variaciones significativas durante las horas punta en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.
- Existe una relación estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

1.5. Variables

- Variable Independiente: Tráfico Vehicular.
- Variable Dependiente: Concentraciones de CO y NO₂.

Tabla 1.*Matriz de Operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas de recolección	Instrumento	Escala de medición
Variable independiente Tráfico vehicular	- Intensidad vehicular - Tipo de vehículo - Horario de circulación	- Flujo vehicular promedio (vehículos/hora) - % de vehículos - Variación horaria del flujo vehicular	Observación estructurada	Ficha de registro vehicular estandarizada	Cuantitativa
Variable dependiente Concentraciones de CO y NO ₂	- Contaminación por CO - Contaminación por NO ₂ - Cumplimiento normativo	- Concentración de CO (µg/m ³) - Concentración de NO ₂ (µg/m ³) - % de cumplimiento del ECA para aire	- Muestreo ambiental directo - Análisis comparativo	- Tren de muestreo de gases - Matriz normativa (ECA)	Cuantitativa

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Zuraski et al. (2025), en su estudio titulado “*On Road Measurements of Nitrogen Oxides, CO, CO₂, and VOC Emissions in Two Southwestern U.S. Cities*”, desarrollaron una investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño experimental de campo, orientada a evaluar emisiones reales de contaminantes generadas por vehículos en circulación en las ciudades de Los Ángeles y Las Vegas. La metodología incluyó el uso de un laboratorio móvil equipado con instrumentos de alta resolución temporal para medir directamente plumas de escape en tiempo real mientras los vehículos transitaban por rutas urbanas representativas. Los resultados mostraron que los factores de emisión de NO_x y CO fueron significativamente mayores a los valores reportados en inventarios normativos, registrándose promedios de 3.41 ± 0.24 g/kg en Los Ángeles y 4.69 ± 0.32 g/kg en Las Vegas. Además, el estudio evidenció que la variabilidad de las emisiones depende de factores como la velocidad, las maniobras, el tipo de vehículo y las condiciones de operación. Los autores concluyeron que, incluso en ciudades con regulaciones ambientales estrictas, el tráfico vehicular continúa siendo una fuente dominante de contaminantes atmosféricos. Este hallazgo es relevante para el presente proyecto, ya que demuestra la necesidad de realizar mediciones directas en zonas urbanas con tráfico intenso, como los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Brimblecombe et al. (2023), en su estudio titulado “*Roadside NO₂/NO_x and primary NO₂ from individual vehicles*”, analizaron la proporción de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) emitido directamente por distintos tipos de vehículos en un cañón urbano de Hong Kong, donde el tráfico es continuo y las vías son estrechas, para ello instalaron monitores de NO y NO₂ a nivel de acera, lo que permitió registrar concentraciones en tiempo real y asociarlas con características como el tipo y la antigüedad del vehículo; se encontraron que la fracción de NO₂ dentro del total de NO_x varía de manera significativa, disminuyendo desde aproximadamente 0.20 en vehículos previos a 2015 hasta valores cercanos a 0.08 en modelos más recientes; además, evidenciaron que las concentraciones medidas a nivel de vía eran considerablemente menores que las registradas en estaciones elevadas, lo que confirma una fuerte variabilidad espacial en zonas urbanas densas, por lo que se concluye que los inventarios tradicionales pueden subestimar o sobreestimar la exposición real a NO₂ porque

no consideran factores como la mezcla vehicular y las condiciones reales de circulación. Por ello, recomiendan realizar mediciones directas en puntos de tráfico intenso, especialmente en espacios donde la población permanece expuesta, como los accesos a mercados de abasto.

Chu et al. (2022), en su estudio titulado *“Kerbside NO_x and CO concentrations and emission factors of vehicles on a busy road”*, evaluaron las concentraciones de NO_x y CO en Hennessy Road, una de las vías más congestionadas de Hong Kong. Para ello instalaron microsensores a nivel de acera, lo que les permitió registrar en tiempo real las variaciones de contaminantes y relacionarlas con el flujo vehicular minuto a minuto. El estudio empleó un método basado en la diferencia de CO₂ (ΔCO_2) para identificar los aportes de distintos tipos de vehículos. Los resultados mostraron que los vehículos pesados generaron los picos más altos de NO_x, mientras que los vehículos a gas licuado de petróleo registraron las mayores emisiones de CO. También se observó una distribución muy variable de los factores de emisión, lo que evidencia que los inventarios regulatorios no siempre representan adecuadamente las condiciones reales del tráfico urbano. Los autores concluyen que, en zonas con congestión constante, las concentraciones de contaminantes pueden cambiar de manera significativa en periodos cortos, lo que resalta la importancia de realizar mediciones localizadas en lugares de alta actividad comercial, como los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Sharmilaa y Ilango (2022), en su investigación *“Vehicular air pollution based on traffic density - A case study”*, desarrollaron un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño descriptivo, orientado a analizar la relación entre la densidad del tráfico vehicular y la contaminación atmosférica en tres zonas urbanas de Chennai, India. La metodología consistió en el conteo vehicular y la evaluación de contaminantes asociados al tránsito en puntos de alta circulación urbana, considerando la composición del parque automotor y la intensidad del flujo vehicular. Los resultados evidenciaron que las motocicletas constituyeron la categoría vehicular predominante en los tres puntos evaluados y que las emisiones asociadas al transporte representan un riesgo importante para la población expuesta. Los autores concluyeron que la contaminación atmosférica urbana se encuentra estrechamente relacionada con la densidad y composición del tráfico vehicular.

Gurecki et al. (2025), en su estudio *“Comparison of Road-Side Emissions Measurements from Heavy-Duty Diesel Vehicles to MOVES5”*, tuvieron como objetivo comparar las estimaciones del modelo MOVES5 con mediciones reales de emisiones

generadas por vehículos diésel pesados en condiciones reales de circulación. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño experimental de campo. La metodología consistió en campañas de monitoreo realizadas en Utah durante el invierno de 2020 y el verano de 2023, así como en California durante el año 2017, utilizando un sistema de teledetección denominado FEAT (Fuel Efficiency Automobile Test), el cual permitió medir emisiones vehiculares directamente a pie de vía en tiempo real. Los resultados evidenciaron que el desempeño del modelo MOVES5 varía según el tipo de contaminante y la antigüedad vehicular, observándose sesgos importantes en las fracciones NO/NO_x y NO_2/NO_x ; sin embargo, para el Monóxido de Carbono (CO) las estimaciones presentaron una mayor aproximación respecto a las mediciones reales. Los autores concluyeron que los inventarios y modelos de emisiones pueden no representar con precisión el comportamiento real de los contaminantes bajo condiciones reales de operación y flujo vehicular, especialmente en escenarios urbanos con congestión y variabilidad en la circulación. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación porque evidencia la importancia de realizar monitoreos directos de contaminantes atmosféricos en campo, permitiendo obtener resultados más representativos de la dinámica real del tránsito vehicular.

Yirdaw et al. (2025), en su estudio “ *Concentration of traffic air pollutants and influencing metrological factors in Hawassa City roadways, Ethiopia*”, tuvieron como objetivo evaluar las concentraciones de contaminantes atmosféricos asociados al tránsito vehicular y analizar la influencia de los factores meteorológicos en las vías urbanas de la ciudad de Hawassa, Etiopía, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño descriptivo correlacional, la metodología consistió en realizar monitoreos ambientales en tiempo real en múltiples puntos de evaluación y en diferentes horarios del día, considerando vías de alto y bajo flujo vehicular, asimismo, se registraron variables meteorológicas como temperatura, velocidad del viento y humedad relativa, con el propósito de analizar su influencia sobre la dispersión de contaminantes atmosféricos, los resultados evidenciaron que las vías con mayor intensidad vehicular presentaron concentraciones medias de NO_2 superiores a las registradas en zonas de menor tránsito, además de diferencias significativas entre los periodos de mañana y tarde, el estudio también identificó que factores del entorno vial, como la presencia de semáforos, tipo de vía y condiciones meteorológicas, influyen directamente en la acumulación y dispersión de contaminantes, se concluye que la contaminación atmosférica asociada al tránsito vehicular no depende únicamente del

volumen de vehículos, sino también de las características urbanas y meteorológicas presentes en cada zona evaluada. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación porque permite comprender que la dinámica de los contaminantes atmosféricos en entornos urbanos comerciales está condicionada tanto por el flujo vehicular como por factores ambientales locales.

Fisher et al. (2024), en su estudio *“Revised estimates of NO₂ reductions during the COVID-19 lockdowns using updated TROPOMI NO₂ retrievals and model simulations”*, tuvieron como objetivo analizar las reducciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) observadas durante los confinamientos por COVID-19 y evaluar la influencia del tráfico vehicular, la actividad económica y las condiciones meteorológicas sobre la variación de este contaminante atmosférico. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño analítico-comparativo. La metodología consistió en el uso de datos satelitales obtenidos mediante el sensor TROPOMI (Tropospheric Monitoring Instrument), complementados con simulaciones atmosféricas y modelos de recuperación satelital para comparar las concentraciones de NO₂ antes y durante los periodos de confinamiento en distintas ciudades y regiones urbanas. Los resultados evidenciaron reducciones significativas de NO₂ asociadas a la disminución drástica del volumen de tráfico vehicular y de las actividades económicas, además de demostrar que factores meteorológicos y metodológicos influyen en la magnitud de las concentraciones observadas. Los autores concluyeron que el NO₂ constituye un indicador altamente sensible a las emisiones generadas por el transporte urbano, ya que las reducciones del tránsito vehicular se reflejan rápidamente en disminuciones detectables de este contaminante en la atmósfera. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación porque respalda la relación existente entre dinámica vehicular y concentraciones de NO₂ en entornos urbanos con intensa circulación vehicular.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vivanco (2024), en su tesis titulada *“Impacto del flujo vehicular en la calidad del aire por NO₂ y SO₂ en las avenidas Morales Duárez y Universitaria, Cercado de Lima, 2023”*, evaluó la relación entre el tránsito vehicular y las concentraciones de NO₂ y SO₂ en dos avenidas de alta congestión del Cercado de Lima. El estudio utilizó un diseño cuantitativo y correlacional, con conteos vehiculares horarios y muestreo pasivo de contaminantes. Los resultados mostraron que la Avenida Universitaria registró el mayor flujo vehicular (2 388 veh/h) y la concentración más elevada de NO₂ (77.8 µg/m³), superando a Morales Duárez,

que presentó valores menores tanto en tránsito como en NO_2 . En ambos casos, las concentraciones de SO_2 fueron bajas. La autora concluyó que la congestión vehicular influye directamente en el incremento de NO_2 , lo que evidencia la necesidad de implementar medidas de gestión vial para reducir la exposición en zonas urbanas con tráfico intenso.

Chura y Céliz (2024), en su tesis titulada *“Evaluación de la concentración de CO y NO_2 debido al tránsito vehicular en la proximidad a centros educativos - Cercado de Tacna”*, tuvieron como objetivo analizar los niveles de Monóxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno generados por el tránsito vehicular en zonas escolares con alta circulación de vehículos. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel correlacional, con un diseño no experimental, la metodología consistió en realizar monitoreos ambientales de gases contaminantes y conteos vehiculares en horarios de ingreso y salida estudiantil, considerando puntos cercanos a instituciones educativas ubicadas en el Cercado de Tacna, para la recolección de datos se emplearon equipos de monitoreo ambiental y fichas de registro vehicular, permitiendo relacionar la intensidad del tránsito con las concentraciones de contaminantes atmosféricos, los resultados evidenciaron incrementos significativos de CO y NO_2 durante las horas de mayor congestión vehicular, especialmente en zonas con limitada ventilación urbana, se concluyó que el tránsito vehicular constituye un factor determinante en la degradación de la calidad del aire en áreas urbanas sensibles, recomendando medidas de reordenamiento vial y restricción de vehículos pesados para reducir la exposición de la población. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación debido a que demuestra la influencia directa del flujo vehicular sobre la concentración de contaminantes atmosféricos en espacios urbanos de permanencia poblacional, situación comparable a la observada en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Unzueta (2023), en su tesis titulada *“Niveles de CO y CO_2 generado por el tráfico vehicular de marzo - julio en la ciudad de Tingo María - Huánuco, 2023”*, tuvo como objetivo evaluar los niveles de Monóxido de Carbono y dióxido de carbono generados por el tráfico vehicular en la ciudad de Tingo María, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño descriptivo–correlacional, la metodología consistió en el monitoreo ambiental realizado en doce puntos urbanos durante turnos diurnos y nocturnos, utilizando equipos de medición de gases y considerando variables meteorológicas como temperatura y humedad relativa, además de aplicar encuestas a la población para evaluar la percepción

sobre la calidad del aire, los resultados mostraron que la concentración promedio de CO alcanzó 13 912 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, mientras que el CO₂ se mantuvo dentro de los límites establecidos por la normativa vigente. Asimismo, el análisis estadístico evidenció que los niveles de CO se encuentran influenciados principalmente por el flujo vehicular, mientras que el comportamiento del CO₂ presentó mayor relación con factores meteorológicos y la población calificó la calidad del aire como regular y atribuyó su deterioro principalmente al incremento del tráfico vehicular, destacando la necesidad de fortalecer las revisiones técnicas de los vehículos. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación porque confirma la influencia directa del tránsito vehicular sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos en ciudades intermedias del Perú.

Celis (2024), en su tesis *“Determinación de los niveles de concentración de gases, generados en las zonas de mayor congestionamiento vehicular, Huánuco - 2019”*, tuvo como objetivo determinar la relación entre los niveles de concentración de gases de combustión y las zonas de mayor congestionamiento vehicular en la ciudad de Huánuco durante el año 2019. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño no experimental y nivel descriptivo–correlacional, enmarcándose en la línea de investigación de contaminación ambiental. La metodología consistió en realizar monitoreos en puntos de alta demanda vial ubicados en los cruces de los jirones Damaso Beraún con Huallayco y Dos de Mayo con Libertad, considerados zonas críticas de congestionamiento vehicular. La muestra estuvo conformada por las unidades vehiculares identificadas en dichos puntos de monitoreo, empleándose fichas técnicas y un plan de seguimiento para la recolección de datos relacionados con el flujo vehicular y las concentraciones de gases contaminantes. Los resultados evidenciaron una relación altamente significativa entre la concentración de gases de combustión y el congestionamiento vehicular, obteniéndose un coeficiente rho de Spearman de 0,643, lo que confirma que el incremento del tránsito vehicular se asocia directamente con mayores niveles de contaminación atmosférica en zonas urbanas. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación porque demuestra estadísticamente la influencia del flujo vehicular sobre la calidad del aire en ciudades intermedias del Perú.

Apaza (2023), en su tesis *“Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. panamericana sur 2, Ica, 2022”*, evaluó la

influencia del tránsito vehicular sobre la calidad del aire, se adoptó un enfoque aplicado, con nivel descriptivo y un diseño observacional de tipo prospectivo y longitudinal. Las mediciones se efectuaron en dos puntos de monitoreo durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2022, utilizando un tren de muestreo manual, los resultados estadísticos, obtenidos mediante la prueba t de Student con un nivel de significancia de 0,05, evidenciaron diferencias significativas en las concentraciones de los contaminantes evaluados, aceptándose la hipótesis alterna, asimismo, se identificó que durante las horas pico y en los tramos con mayor densidad vehicular se registraron incrementos en los niveles de CO₂, NO₂, CO y H₂S, lo que confirma que el tránsito vehicular constituye un factor relevante en la dinámica de la contaminación atmosférica, no obstante, los valores obtenidos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Aire. Este antecedente resulta pertinente para la presente investigación, ya que evidencia la relación entre el tráfico vehicular y las concentraciones de gases contaminantes, empleando metodologías de monitoreo comparables a las aplicadas en el contexto urbano de Ayacucho.

Morales (2024), en su investigación *“Tráfico vehicular y concentraciones de CO, NO₂ y SO₂ en vías designadas para ciclovía, Tarapoto”*, desarrolló una investigación orientada a determinar la relación entre el tráfico vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono, dióxido de azufre y Dióxido de Nitrógeno en vías urbanas destinadas a ciclovía, se adoptó un enfoque aplicado, con nivel correlacional y diseño no experimental, la muestra estuvo conformada por volúmenes de aire captados mediante un tren de muestreo manual en tres puntos ubicados en el jirón Jorge Chávez, considerando los tiempos de monitoreo establecidos para cada contaminante, los resultados evidenciaron que el mayor flujo vehicular se registró durante la hora punta en el punto CA-02, correspondiente a la intersección de los jirones Jorge Chávez y Cusco, con 703 vehículos por hora, asimismo, la mayor concentración registrada correspondió al CO, alcanzando 1 250 µg/m³ en un periodo de integración de ocho horas; no obstante, las concentraciones de CO, NO₂ y SO₂ se mantuvieron por debajo de los límites establecidos por la normativa ambiental vigente. Finalmente, el análisis concluyó que existe relación entre el tráfico vehicular y las concentraciones de los contaminantes evaluados, aunque la calidad del aire se clasificó como buena según el Índice Nacional de Calidad del Aire.

Ortiz (2025), en su tesis titulada “*Congestión vehicular del transporte urbano y su influencia en la contaminación atmosférica en el Distrito de Huacho - 2021*”, cuyo objetivo principal fue identificar la influencia de la congestión vehicular sobre la contaminación del aire generada por el transporte urbano. El estudio se realizó bajo un enfoque descriptivo–correlacional, analizando el sistema de transporte urbano y su relación con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental para aire. Los resultados evidenciaron que en diversas arterias de la ciudad de Huacho las concentraciones de contaminantes atmosféricos superan los estándares ambientales, especialmente en zonas con alta presencia de vehículos antiguos y unidades que utilizan combustibles diésel, los cuales presentan mayores factores de emisión. Asimismo, se identificó un limitado nivel de intervención por parte de las autoridades competentes para mitigar los impactos del parque automotor sobre la calidad del aire. El estudio concluye que la congestión vehicular constituye un factor determinante en la contaminación atmosférica urbana y resalta la necesidad de implementar medidas de gestión del tránsito, control de emisiones y generación de información técnica que permita enfrentar el incremento del parque automotor en el distrito de Huacho.

2.1.3. Antecedentes locales

Ferrua (2023), en su tesis titulada “*Influencia del tráfico vehicular en la contaminación del aire en el distrito de San Juan Bautista, región Ayacucho - 2023*”, tuvo como objetivo analizar el impacto del tránsito vehicular sobre las concentraciones de Monóxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno en zonas comerciales y vías de acceso del distrito de San Juan Bautista, la investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño no experimental, la metodología consistió en realizar conteos vehiculares y muestreos directos de contaminantes atmosféricos mediante equipos portátiles de monitoreo ambiental, comparando posteriormente los resultados obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, los monitoreos se efectuaron en zonas de alta circulación vehicular, considerando horarios de mayor congestión y presencia de transporte público y carga ligera. Los resultados evidenciaron incrementos significativos de CO y NO₂ durante las horas punta, especialmente en sectores con mayor intensidad vehicular. Aunque las concentraciones registradas no superaron los límites establecidos por la normativa ambiental vigente, se identificó una tendencia ascendente asociada al incremento del parque automotor, se concluyó que el tráfico vehicular constituye una fuente importante de contaminación atmosférica en el distrito de San Juan Bautista, recomendando implementar sistemas de

monitoreo permanente y medidas de gestión vial orientadas a reducir la exposición de la población a contaminantes atmosféricos. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación debido a que aborda una problemática similar en un contexto urbano perteneciente a la región Ayacucho.

Alarcón (2023), en su tesis “*Congestión vehicular y contaminación del aire en el Centro Histórico de Ayacucho*”, tuvo como objetivo evaluar la influencia de la congestión vehicular sobre la calidad del aire en la zona céntrica de la ciudad de Ayacucho, caracterizada por vías estrechas y elevada densidad vehicular, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y diseño no experimental, la metodología consistió en modelar el flujo vehicular mediante el software PTV Vissim, utilizando datos reales de tránsito, velocidad promedio y tipo de unidad vehicular para estimar emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, asimismo, se analizaron escenarios de circulación en horas punta y condiciones de congestión en las principales vías del Centro Histórico, los resultados evidenciaron concentraciones elevadas de contaminantes atmosféricos durante los periodos de mayor tráfico, registrándose niveles estimados de NO_x superiores a $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y concentraciones de CO_2 cercanas a 1 000 ppm, lo que refleja la influencia directa de la congestión vehicular y de la limitada ventilación urbana en el centro de la ciudad, se concluyó que la dinámica vehicular constituye un factor determinante en el deterioro de la calidad del aire en el Centro Histórico de Ayacucho, recomendando implementar estrategias de ordenamiento vial, optimización de rutas y tecnologías de monitoreo en tiempo real para reducir la exposición de la población a contaminantes atmosféricos. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación debido a que aborda una problemática similar en un contexto urbano de la ciudad de Ayacucho, donde la congestión vehicular y las condiciones de circulación influyen directamente sobre la calidad del aire.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Tráfico vehicular

El tráfico vehicular se entiende como la circulación de diferentes tipos de vehículos motorizados dentro de un espacio urbano a lo largo de un periodo determinado, por lo que su comportamiento puede evaluarse mediante la intensidad vehicular, el tipo de unidades que transitan y los horarios de circulación, dimensiones que permiten describir la dinámica del tránsito y estimar su posible influencia sobre la calidad del aire, considerando que diversos estudios ambientales han evidenciado que en zonas con alta densidad vehicular las

emisiones de gases contaminantes tienden a incrementarse de manera significativa, situación que guarda relación directa tanto con la composición del parque automotor como con los momentos de mayor congestión en la vía pública (Apaza, 2023).

2.2.2. Teorías principales

a. Teoría del flujo vehicular

La teoría del flujo vehicular explica el comportamiento del tránsito a partir de variables fundamentales como volumen, velocidad y densidad vehicular, permitiendo comprender cómo interactúan los vehículos dentro de una vía y cómo estas interacciones influyen en la congestión y en la generación de emisiones contaminantes. Según May (1990), el flujo vehicular se define como el número de vehículos que circulan por un punto específico durante un determinado intervalo de tiempo, constituyendo uno de los principales indicadores para evaluar el funcionamiento del sistema vial. Esta teoría sostiene que, a medida que aumenta la densidad vehicular, la velocidad disminuye y se incrementan las detenciones, aceleraciones y tiempos de ralenti, condiciones que favorecen el incremento de emisiones atmosféricas provenientes de la combustión vehicular.

b. Teoría de la congestión vehicular

La teoría de la congestión vehicular plantea que el incremento excesivo del número de vehículos respecto a la capacidad de la infraestructura vial genera reducción de velocidad, interrupciones del flujo y aumento del tiempo de permanencia de los vehículos en circulación. De acuerdo con Downs (2004), la congestión urbana es consecuencia de un desequilibrio entre la demanda de movilidad y la capacidad operativa de las vías urbanas, situación frecuente en ciudades de crecimiento acelerado y limitada planificación territorial.

c. Teoría de las emisiones vehiculares

La teoría de las emisiones vehiculares establece que los contaminantes atmosféricos generados por el transporte dependen de factores como el tipo de combustible, tecnología del motor, antigüedad vehicular, velocidad de circulación y condiciones operativas del tránsito. Según Faiz et al. (1996), las emisiones vehiculares aumentan significativamente en escenarios de congestión debido a los constantes ciclos de aceleración y desaceleración que experimentan los motores.

Asimismo, esta teoría sostiene que los vehículos a gasolina presentan mayores emisiones de Monóxido de Carbono (CO), mientras que los vehículos diésel generan

cantidades más elevadas de óxidos de nitrógeno (NO_x), especialmente bajo condiciones de carga y circulación urbana intensa. Esta base teórica permite interpretar los resultados obtenidos en la investigación, donde las concentraciones de CO se relacionan principalmente con vehículos ligeros y las concentraciones de NO_2 con unidades de transporte público y carga.

d. Teoría de la movilidad urbana sostenible

La teoría de la movilidad urbana sostenible propone que el desarrollo urbano debe garantizar sistemas de transporte eficientes, seguros y ambientalmente sostenibles, promoviendo la reducción de emisiones contaminantes y mejorando la calidad de vida de la población. Según Banister (2008), la movilidad sostenible busca disminuir los impactos ambientales generados por el transporte motorizado mediante estrategias de ordenamiento vial, transporte público eficiente y reducción de la dependencia vehicular.

2.2.3. Factor pico horario (FPH)

De acuerdo con Navarro (2017), los mayores niveles de demanda vehicular se presentan durante las denominadas horas punta, razón por la cual se emplea el factor pico horario o Peak Hour Factor (PHF), coeficiente que permite evaluar la variabilidad del flujo de tránsito dentro de la hora de mayor congestión; en ese marco, el PHF se define como la relación entre el volumen total de vehículos registrados durante una hora y la máxima intensidad de tránsito observada en el subintervalo más crítico de ese mismo periodo, lo que facilita identificar el grado de concentración vehicular y estimar con mayor precisión las condiciones reales de operación de la vía.

2.2.4. Congestión vehicular

La congestión vehicular se produce cuando el aumento de vehículos en circulación supera la capacidad de la infraestructura vial, lo que genera retrasos en los tiempos de desplazamiento y una reducción significativa de la eficiencia del flujo de tránsito, debido a que cada unidad adicional provoca una menor velocidad promedio y mayores tiempos de viaje para todos los usuarios, configurando una situación en la que el sistema vial no puede absorber la demanda de tráfico de forma fluida; estudios recientes plantean que esta condición se manifiesta principalmente como un incremento de los tiempos de viaje más allá de los niveles habituales, provocando demoras, ineficiencias y mayores emisiones

contaminantes, efectos que se agravan conforme crece la densidad vehicular en horas punta y en espacios urbanos con alta presión de tránsito (Subair, Ibitoye & Kuranga, 2024).

2.2.5. Vehículo

El vehículo constituye el nexo fundamental entre el conductor y la infraestructura vial, de manera que su análisis no solo debe considerar aspectos operativos, sino también sus características físicas y dinámicas de circulación, pues estas influyen directamente en la forma en que interactúa con la red vial, la eficiencia del flujo y las emisiones generadas; en la actualidad, los vehículos se diseñan y fabrican con fines y tecnologías diversas, lo que da lugar a diferencias significativas en términos de dimensiones, masa, tipo de motor y sistema de propulsión, elementos que condicionan tanto su comportamiento cinemático como su participación en los procesos de congestión urbana y contaminación atmosférica (Pandian et al., 2009).

2.2.5.1. Exceso de vehículos

La creciente presencia de unidades de transporte, tanto de uso público como privado, ha generado dificultades notables en la fluidez del tránsito urbano debido a que el crecimiento acelerado del parque automotor supera la capacidad de la infraestructura vial disponible, provocando mayores tiempos de desplazamiento, congestión y emisiones acumuladas, situación que se observa tanto a nivel local como en diferentes ciudades alrededor del mundo; estudios recientes han señalado que estas condiciones son consecuencia de la expansión constante de la cantidad de vehículos en circulación y la insuficiente planificación de la movilidad urbana, lo cual se traduce en demoras, mayor consumo de combustible y aumento de la contaminación atmosférica en las principales vías urbanas (Valeriano et al., 2025).

2.2.5.2. Volumen vehicular

El volumen vehicular hace referencia a la intensidad del flujo de tránsito, es decir, a la cantidad de vehículos que atraviesan un punto o tramo específico de la vía durante un intervalo de tiempo determinado, definición que coincide con lo propuesto por Navarro (2017); por lo tanto, este indicador permite cuantificar de manera objetiva el comportamiento del tráfico en una red vial.

Este parámetro se expresa mediante la relación:

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

donde:

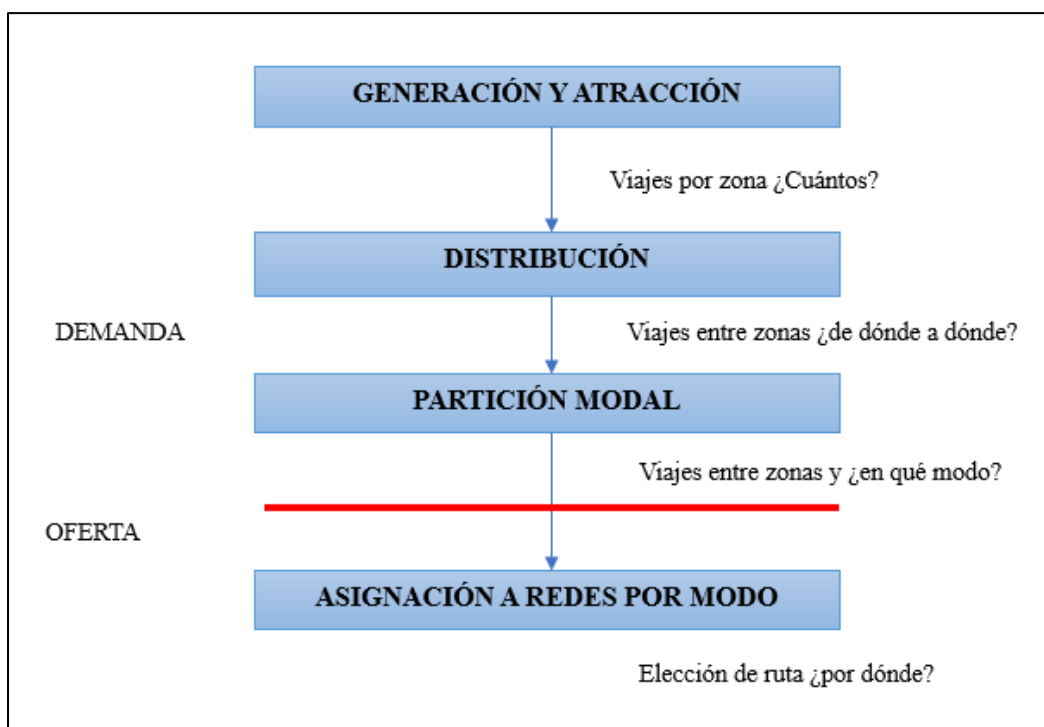
- Q representa el volumen vehicular,
- N corresponde al número de vehículos registrados, y
- T indica el periodo de tiempo en el cual se efectúa el conteo.

2.2.5.3. Modelo clásico de transporte

El enfoque de los modelos clásicos de transporte parte de la premisa de que los individuos realizan una serie de decisiones sucesivas e interrelacionadas para planificar y efectuar sus desplazamientos, comenzando por decidir si realizarán o no un viaje, seguido por la elección del destino y finalmente la selección del modo de transporte más adecuado, lo cual permite explicar cómo se estructura la demanda de viajes en entornos urbanos y cómo deben articularse las respuestas de planificación y gestión del sistema de transporte (Instituto de movilidad, 2025).

Figura 1.

Modelo clásico de transporte



2.2.6. Concentración de CO y NO₂

El aire se compone de una mezcla de gases entre los cuales predominan el nitrógeno, el oxígeno, el argón y el dióxido de carbono, además de contener vapor de agua y cantidades menores de otros gases como el ozono y gases nobles; esta composición es esencial para sostener procesos biológicos y físicos en la atmósfera, sin embargo, cuando se incorporan sustancias en concentraciones superiores a los niveles naturales o seguros, se origina lo que se conoce como contaminación del aire, la cual puede tener impactos negativos en la salud humana y los ecosistemas (Organización Mundial de la Salud, 2024).

En este sentido, un contaminante atmosférico se define como todo elemento, compuesto o mezcla de sustancias que, al encontrarse en el aire por encima de ciertos umbrales, representa un riesgo para la salud de la población o el ambiente, y aunque estos contaminantes pueden tener fuentes naturales, una parte considerable proviene de actividades antropogénicas, destacándose entre ellas el tráfico vehicular, cuyas emisiones de gases como Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) contribuyen de forma significativa al deterioro de la calidad del aire, especialmente en zonas urbanas con alta densidad de tránsito (United States Environmental Protection Agency, 2025).

2.2.7. Monóxido de Carbono

El Monóxido de Carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y altamente tóxico, por lo que su presencia en el aire puede pasar desapercibida para los sentidos humanos, aunque su inhalación en concentraciones elevadas puede resultar perjudicial e incluso letal; este compuesto se genera principalmente por la combustión incompleta de combustibles derivados de hidrocarburos, como gasolina, gas, queroseno, carbón o madera, y una fuente humana de emisión especialmente significativa es el transporte por carretera a través de los gases de escape de los vehículos, especialmente durante el arranque del motor o cuando la mezcla aire-combustible no está bien afinada, lo que favorece la formación de CO en lugar de CO₂ (Agency for toxic substances and disease registry, 2025).

2.2.8. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es un contaminante atmosférico del grupo de los óxidos de nitrógeno (NO_x), cuya principal fuente en áreas urbanas es el transporte rodado, ya que la combustión de combustibles fósiles en vehículos con motor de gasolina y, especialmente, diésel libera estas especies reactivas durante el proceso de oxidación del nitrógeno presente

en el aire; además, los motores diésel tienden a producir mayores proporciones de NO₂ respecto a otros tipos de vehículos, situación que convierte a la composición del parque automotor en un factor clave para evaluar su impacto ambiental y sanitario (Mucha & Mainka, 2026).

Los óxidos de nitrógeno, incluido el NO₂, producen efectos adversos sobre la salud humana y los ecosistemas, dado que su inhalación puede causar irritación de las vías respiratorias, disminuir la función pulmonar y aumentar la susceptibilidad a infecciones respiratorias, así como contribuir a la formación de ozono troposférico y particulado secundario, que agravan la calidad del aire en entornos urbanos; además, el NO₂ puede reaccionar con la humedad del aire para producir ácido nítrico, compuesto que favorece procesos de corrosión en estructuras metálicas y afecta negativamente a la vegetación (Madrid salud, 2020).

2.2.9. Cumplimiento normativo

El marco normativo que regula los estándares de calidad del aire en el Perú incluye diversos Decretos Supremos y normas técnicas ambientales, entre los cuales destaca el Decreto Supremo N° 003-2017-PCM, que establece los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del aire para varios contaminantes, entre ellos el Monóxido de Carbono (CO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Este reglamento busca proteger la salud de las personas determinando valores umbral que no deben superarse, y orienta la implementación de sistemas de monitoreo y control ambiental en el país (Ministerio de Ambiente, 2017).

Figura 2*Estándares de calidad de aire*

Parámetro	Periodo	Valor (µg/m³)	Criterio de evaluación	Método de análisis
Benceno (C₆H₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de azufre (SO₂)	24 horas	250	No exceder más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	1 hora	200	No exceder más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	Quimioluminiscencia
Material particulado menor a 2,5 µm (PM_{2.5})	24 horas	50	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	Gravimetría
Material particulado menor a 10 µm (PM₁₀)	24 horas	100	No exceder más de 7 veces al año	Separación inercial / filtración (gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	Gravimetría
Mercurio gaseoso total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	No exceder más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	Infrarrojo no dispersivo
Ozono (O₃)	8 horas	100	Máxima media diaria no exceder más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta
Plomo (Pb) en PM₁₀	Mensual	1,5	No exceder más de 4 veces al año	Método para PM ₁₀ (espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	Espectrofotometría de absorción atómica
Sulfuro de hidrógeno (H₂S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta

Nota: NE = No exceder. Los métodos indicados corresponden a métodos automáticos o equivalentes aprobados para el monitoreo de la calidad del aire. Adaptado del Ministerio del Ambiente (2017), Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

2.3. Marco legal

La presente investigación se sustenta en el marco normativo vigente del Estado peruano en materia de protección ambiental, calidad del aire, gestión del transporte y salud pública, el cual establece principios, obligaciones y lineamientos técnicos orientados a prevenir y controlar la contaminación atmosférica generada por fuentes móviles en zonas urbanas.

- **Constitución Política del Perú** reconoce el derecho fundamental de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, estableciendo además la obligación del Estado de promover el uso sostenible de los recursos naturales y de garantizar la protección del ambiente (Congreso de la República, 1993, art. 2, inc. 22). Este principio constitucional constituye la base jurídica que respalda la realización de estudios orientados a evaluar la calidad del aire y sus efectos sobre la salud de la población.
- **Ley N° 28611 – Ley General del Ambiente** establece los principios y normas básicas para la gestión ambiental en el país, señalando que la prevención y el control de la contaminación ambiental son responsabilidades compartidas entre el Estado, el sector privado y la ciudadanía. Dicha norma dispone que las autoridades competentes deben adoptar medidas para prevenir, vigilar y reducir los impactos negativos de las actividades humanas sobre el ambiente, incluyendo las emisiones provenientes del transporte urbano (Congreso de la República, 2005).
- **Decreto Supremo N.° 003-2017-MINAM**, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, establece los valores máximos permisibles para contaminantes atmosféricos como el Monóxido de Carbono (CO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂), con el objetivo de proteger la salud de la población y el ambiente. Estos estándares constituyen el principal referente normativo para la evaluación y comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Decreto Supremo N.° 010-2019-MINAM** aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, el cual define los procedimientos técnicos, condiciones de muestreo, duración de las mediciones, control de calidad y criterios de validación para la medición de contaminantes atmosféricos, incluyendo el CO y el NO₂. La aplicación de este protocolo garantiza la confiabilidad y comparabilidad de los datos obtenidos,

permitiendo que los resultados sean utilizados como soporte técnico para la toma de decisiones ambientales (Ministerio del Ambiente, 2019).

- **Ley N° 27181 – Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre** regula la organización, supervisión y control del transporte y tránsito terrestre a nivel nacional, estableciendo que las autoridades deben adoptar medidas para reducir los impactos negativos del tránsito vehicular sobre el ambiente y la salud de la población. Esta norma respalda la evaluación del flujo vehicular como una variable relevante en estudios de contaminación atmosférica urbana (Congreso de la República, 2020).

Finalmente, la investigación se enmarca en la Política Nacional del Ambiente al 2030, aprobada mediante Decreto Supremo N.º 023-2021-MINAM, la cual promueve la gestión integral de la calidad ambiental y el control de la contaminación del aire, priorizando la generación de información técnica y científica que permita mejorar la planificación urbana y reducir los riesgos ambientales en zonas de alta concentración poblacional (Ministerio del Ambiente, 2021).

En conjunto, este marco legal respalda la pertinencia y validez de la presente investigación, al alinearla con los principios constitucionales, las normas ambientales vigentes y las políticas públicas orientadas a la protección de la salud y del ambiente frente a los impactos del tráfico vehicular en contextos urbanos.

2.4. Definición de términos

- **Congestión vehicular:** “Se entiende como la condición en la que la demanda de tránsito excede la capacidad de la vía, generando disminución de la velocidad, incremento del tiempo de viaje y formación de colas vehiculares” (Bull, 2003).
- **Volumen vehicular:** “Es la cantidad de vehículos que atraviesan un punto o tramo específico de una vía durante un intervalo de tiempo determinado, constituyendo un indicador fundamental de la intensidad del tránsito” (Gupta, 2022).
- **Factor Pico Horario (FPH / PHF):** “Coeficiente que expresa la relación entre el volumen total registrado durante la hora de máxima demanda y la intensidad máxima observada en un subperiodo de dicha hora, permitiendo evaluar la concentración del flujo vehicular” (Alvarez, 2022).
- **Vehículos ligeros:** Son aquellos vehículos automotores de menor tamaño y peso, destinados principalmente al transporte de personas, incluyendo unidades de dos a

cuatro ruedas con capacidad limitada de pasajeros (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Contaminación del aire:** Se define como la presencia de sustancias químicas, físicas o biológicas en la atmósfera en concentraciones que representan un riesgo para la salud de los seres vivos y el equilibrio del medio ambiente (Cartagena, 2008).
- **Aire:** El aire es una mezcla de gases que conforman la atmósfera terrestre, compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, además de pequeñas proporciones de argón, dióxido de carbono, vapor de agua y otros gases traza, cuya presencia resulta indispensable para el desarrollo y mantenimiento de la vida (Cartagena, 2008).
- **Vehículo:** Un vehículo es un medio de transporte diseñado para desplazarse sobre una vía, el cual actúa como elemento de interacción entre el conductor y la infraestructura vial, presentando características específicas de tamaño, peso y función según su propósito de uso (Teodorović & Janić, 2022).
- **Contaminante:** Un contaminante es cualquier sustancia física, química o biológica que, al incorporarse al aire en determinadas concentraciones, representa un riesgo para la salud de los seres vivos y contribuye al deterioro de la calidad ambiental (Ministerio del Ambiente, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se basó en la medición objetiva de variables numéricas, como el flujo vehicular y las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), así como en el análisis estadístico de la relación entre dichas variables (Hernández et al., 2013).

En cuanto al tipo de investigación, el estudio es de carácter aplicado, ya que genera información técnica orientada a la comprensión de un problema ambiental concreto y a la formulación de propuestas para la gestión de la calidad del aire y la movilidad urbana en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Respecto al nivel de investigación, el estudio se enmarca en los niveles descriptivo y correlacional. El nivel descriptivo permitió caracterizar el comportamiento del flujo vehicular y los valores de concentración de CO y NO₂ en los puntos de monitoreo, mientras que el nivel correlacional posibilitó analizar la existencia y el grado de asociación estadística entre el flujo vehicular y las concentraciones de contaminantes, sin establecer relaciones causales (Hernández et al., 2013).

Finalmente, el diseño de investigación fue no experimental y transversal, dado que las variables fueron observadas tal como se presentan en su contexto natural, sin manipulación deliberada, y los datos fueron recolectados en un periodo determinado, permitiendo analizar la relación entre tráfico vehicular y calidad del aire en un momento específico del tiempo (Hernández et al., 2013).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de noviembre de 2025 y febrero de 2026. La etapa de recolección de datos en campo se ejecutó durante los días 15, 16 y 17 de diciembre de 2025, periodo caracterizado por un incremento de la actividad comercial y del flujo vehicular debido a la proximidad de las festividades navideñas y al aumento de la afluencia de compradores en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho. Durante las jornadas de monitoreo se realizaron mediciones independientes para cada contaminante atmosférico evaluado, considerando un doble muestreo por punto de monitoreo con la

finalidad de garantizar la confiabilidad y consistencia de los datos obtenidos. Posteriormente, el procesamiento de información, análisis estadístico e interpretación de resultados se llevaron a cabo entre enero y febrero de 2026.

3.2.2. Ámbito espacial

El estudio se desarrollará en el distrito de Ayacucho, específicamente en las zonas con mayor flujo vehicular de los mercados: Mercado Central Andrés F. Vivanco, Mercado Nery García Zárate y Mercado Magdalena, debido a que concentran los mayores niveles de tránsito vehicular asociados a las actividades comerciales. En cada mercado se seleccionará un único punto de monitoreo, correspondiente al acceso con mayor flujo vehicular, identificado mediante observación previa. Estos puntos representan las zonas de mayor exposición ciudadana y permiten obtener mediciones representativas de CO y NO₂.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por todos los mercados de abasto del distrito de Ayacucho, los cuales constituyen espacios urbanos donde convergen actividades comerciales y una elevada circulación vehicular, factores que influyen en la calidad del aire. Estos mercados representan las unidades de estudio sobre las que se busca analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂).

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por tres mercados de abasto del distrito de Ayacucho: mercado Magdalena, mercado Nery García Zárate y mercado Central Andrés F. Vivanco, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional por presentar los mayores niveles de actividad comercial y flujo vehicular.

En cada mercado se estableció un punto de monitoreo en el acceso principal, evaluándose dos franjas horarias (día: 07:00 - 15:00 h y tarde: 16:00 - 00:00 h). En dichos puntos se realizaron mediciones de las concentraciones ambientales de CO y NO₂ y conteos simultáneos del flujo vehicular, constituyendo estas observaciones la base para el análisis estadístico de la investigación.

Figura 3.

Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Magdalena)

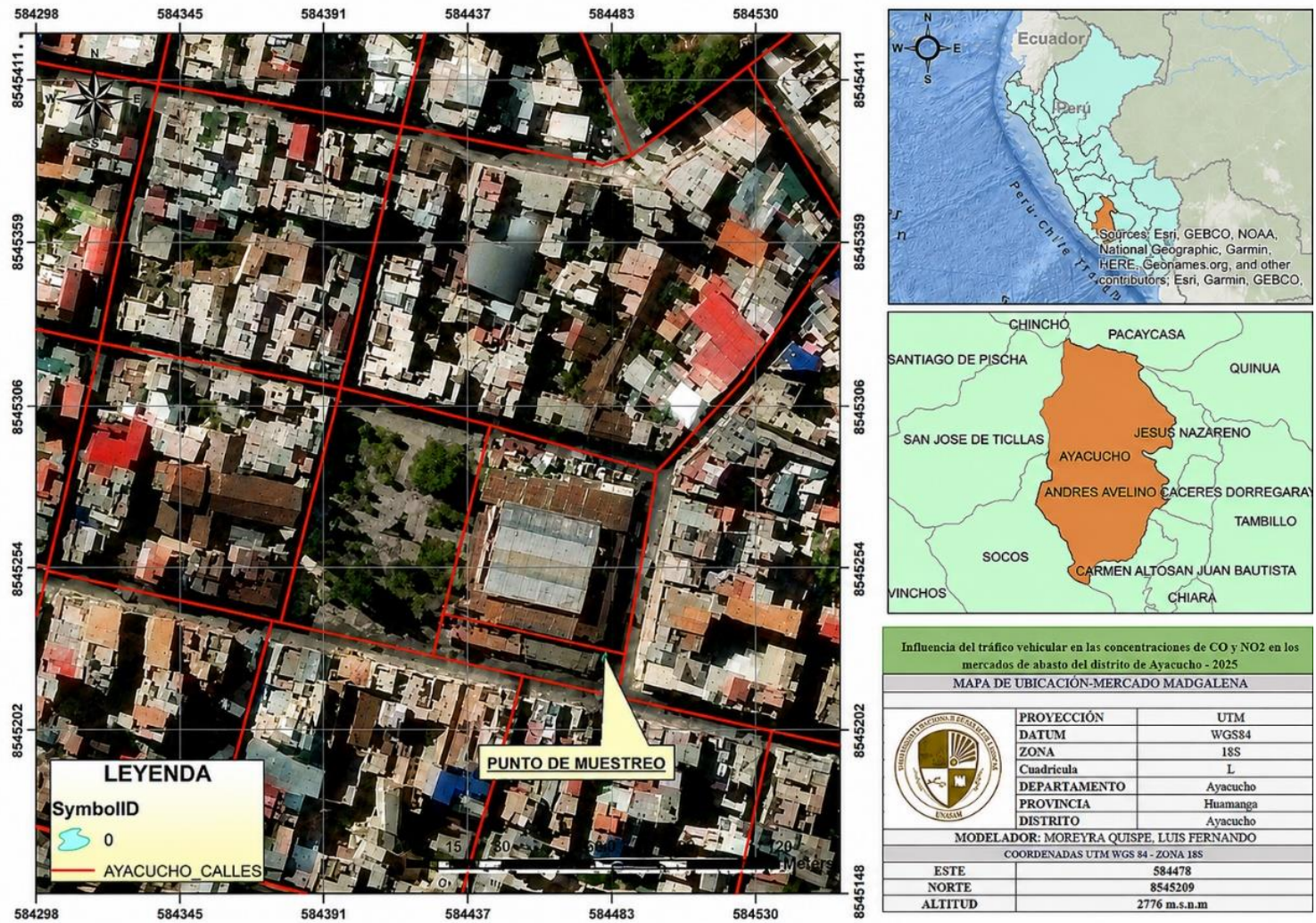


Figura 4.

Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Nery García Zarate)

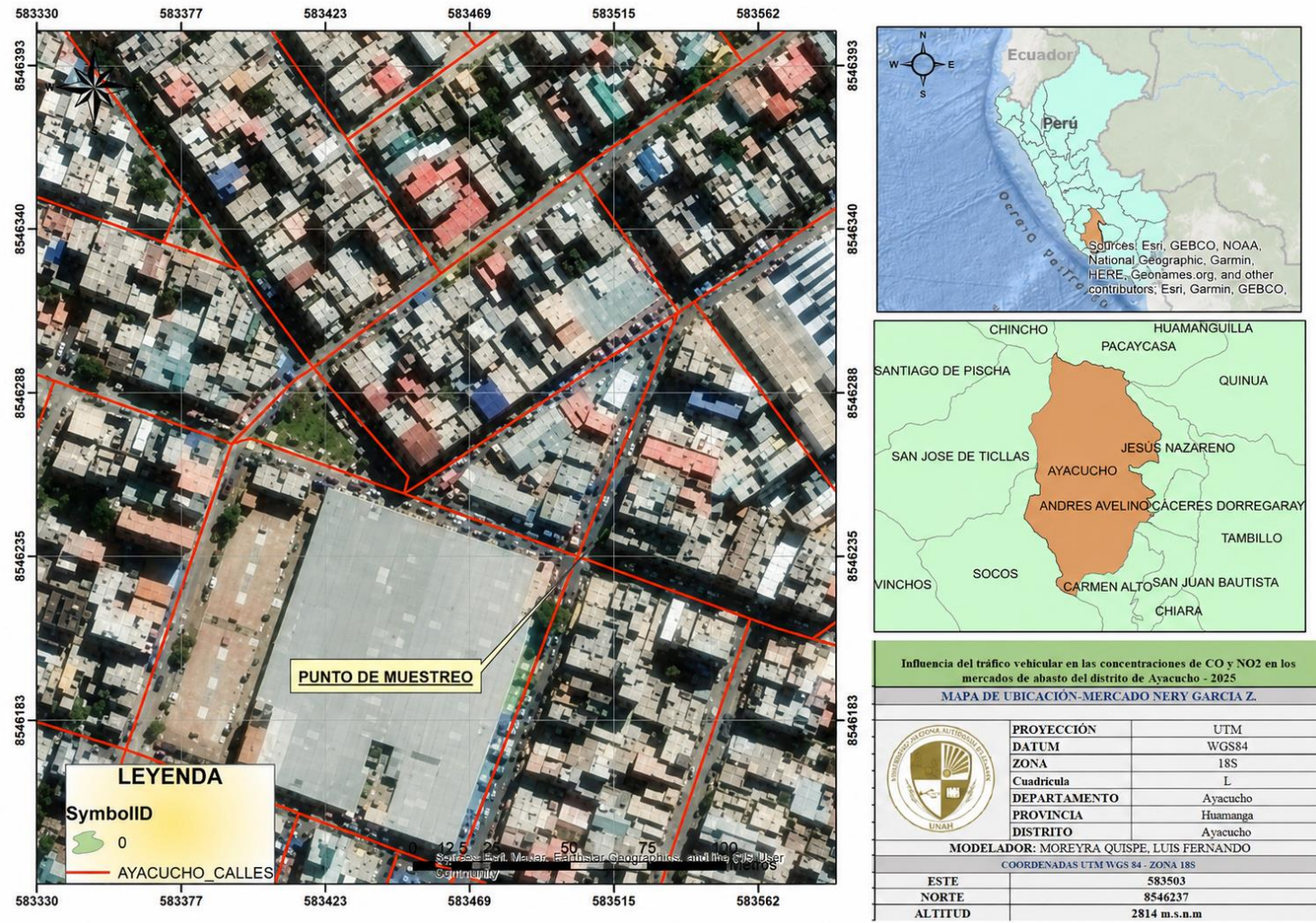
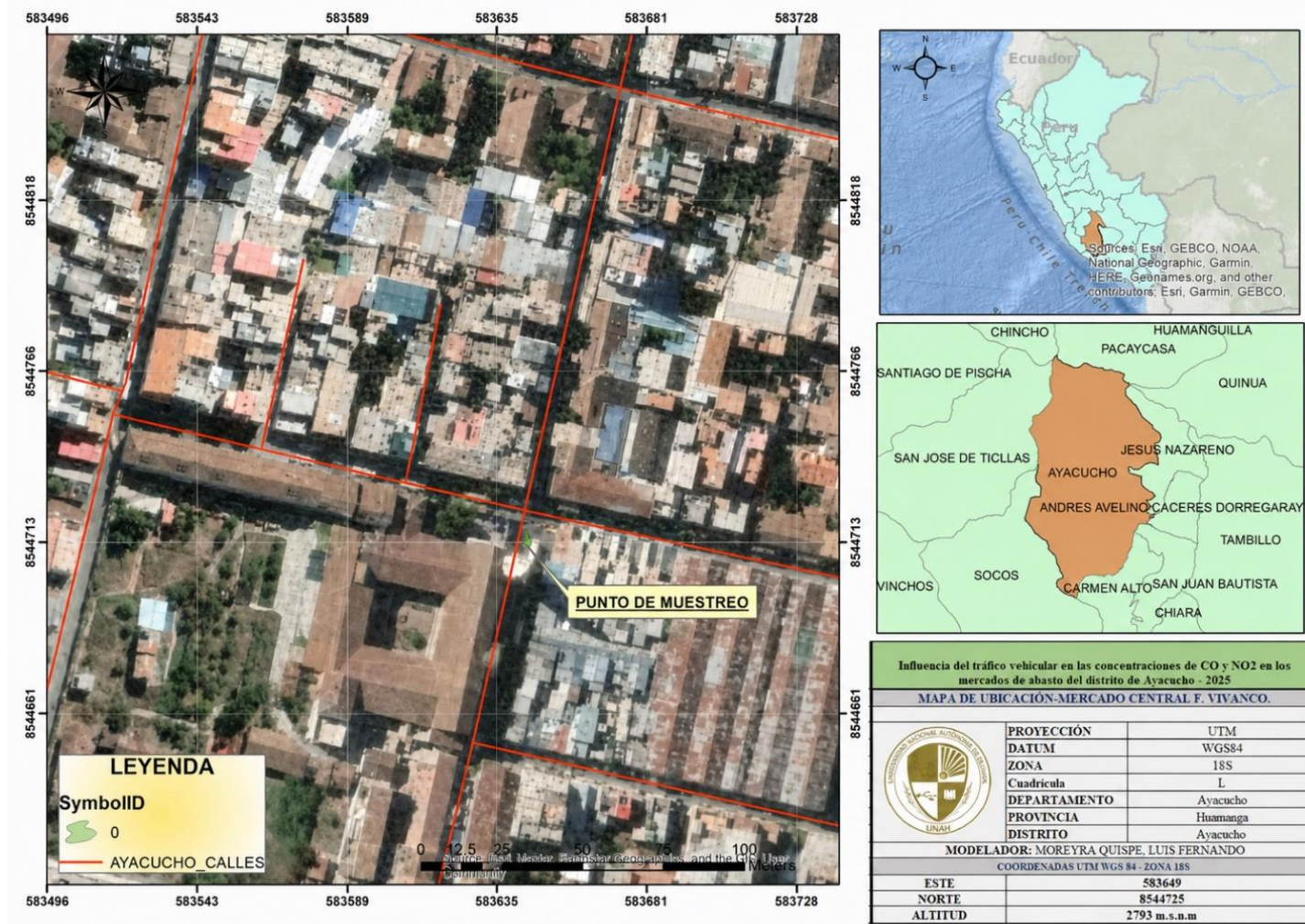


Figura 5.

Ubicación de puntos de muestreo (Mercado Andrés F.Vivanco)



3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire del Ministerio del Ambiente (2019), aplicando técnicas propias de investigaciones cuantitativas de nivel descriptivo correlacional, lo cual permitió obtener información objetiva, sistemática y verificable sobre el tráfico vehicular y las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

- **Muestreo directo de contaminantes atmosféricos:**

El muestreo de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) se realizó mediante un tren de muestreo manual, conformado por una bomba de succión, rotámetro y tubos absorbentes específicos para cada gas, los cuales contaron con calibración vigente previa y posterior al monitoreo, garantizando la trazabilidad y confiabilidad de los datos obtenidos.

La calibración del caudal se efectuó conforme a los procedimientos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Aire, asegurando que los volúmenes de aire muestreados cumplieran con los requisitos técnicos exigidos. Asimismo, el análisis de las muestras fue realizado por un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), lo que valida oficialmente los resultados obtenidos (Ministerio del Ambiente, 2019).

- **Observación estructurada del flujo vehicular**

Se aplicó la técnica de observación directa para el conteo del tráfico vehicular en los accesos a los mercados, registrando el tipo de vehículo, la cantidad de unidades y el horario de circulación en intervalos de 15 minutos durante cada jornada de monitoreo.

Tabla 2.

Diseño experimental para el muestreo de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho

Código de muestra	Mercado	Día	Horario de muestreo	Contaminante	Tiempo de muestreo	Equipo utilizado	Variables complementarias
AIR-01	Magdalena	Lunes	07:00 – 15:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-01	Magdalena	Lunes	07:00 – 08:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-02	Nery García Zarate	Lunes	16:00 – 00:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-02	Nery García Zarate	Lunes	16:00 – 17:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-03	Central – F. Vivanco	Martes	07:00 – 15:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-03	Central – F. Vivanco	Martes	07:00 – 08:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-04	Magdalena	Martes	16:00 – 00:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-04	Magdalena	Martes	16:00 – 17:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-05	Nery García Zarate	Miércoles	07:00 – 15:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-05	Nery García Zarate	Miércoles	07:00 – 08:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-06	Central – F. Vivanco	Miércoles	16:00 – 00:00	CO	8 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular
AIR-06	Central – F. Vivanco	Miércoles	16:00 – 17:00	NO ₂	1 horas	Tren de muestreo	T°, HR, viento, flujo vehicular

3.4.2. Instrumentos de investigación

Para la recolección de información se emplearon instrumentos específicos de acuerdo con cada técnica aplicada en la investigación, permitiendo obtener datos confiables sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos, las condiciones meteorológicas y el flujo vehicular en los puntos de monitoreo seleccionados.

- **Instrumentos para el muestreo de contaminantes atmosféricos**

Para la técnica de muestreo directo de gases contaminantes se utilizó un tren de muestreo manual equipado con rotámetro calibrado y tubos de absorción específicos para Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂). Este instrumento permitió captar y conducir el aire ambiental mediante un flujo controlado de aspiración, garantizando la recolección adecuada de las muestras atmosféricas conforme a los tiempos de integración establecidos para cada contaminante.

- **Instrumentos para el registro de variables meteorológicas**

Para la técnica de monitoreo meteorológico se empleó una estación meteorológica portátil, utilizada para registrar temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad y dirección del viento durante las jornadas de monitoreo. La información obtenida permitió contextualizar las condiciones atmosféricas presentes durante el muestreo y analizar su influencia sobre la dispersión y acumulación de contaminantes.

- **Instrumentos para la georreferenciación de puntos de monitoreo**

Para la técnica de ubicación y delimitación espacial de los puntos de evaluación se utilizó un GPS navegador portátil, el cual permitió registrar las coordenadas geográficas exactas de cada punto de monitoreo bajo el sistema de referencia WGS 84. Este instrumento garantizó la correcta localización espacial de los accesos evaluados y facilitó la trazabilidad de los puntos de estudio.

- **Instrumentos para el registro del flujo vehicular**

Para la técnica de observación estructurada del tránsito vehicular se emplearon fichas de registro de flujo vehicular, diseñadas para consignar información relacionada con el número de vehículos, categoría vehicular, frecuencia de circulación y horario de tránsito en intervalos de 15 minutos. Este instrumento permitió organizar sistemáticamente los datos

del conteo vehicular y relacionarlos posteriormente con las concentraciones de CO y NO₂ registradas en cada punto de monitoreo.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Objetivo específico 1

Determinar el flujo vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho

- Se identificaron los accesos principales a los mercados Magdalena, Nery García Zarate y Central – F. Vivanco, los cuales fueron georreferenciados mediante un GPS satelital portátil para garantizar la ubicación precisa de los puntos de observación.
- En cada acceso se estableció un punto fijo de conteo vehicular, considerando zonas con mayor afluencia de tránsito y sin interferencias visuales.
- Se elaboraron y validaron fichas de registro de flujo vehicular, donde se consignaron las categorías de vehículos (motocicletas, mototaxis, autos, camionetas, micros, camionetas medianas y otros)
- El conteo se realizó mediante observación estructurada directa, registrando el número de vehículos en intervalos de 15 minutos durante todo el periodo de monitoreo, de manera simultánea al muestreo de calidad del aire.
- Al finalizar cada jornada, los datos fueron consolidados en una base digital para calcular el flujo vehicular promedio por mercado y por franja horaria.

3.5.2. Objetivo específico 2

Determinar las concentraciones ambientales de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho

- Se seleccionó un punto de monitoreo por mercado, ubicado en los accesos o alrededores con mayor flujo vehicular, identificado mediante observación previa.
- Cada punto de monitoreo fue georreferenciado mediante un GPS satelital portátil.
- El tren de muestreo manual con rotámetro fue instalado sobre un trípode, ubicando la entrada de captación a una altura aproximada de 1,5 m sobre el nivel del suelo, correspondiente a la zona respiratoria, con el fin de representar la exposición de la población.

- Previo al inicio del muestreo, se realizó la inspección general del tren de muestreo, verificando la integridad de mangueras, conexiones y accesorios, así como la ausencia de fugas y el correcto funcionamiento de la bomba de succión.
- Antes de colocar los tubos de absorción, se efectuó el ajuste del caudal de aspiración mediante el rotámetro, estableciendo un flujo constante de 0,5 L/min, conforme al protocolo de muestreo aplicado.
- Una vez estabilizado el caudal, se instalaron los tubos de absorción específicos para cada gas, procediéndose al muestreo según el contaminante evaluado.
- El muestreo de Monóxido de Carbono se realizó a un caudal de 0,5 L/min, con un tiempo de exposición de 8 horas continuas, de acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.
- El muestreo de Dióxido de Nitrógeno se efectuó a un caudal de 0,5 L/min, durante un periodo de 1 hora, conforme al método de muestreo establecido.
- Durante todo el proceso de muestreo se registraron de manera simultánea las condiciones meteorológicas, utilizando una estación meteorológica portátil, midiéndose la temperatura ambiental, la humedad relativa y el viento.
- Al finalizar cada muestreo, se verificó el caudal final en el rotámetro, con la finalidad de confirmar la estabilidad del flujo durante el periodo de exposición.
- Los tubos de absorción fueron retirados, sellados inmediatamente y rotulados adecuadamente, consignando el código de muestra, gas analizado, punto de monitoreo, fecha, hora de inicio y término, y caudal aplicado.
- Cada muestra fue registrada en el formato de cadena de custodia, garantizando la trazabilidad desde el punto de muestreo hasta el laboratorio de análisis.
- Finalmente, el jueves 18 de diciembre de 2025 se realizó el envío al laboratorio especializado de las 12 muestras ambientales obtenidas durante el monitoreo. Estas correspondieron a dos contaminantes (CO y NO₂) evaluados en tres mercados y en dos franjas horarias, obteniéndose un total de doce muestras (3 mercados × 2 horarios × 2 contaminantes = 12 muestras ambientales), estas muestras fueron conservadas, rotuladas y transportadas de acuerdo con las condiciones establecidas en el protocolo de monitoreo y la cadena de custodia.

Tabla 3.*Cronograma de monitoreo de CO y NO₂*

Día	Mercado	Horario de monitoreo	Contaminante monitoreado	Tiempo de muestreo
Lunes	Magdalena	07:00 – 15:00	CO	8 h
			NO ₂	1h
Lunes	Nery Garcia Zarate	16:00 – 00:00	CO	8 h
			NO ₂	1h
Martes	Central – F. vivanco	07:00 – 15:00	CO	8 h
			NO ₂	1h
Martes	Magdalena	16:00 – 00:00	CO	8 h
			NO ₂	1h
Miércoles	Nery Garcia Zarate	07:00 – 15:00	CO	8 h
			NO ₂	1h
Miércoles	Central – F. vivanco	16:00 – 00:00	CO	8 h
			NO ₂	1h

3.5.3. Objetivo específico 3

Analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂

- Se consolidaron los datos de flujo vehicular y concentraciones de CO y NO₂ en una matriz de análisis, organizados por mercado, día y franja horaria.
- Se integraron los registros de variables meteorológicas obtenidos mediante la estación meteorológica portátil, incluyendo temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, para contextualizar los resultados.
- Se calcularon los valores promedio del flujo vehicular como de las concentraciones de contaminantes.
- Se aplicaron técnicas estadísticas de análisis correlacional para determinar el grado de relación entre el número de vehículos y las concentraciones de CO y NO₂ registradas en cada punto de monitoreo.
- Finalmente, los resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire, identificando posibles superaciones de los límites permisibles y zonas críticas de exposición en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

3.6. Análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló mediante técnicas estadísticas cuantitativas, con la finalidad de describir el comportamiento del flujo vehicular y de las concentraciones

ambientales de Monóxido de Carbono y Dióxido de Nitrógeno, así como determinar la relación existente entre ambas variables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2021).

Inicialmente, se aplicó estadística descriptiva para organizar, resumir e interpretar los datos obtenidos en campo, empleando tablas de frecuencia, valores promedio, porcentajes y gráficos estadísticos que permitieron caracterizar el flujo vehicular y las concentraciones de contaminantes atmosféricos en los puntos de monitoreo, asimismo, se utilizaron gráficos de barras, diagramas de Pareto y gráficos de dispersión para representar visualmente el comportamiento de las variables evaluadas.

Posteriormente, se realizó la prueba de normalidad mediante el estadístico Shapiro-Wilk, debido al tamaño reducido de la muestra, con la finalidad de verificar la distribución de los datos y determinar el tipo de análisis inferencial más adecuado.

Al comprobarse la normalidad de los datos, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual permitió evaluar la fuerza y dirección de la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂. Para la interpretación del coeficiente de correlación se consideraron los criterios propuestos por Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), donde valores cercanos a +1 indican una relación positiva fuerte entre variables.

La decisión estadística para la aceptación o rechazo de hipótesis se realizó considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. En este sentido:

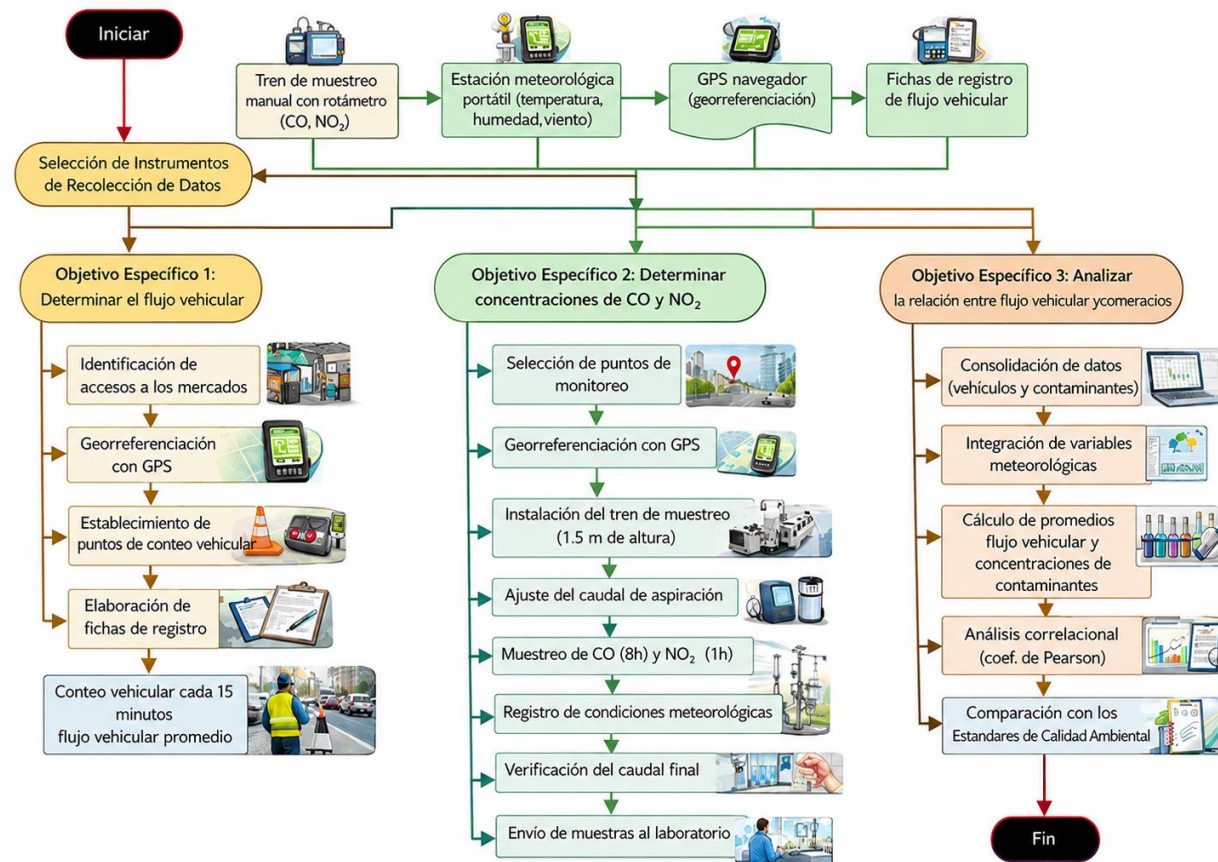
- Si el valor de significancia fue menor a 0,05, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, concluyendo que existe relación significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

- Si el valor de significancia fue mayor a 0,05, se aceptó la hipótesis nula y se concluyó que no existe relación estadísticamente significativa entre las variables estudiadas.

Finalmente, los resultados fueron representados mediante gráficos de dispersión con líneas de tendencia y coeficientes de determinación (R^2), permitiendo visualizar el comportamiento y grado de asociación entre el tráfico vehicular y las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Figura 6.

Diagrama de flujo de la metodología de la investigación



Nota. Este diagrama detalla los pasos clave para la recolección de datos sobre el flujo vehicular y las concentraciones de contaminantes, desglosados en tres objetivos específicos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Determinación del flujo vehicular en el acceso principal de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho

Para el cumplimiento de este objetivo, se efectuó el conteo vehicular en seis accesos considerados puntos críticos de circulación; esta evaluación permitió estimar el flujo vehicular promedio y reconocer qué zonas concentran mayor movilidad, aspecto clave porque el tránsito constituye la principal fuente de emisión de contaminantes gaseosos en entornos urbanos con actividad comercial continua.

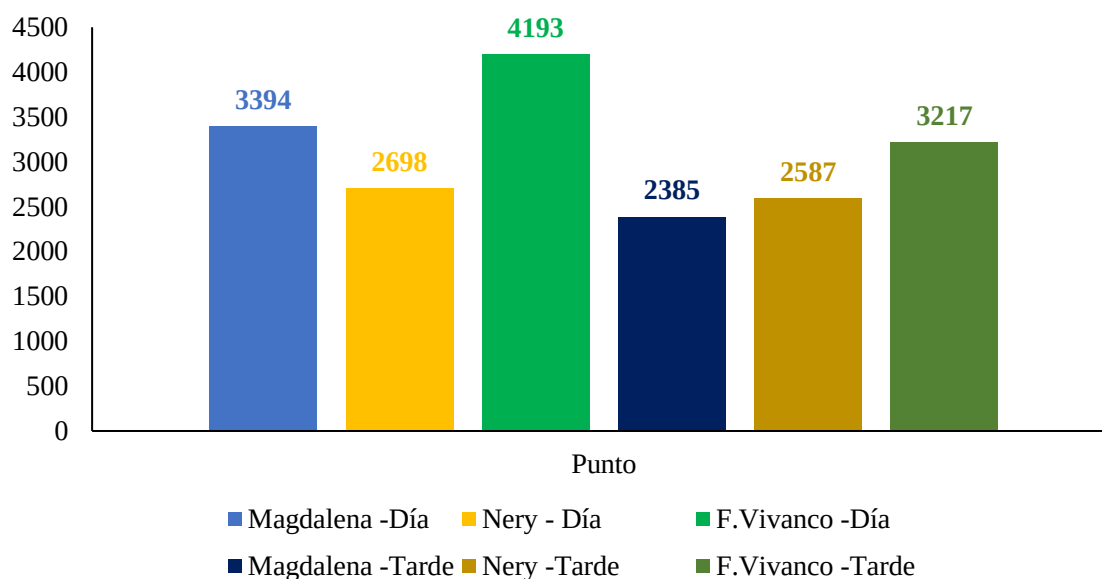
Tabla 4.

Promedio del flujo vehicular total por punto de monitoreo F. Vivanco

Punto	Promedio estimado (vehículos)
Magdalena -Día	3394
Nery -Día	2698
F.Vivanco -Día	4193
Magdalena -Tarde	2385
Nery -Tarde	2587
F.Vivanco -Tarde	3217

Figura 7.

Flujo vehicular total por punto de monitoreo F. Vivanco



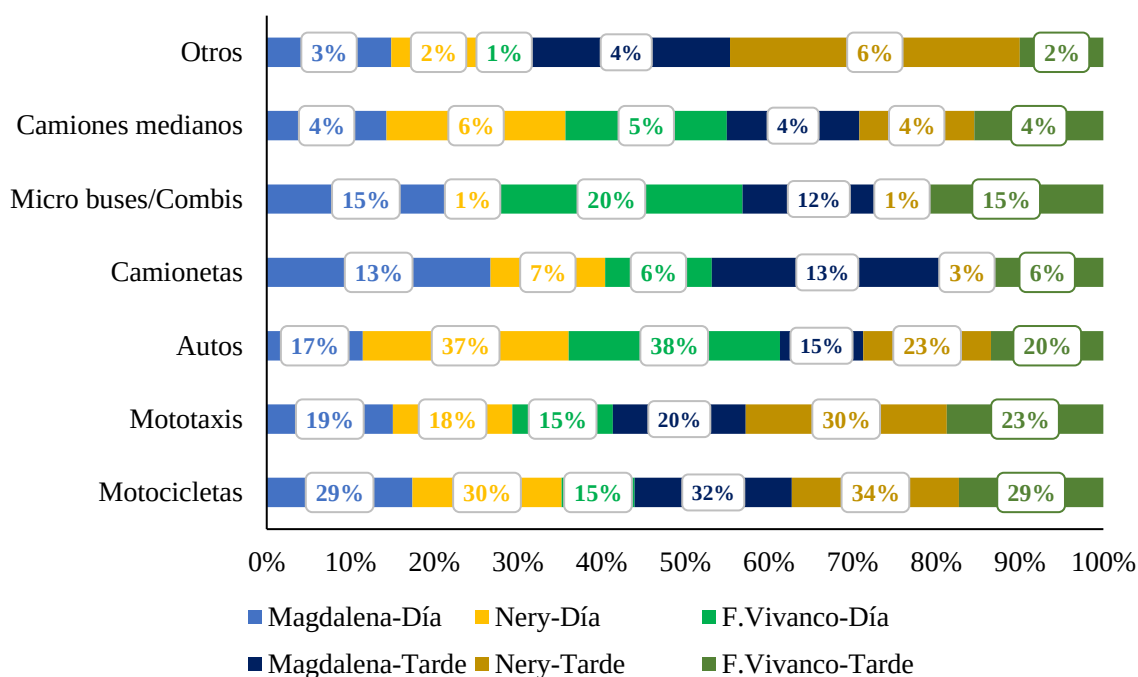
La Tabla 4 presenta el promedio estimado del flujo vehicular registrado en los puntos de monitoreo ubicados en los accesos a los mercados Magdalena, Nery García Zárate y Central F. Vivanco, durante dos franjas horarias de evaluación: periodo Día (07:00–15:00 h) y periodo Tarde (16:00–00:00 h). Se observa que el mayor flujo vehicular se registró en el acceso al mercado Central F. Vivanco durante el periodo diurno, con un promedio de 4193 vehículos, seguido por Magdalena–Día con 3394 vehículos y F. Vivanco–Tarde con 3217 vehículos. En contraste, el menor flujo vehicular se registró en Magdalena–Tarde, con 2385 vehículos.

Asimismo, en la figura 7, se evidencia que en los tres puntos de monitoreo el flujo vehicular fue mayor durante el periodo diurno que en el periodo de la tarde. En el mercado Magdalena el tránsito disminuyó de 3394 a 2385 vehículos, en Nery García Zárate de 2698 a 2587 vehículos y en Central F. Vivanco de 4193 a 3217 vehículos. Estos resultados indican que la mayor intensidad del tránsito vehicular se concentra durante las horas de mayor actividad comercial, siendo el acceso al mercado Central F. Vivanco el que presentó la mayor carga vehicular durante todo el periodo de evaluación.

Tabla 5.

Distribución del tipo de vehículo por punto de monitoreo

Punto	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Microbuses/Cambis	Camiones medianos	Otros
Magdalena-Día	29%	19%	17%	13%	15%	4%	3%
Nery-Día	30%	18%	37%	7%	1%	6%	2%
F.Vivanco-Día	15%	15%	38%	6%	20%	5%	1%
Magdalena-Tarde	32%	20%	15%	13%	12%	4%	4%
Nery-Tarde	34%	30%	23%	3%	1%	4%	6%
F.Vivanco-Tarde	29%	23%	20%	6%	15%	4%	2%

Figura 8.*Distribución del tipo de vehículo por punto de monitoreo*

El flujo vehicular fue evaluado mediante observación estructurada y conteo directo en dos franjas horarias: turno mañana, comprendido entre las 07:00 y 15:00 horas, y turno tarde noche, desarrollado entre las 16:00 y 00:00 horas, ambos con una duración de 8 horas continuas, durante cada periodo se registró el número y tipo de vehículos en intervalos de 15 minutos, permitiendo caracterizar la composición vehicular en cada punto de monitoreo.

En Magdalena - Día del 07:00 a 15:00 h, se contabilizó un total de 3394 vehículos, predominando las motocicletas con 995 unidades, equivalentes al 29 % del flujo total, seguidas por los mototaxis con 639 vehículos (19 %), los autos con 17 % y los microbuses/combis con 15 %, evidenciándose una dinámica vehicular dominada por transporte menor y movilidad local de corta distancia, asociada principalmente a actividades comerciales y desplazamientos frecuentes de compradores y comerciantes.

En Nery - Día del 07:00 a 15:00 h, el flujo total alcanzó 2898 vehículos, donde los autos constituyeron la categoría predominante con 1063 unidades, equivalentes al 37 % del total vehicular, asimismo, se registraron 868 motocicletas (30 %) y 516 mototaxis (18 %), mientras que los microbuses/combis representaron únicamente 34 vehículos (1 %), reflejando una mayor presencia de transporte particular y una menor participación del

transporte colectivo formal, situación que podría incrementar los niveles de congestión y emisiones vehiculares por unidad.

Por su parte, F. Vivanco - Día del 07:00 a 15:00 h, presentó el mayor flujo vehicular del estudio con 4193 vehículos registrados, en este punto predominaron los autos con 1580 unidades (38 %), seguidos por microbuses/combis con 857 vehículos (20 %), motocicletas con 616 unidades (15 %) y mototaxis con 630 vehículos (15 %), lo que confirma que dicho acceso funciona como uno de los principales corredores urbanos y comerciales de la zona de estudio, concentrando una elevada circulación de transporte particular y colectivo durante el horario de mayor actividad económica.

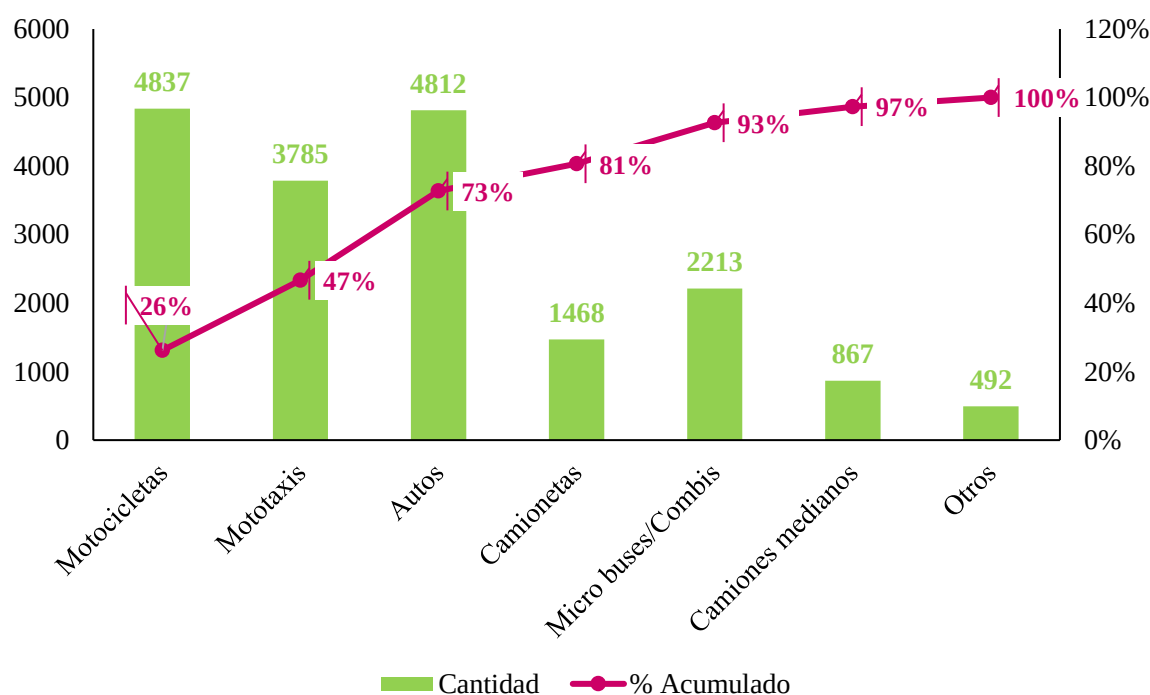
Durante el turno tarde - noche del 16:00 a 00:00 h, Magdalena - Tarde registró un total de 2385 vehículos, manteniéndose el predominio de motocicletas con 755 unidades (32 %) y mototaxis con 472 vehículos (20 %), entonces, ambas categorías sumaron 1227 vehículos, representando el 52 % del flujo total. Este comportamiento evidencia que el transporte menor continúa siendo dominante incluso fuera del horario comercial principal.

En Nery - Tarde del 16:00 a 00:00 h, se contabilizaron 2587 vehículos, observándose un incremento importante de motocicletas y mototaxis. Las motocicletas alcanzaron 868 unidades (34 %) y los mototaxis 776 vehículos (30 %), sumando conjuntamente 1644 vehículos, equivalentes al 64 % del flujo vehicular total, lo que indica, que durante el periodo nocturno el tránsito se encuentra dominado principalmente por transporte menor e informal, asociado a desplazamientos urbanos de corta distancia y servicios locales de movilidad.

Finalmente, F. Vivanco - Tarde del 16:00 a 00:00 h, presentó un total de 3217 vehículos, manteniendo una composición vehicular relativamente equilibrada. Las motocicletas representaron 935 unidades (29 %), los mototaxis 752 vehículos (23 %), los autos 644 unidades (20 %) y los microbuses/combis 487 vehículos (15 %), lo que demuestra que este acceso mantiene una elevada actividad vehicular incluso fuera del horario pico, aunque con una menor participación del transporte colectivo respecto al periodo diurno.

Tabla 6.*Categorías vehiculares en el área de estudio*

Categoría	Cantidad	%	% Acumulado
Motocicletas	5037	27%	27%
Mototaxis	3785	20%	47%
Autos	4812	26%	73%
Camionetas	1468	8%	81%
Microbuses/Combis	2213	12%	93%
Camiones medianos	867	5%	97%
Otros	492	3%	100%
TOTAL	18674	100%	

Figura 9.*Pareto de categorías vehiculares en el área de estudio*

En la figura 9, presenta el diagrama de Pareto del parque vehicular total registrado en los puntos de monitoreo del estudio, considerando el conteo acumulado realizado durante las dos franjas horarias evaluadas: turno mañana desde las 07:00 hasta las 15:00 h y turno tarde - noche desde las 16:00 hasta las 00:00 h, lo que se muestra es la frecuencia absoluta por categoría vehicular, el porcentaje individual y el porcentaje acumulado respecto al total de vehículos registrados durante el periodo de evaluación.

Los resultados evidencian que la mayor proporción del flujo vehicular se concentra en un número reducido de categorías, se observa que las motocicletas registraron 4837 unidades, equivalentes al 28 % del parque vehicular total, mientras que los autos alcanzaron 4812 vehículos, representando también aproximadamente el 28 %, por su parte, los mototaxis contabilizaron 3785 unidades, correspondientes al 22 % del total registrado, por lo que, estas tres categorías sumaron 13 434 vehículos, representando aproximadamente el 78 % del flujo vehicular total observado en los accesos a los mercados de abasto, lo que demuestra que la dinámica del tránsito en el área de estudio está dominada principalmente por unidades ligeras y transporte urbano de corta distancia.

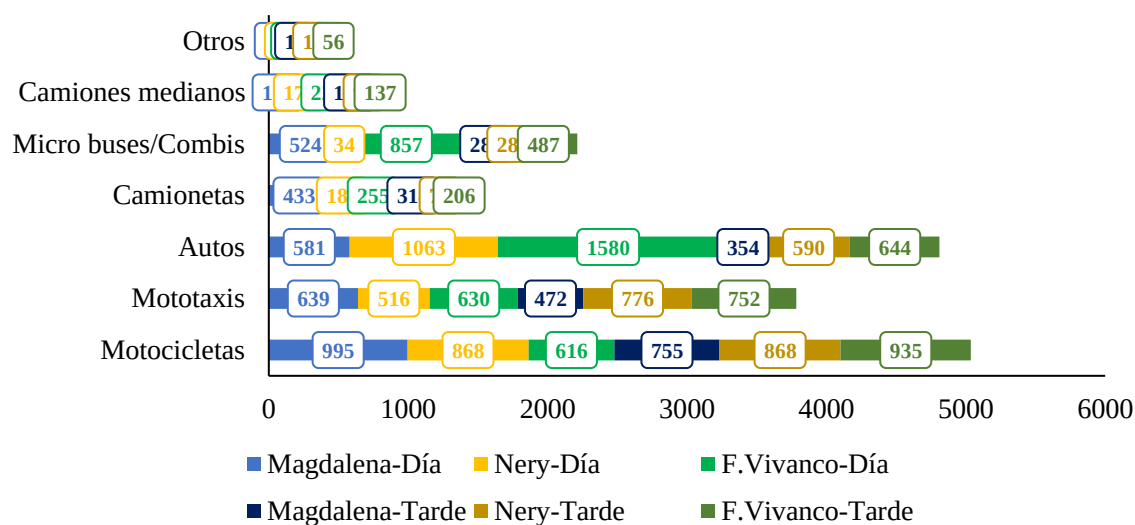
A partir de estas categorías, el crecimiento acumulado del Pareto se vuelve más gradual, observando que los microbuses/combis alcanzaron 2213 unidades (13 %), mientras que las camionetas registraron 1468 vehículos (9 %), haciendo un total de 3681 vehículos, permitiendo alcanzar cerca del 94 % del flujo vehicular acumulado. Aunque estos vehículos presentan menor frecuencia respecto al transporte menor, mantienen una participación importante vinculada al transporte colectivo y actividades de abastecimiento urbano.

Finalmente, los camiones medianos registraron 867 unidades (5 %) y la categoría “otros” alcanzó 492 vehículos (3 %), representando las menores proporciones dentro del parque automotor evaluado. Sin embargo, su relevancia ambiental no debe subestimarse, debido a que este tipo de unidades presenta mayores factores de emisión por vehículo, especialmente en el caso de motores diésel asociados al transporte de carga y pasajeros.

El análisis de Pareto permite identificar que la presión principal sobre la movilidad urbana y sobre la generación de contaminantes atmosféricos proviene predominantemente de motocicletas, autos y mototaxis, categorías que concentran más de tres cuartas partes del tránsito vehicular total registrado en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Tabla 7.*Composición del flujo vehicular por punto de monitoreo*

Punto	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Microbuses/Combis	Camiones medianos	Otros
Magdalena-Día	995	639	581	433	524	134	88
Nery-Día	868	516	1063	189	34	171	57
F.Vivanco-Día	616	630	1580	255	857	223	32
Magdalena-Tarde	755	472	354	314	283	104	103
Nery-Tarde	868	776	590	71	28	98	156
F.Vivanco-Tarde	935	752	644	206	487	137	56

Figura 10.*Composición del flujo vehicular por punto de monitoreo*

En la figura 10, presenta la composición del flujo vehicular registrada en los puntos de monitoreo ubicados en los accesos a los mercados Magdalena, Nery García Zárate y Central F. Vivanco, considerando las categorías de motocicletas, mototaxis, autos, camionetas, microbuses/combis, camiones medianos y otros vehículos. El monitoreo vehicular se realizó mediante conteo directo y observación estructurada durante dos franjas horarias: turno mañana (07:00 -15:00 h) y turno tarde noche (16:00 - 00:00 h), ambos con una duración de 8 horas continuas. Los valores representan el número total de vehículos contabilizados en cada punto y periodo de evaluación.

Durante el turno mañana (07:00 - 15:00 h), el acceso al mercado Central F. Vivanco registró el mayor flujo vehicular del estudio con 4193 vehículos, predominando los autos con 1580 unidades y los microbuses/combis con 857 vehículos, asimismo, se contabilizaron 630 mototaxis y 616 motocicletas, evidenciando una importante participación tanto del transporte particular como del transporte colectivo, lo que sugiere que dicho acceso funciona como uno de los principales corredores urbanos y comerciales de la ciudad, concentrando una elevada movilidad de usuarios y vehículos de abastecimiento.

En Magdalena - Día se registraron 3394 vehículos, observándose predominio de motocicletas con 995 unidades y mototaxis con 639 vehículos, además de 581 autos y 524 microbuses/combis, reflejando un patrón de movilidad principalmente local, asociado a recorridos cortos, transporte informal y desplazamientos frecuentes vinculados a las actividades comerciales del mercado.

Por otro lado, Nery - Día presentó un total de 2698 vehículos, donde los autos constituyeron la categoría dominante con 1063 unidades, superando a las motocicletas (868 vehículos) y mototaxis (516 vehículos). En contraste, los microbuses/combis registraron únicamente 34 unidades, lo que evidencia una reducida participación del transporte colectivo formal y una mayor presencia de vehículos particulares en este acceso durante el horario de mayor actividad comercial.

Durante el turno tarde - noche (16:00 - 00:00 h), la composición vehicular mostró variaciones importantes respecto al periodo diurno, se observa que en Magdalena - Tarde se contabilizaron 2385 vehículos, registrándose una disminución del flujo total respecto al turno mañana; sin embargo, las motocicletas unas 755 unidades y mototaxis unas 472 vehículos que continuaron siendo las categorías predominantes, evidenciando que la movilidad local permanece activa aun cuando la actividad comercial disminuye progresivamente.

En Nery - Tarde se registraron 2587 vehículos, destacando un incremento relativo de motocicletas y mototaxis respecto al periodo diurno, se observó que las motocicletas alcanzaron 868 unidades y los mototaxis 776 vehículos, mientras que los autos disminuyeron a 590 unidades, indicando que durante el horario nocturno el tránsito se encuentra dominado principalmente por transporte menor y desplazamientos urbanos de corta distancia asociados a movilidad vecinal y servicios de transporte informal.

Finalmente, F. Vivanco - Tarde presentó 3217 vehículos, manteniendo una composición vehicular más equilibrada respecto a otros puntos de monitoreo, se contabilizaron 935 motocicletas, 752 mototaxis, 644 autos y 487 microbuses/combis, lo que demuestra que este corredor urbano conserva una elevada actividad vehicular incluso fuera del horario pico comercial, aunque con una menor participación del transporte colectivo respecto al turno mañana.

4.1.2. Determinación de las concentraciones ambientales de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Con el propósito de evaluar la calidad del aire en zonas de alta actividad comercial, se realizaron mediciones de Monóxido de Carbono (CO) con un periodo de integración de 8 horas y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) con un tiempo de 1 hora; los puntos seleccionados corresponden a accesos de los mercados Magdalena, Nery y central F.Vivanco, espacios donde confluyen transporte público, vehículos particulares y unidades de carga, lo cual permite estimar niveles reales de exposición en áreas de permanencia prolongada de la población.

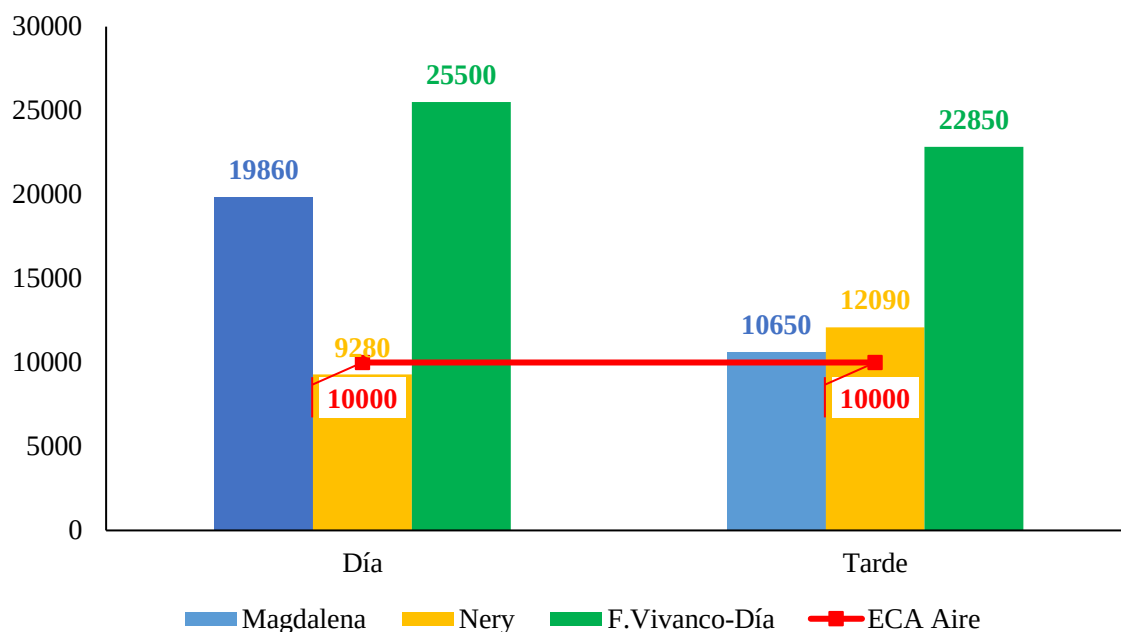
Tabla 8.

Concentración de CO por punto de monitoreo y comparación con el ECA

Punto de monitoreo	Día	Tarde
Magdalena	19860	10650
Nery	9280	12090
F.Vivanco-Día	25500	22850
ECA Aire	10000	10000

Figura 11.

Concentración de CO por punto de monitoreo y comparación con el ECA



En la tabla 8, presenta las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) registradas en los puntos de monitoreo Magdalena, Nery y F. Vivanco durante dos franjas horarias de evaluación: turno mañana (07:00–15:00 h) y turno tarde-noche (16:00–00:00 h), comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA = 10 000 µg/m³, promedio móvil de 8 horas). Los valores corresponden a mediciones ambientales obtenidas mediante monitoreo directo en campo.

En la Figura 11, muestras las concentraciones de Monóxido de Carbono evidencian diferencias significativas entre los puntos de monitoreo y los horarios evaluados, lo que refleja la influencia directa de la intensidad y composición del flujo vehicular sobre la acumulación de este contaminante atmosférico.

Durante el turno mañana (07:00 - 15:00 h), el acceso al mercado Central F. Vivanco registró la concentración más elevada de CO con 25 500 µg/m³, valor que supera en 15 500 µg/m³ el Estándar de Calidad Ambiental para Aire, lo que coincide con el mayor flujo vehicular del estudio, correspondiente a 4193 vehículos, predominando autos con 1580 unidades y microbuses/combis con 857 unidades, esta concentración alta se asocia a la intensa actividad comercial y al tránsito continuo de vehículos ligeros y transporte colectivo, condiciones que favorecen procesos de combustión incompleta y acumulación de CO en escenarios de congestión y circulación intermitente.

En Magdalena - Día (07:00 - 15:00 h), la concentración de CO alcanzó 19 860 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el ECA en 9860 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, durante este periodo se registraron 3394 vehículos, predominando motocicletas con 995 unidades y mototaxis con 639 unidades, evidenciando una importante presión vehicular asociada principalmente al transporte menor, caracterizado por frecuentes arranques, desaceleraciones y circulación a baja velocidad en entornos comerciales de alta concurrencia.

Por el contrario, en Nery - Día se registró la menor concentración diurna de CO con 9280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que se mantiene ligeramente por debajo del estándar ambiental. En este punto se contabilizaron 2698 vehículos, predominando autos con 1063 unidades y motocicletas con 868 unidades, pese a ello, la menor concentración registrada podría relacionarse con una circulación más fluida y menores condiciones de congestión respecto a los demás accesos evaluados.

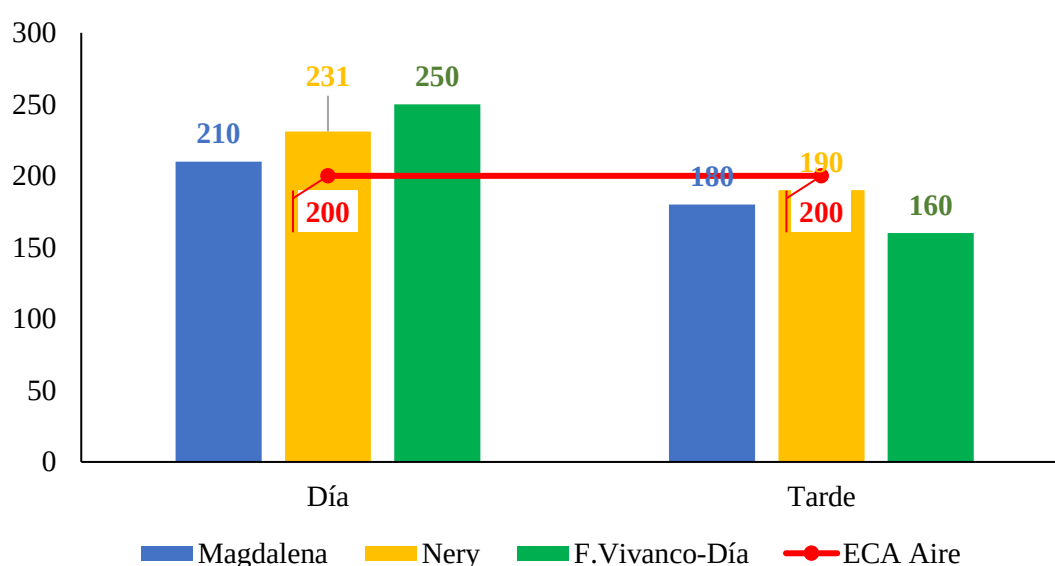
Durante el turno tarde - noche (16:00 - 00:00 h), se observó una reducción parcial de las concentraciones de CO en algunos puntos de monitoreo, en Magdalena - Tarde la concentración disminuyó a 10 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, el valor aún supera el ECA en 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, asimismo, el flujo vehicular descendió a 2385 vehículos, manteniéndose el predominio de motocicletas con 755 unidades y mototaxis con 472 unidades, lo que indica una disminución relativa de la actividad comercial y del tránsito respecto al periodo diurno.

En F. Vivanco - Tarde, la concentración de CO alcanzó 22 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando ampliamente el estándar ambiental en 12 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aunque el flujo vehicular disminuyó respecto al turno mañana, aún se registraron 3217 vehículos, destacando motocicletas con 935 unidades, mototaxis con 752 unidades y autos con 644 unidades, lo que demuestra que este acceso mantiene una elevada actividad vehicular incluso fuera del horario pico comercial, favoreciendo la permanencia de concentraciones elevadas de CO.

Por otro lado, Nery-Tarde presentó un comportamiento distinto, registrando un incremento de CO hasta 12 090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando el estándar ambiental en 2090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante este periodo se contabilizaron 2587 vehículos, predominando motocicletas (868 unidades) y mototaxis (776 unidades), las cuales representaron aproximadamente el 64 % del flujo total. Este comportamiento sugiere que el acceso mantiene una actividad vehicular sostenida durante el horario nocturno, asociada principalmente al transporte menor y desplazamientos urbanos de corta distancia.

Tabla 9.*Concentración de NO₂ por punto de monitoreo y comparación con el ECA*

Puntos	Día	Tarde
Magdalena	210	180
Nery	231	190
F.Vivanco-Día	250	160
ECA Aire	200	200

Figura 12.*Concentración de NO₂ por punto de monitoreo y comparación con el ECA*

En la tabla 9, muestra las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) registradas en los puntos de monitoreo Magdalena, Nery y F. Vivanco durante dos franjas horarias de evaluación: turno mañana (07:00–15:00 h) y turno tarde-noche (16:00–00:00 h), comparadas con el Estándar de Calidad Ambiental para Aire (ECA = 200 µg/m³, promedio de 1 hora). Los valores corresponden a mediciones ambientales realizadas directamente en campo mediante monitoreo atmosférico.

En la Figura 12, las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno muestran un comportamiento variable entre los puntos de monitoreo y los horarios evaluados, evidenciando que este contaminante no depende únicamente del volumen total de vehículos, sino también de la composición vehicular, el tipo de combustible utilizado y las condiciones de circulación presentes en cada acceso evaluado.

Durante el turno mañana (07:00–15:00 h), el punto F. Vivanco–Día registró la concentración más elevada de NO₂ con 250 µg/m³, superando en 50 µg/m³ el Estándar de Calidad Ambiental. En este acceso se contabilizaron 4193 vehículos, destacando una importante presencia de microbuses/combis (857 unidades), camiones medianos (223 unidades) y autos (1580 unidades), lo que sugiere una fuerte influencia de vehículos de transporte colectivo y unidades con motores diésel, los cuales presentan mayores emisiones de óxidos de nitrógeno debido a las altas temperaturas de combustión.

En Nery–Día se registró una concentración de 231 µg/m³, superando el ECA en 31 µg/m³, pese a ello, se contabilizaron 2898 vehículos, con predominio de autos (1063 unidades), motocicletas (868 unidades) y una presencia moderada de camiones medianos (171 unidades), ello evidencia que la emisión de NO₂ no depende exclusivamente de la cantidad de vehículos, sino también del tipo de unidad vehicular y de las condiciones de operación del tránsito.

Por su parte, Magdalena–Día alcanzó una concentración de 210 µg/m³, superando ligeramente el estándar ambiental en 10 µg/m³. Durante este periodo se registraron 3394 vehículos, predominando motocicletas (995 unidades), mototaxis (639 unidades) y microbuses/combis (524 unidades). La superación del ECA en este punto podría estar asociada a condiciones de congestión vehicular y circulación intermitente que favorecen la acumulación de contaminantes atmosféricos en zonas comerciales de elevada actividad.

Durante el turno tarde–noche (16:00–00:00 h), las concentraciones de NO₂ mostraron un comportamiento diferenciado respecto al periodo diurno. En F. Vivanco–Tarde la concentración descendió a 160 µg/m³, ubicándose 40 µg/m³ por debajo del ECA. Aunque el flujo vehicular continuó siendo elevado con 3217 vehículos, se observó una disminución relativa del transporte colectivo y de vehículos de mayor tamaño respecto al horario diurno, favoreciendo una reducción de las emisiones de NO₂.

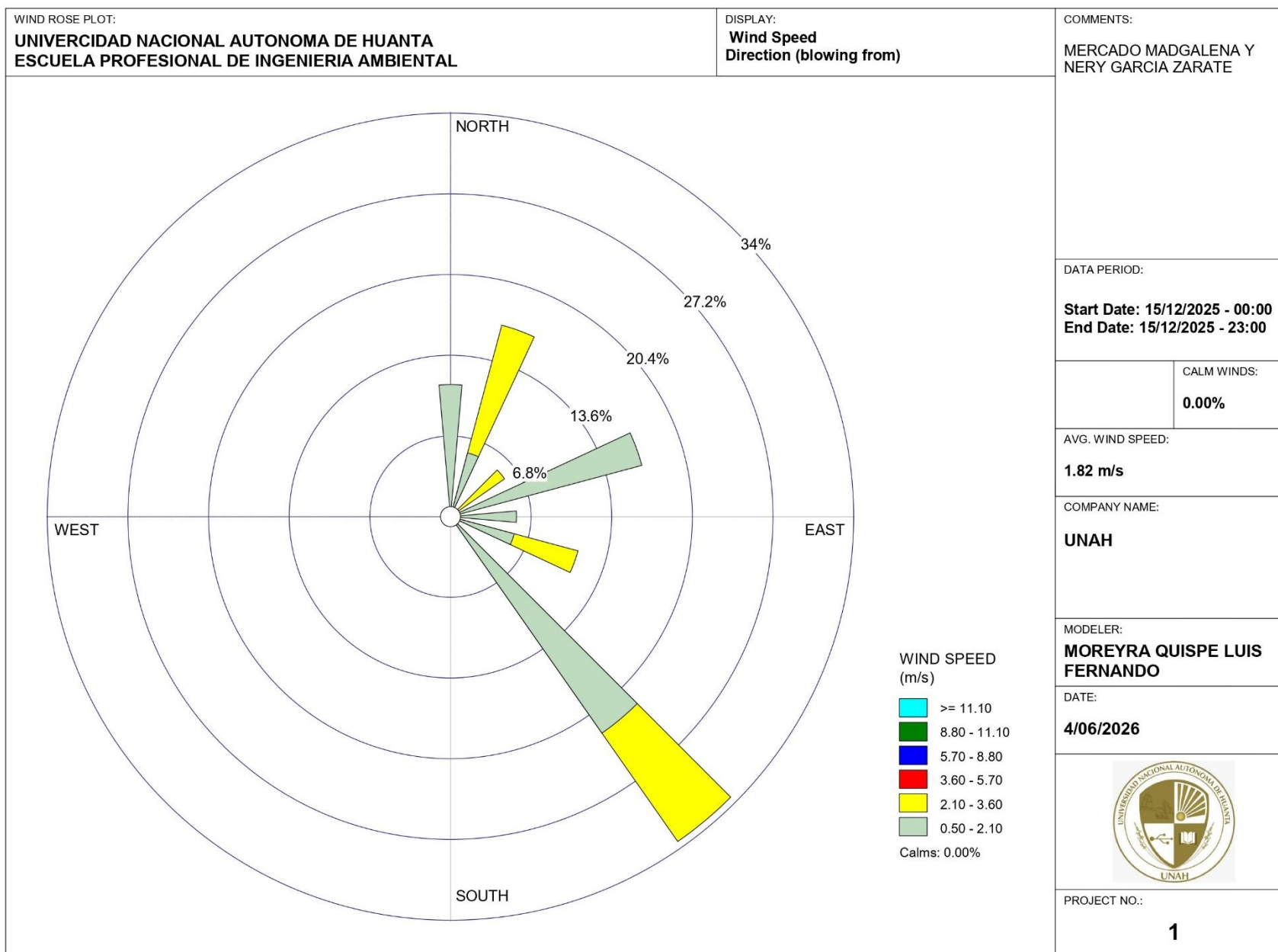
En Magdalena–Tarde se registró una concentración de 180 µg/m³, manteniéndose también por debajo del estándar ambiental. Durante este periodo se contabilizaron 2385 vehículos, predominando motocicletas (755 unidades) y mototaxis (472 unidades). La disminución del contaminante respecto al turno mañana podría relacionarse con una menor intensidad de tránsito y mejores condiciones de dispersión atmosférica conforme disminuye la actividad comercial.

Por otro lado, Nery–Tarde presentó una concentración de $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que, aunque no supera el ECA, permanece cercano al límite ambiental establecido. En este acceso se registraron 2587 vehículos, destacando motocicletas (868 unidades) y mototaxis (776 unidades), además de la permanencia de unidades de transporte urbano y carga ligera. Este comportamiento evidencia que el acceso mantiene actividad vehicular sostenida durante el horario nocturno, favoreciendo la persistencia de emisiones asociadas al tránsito urbano.

4.1.2.1. Condiciones meteorológicas durante el monitoreo de la calidad del aire

Figura 13.

Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Madgalena y Nery Garcia Zarate durante el periodo de monitoreo.



WIND SPEED
(m/s)

≥ 11.10
8.80 - 11.10
5.70 - 8.80
3.60 - 5.70
2.10 - 3.60
0.50 - 2.10

Calms: 0.00%

La figura 13, muestra la distribución de la dirección y velocidad del viento registrada de manera horaria en las estaciones AIR-01 y AIR-02, ubicadas en los mercados de Magdalena y Nery García Zarate, durante el periodo de monitoreo comprendido entre las 07:00 y 00:00 horas del día, con un total de 18 horas continuas de evaluación meteorológica. Los datos fueron obtenidos mediante una estación meteorológica portátil y posteriormente procesados mediante el software WRPLOT View, el cual permitió generar la rosa de vientos y determinar con mayor precisión la tendencia predominante de dirección y velocidad del viento en el área de estudio.

Los resultados muestran una velocidad promedio de viento de 1,82 m/s y ausencia de vientos en calma, lo que evidencia una circulación atmosférica continua a lo largo de la jornada evaluada. Estas condiciones son importantes debido a que favorecen el transporte y la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por el tránsito vehicular y otras actividades desarrolladas en el área de estudio.

En relación con la dirección del viento, se identificó una marcada predominancia de flujos procedentes del sector Sur-Sureste (SSE), los cuales representaron la mayor frecuencia de ocurrencia durante el monitoreo. Este comportamiento indica que las masas de aire se desplazaron principalmente hacia el Norte-Noroeste (NNW), estableciendo una trayectoria preferencial para el transporte de contaminantes. Asimismo, se registraron vientos provenientes del Este-Noreste (ENE) y del Norte-Noreste (NNE), aunque con menor frecuencia, configurando un patrón direccional bien definido.

La distribución observada sugiere que la circulación atmosférica en la zona está influenciada por las características topográficas del entorno. En ciudades andinas como Ayacucho, el relieve suele desempeñar un papel importante en la orientación de los vientos, canalizando el flujo de aire a través de determinadas direcciones. Esta condición explica la concentración de registros en algunos sectores específicos de la rosa de vientos y la escasa participación de otras direcciones durante el periodo analizado.

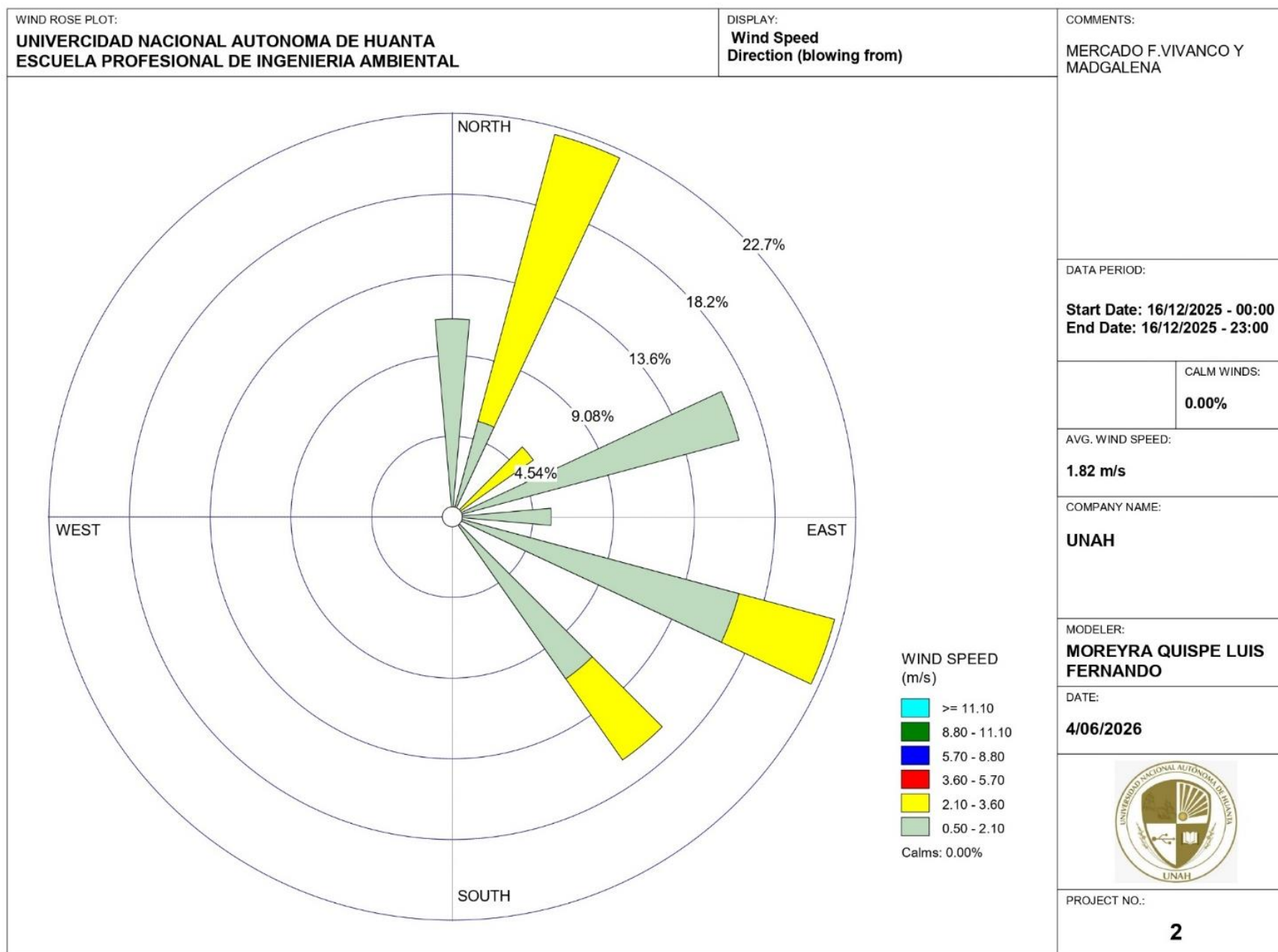
Respecto a la intensidad del viento, la mayor parte de los registros se concentró en velocidades comprendidas entre 0,50 y 3,60 m/s, sin evidenciarse eventos de viento fuerte. Aunque estas velocidades no generan una ventilación atmosférica intensa, sí permiten el desplazamiento de contaminantes a distancias relativamente cortas dentro del entorno urbano. Bajo estas condiciones, la dispersión ocurre de manera gradual, favoreciendo la dilución de las emisiones sin llegar a producir una eliminación rápida de las mismas.

En conjunto, los resultados indican que la predominancia de vientos provenientes del SSE y ENE sugiere que el transporte de emisiones se orientó principalmente hacia los sectores norte y oeste de los mercados evaluados. Esta información constituye un elemento fundamental para comprender la distribución espacial de las concentraciones de CO y NO₂ observadas durante la investigación y la influencia que ejerce la dinámica del viento sobre la calidad del aire local.

La combinación de direcciones predominantes relativamente constantes y velocidades bajas resulta relevante para interpretar las concentraciones registradas de CO y NO₂ en el área de estudio. Durante el monitoreo, el punto Nery - Tarde presentó una concentración de CO de 12 090 µg/m³, superando el Estándar de Calidad Ambiental para Aire de 10 000 µg/m³ en 8 horas, mientras que las concentraciones de NO₂ alcanzaron 231 µg/m³ en el periodo diurno y 190 µg/m³ en la tarde, este último cercano al límite ambiental establecido de 200 µg/m³ en 1 hora, evidenciando que las condiciones meteorológicas observadas no favorecieron una dispersión rápida de los contaminantes, permitiendo su permanencia y acumulación temporal en la zona respiratoria de la población, especialmente en horarios donde el tránsito vehicular fue continuo y predominó el transporte menor e informal, debido a ello, la rosa de vientos obtenida mediante WRPLOT confirma que la dinámica atmosférica del sector contribuyó directamente a la persistencia de concentraciones elevadas de contaminantes en los accesos al mercado Nery García Zarate.

Figura 14.

Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Central F.Vivanco y Madgalena durante el periodo de monitoreo



La figura 14, presenta la distribución de la dirección y velocidad del viento registrada de manera horaria en las estaciones AIR-03 y AIR-04, ubicadas en los mercados F.Vivanco y Magdalena. La velocidad promedio del viento fue de 1,82 m/s y no se registraron periodos de calma (0 %), lo que indica una circulación continua del aire durante todo el periodo de monitoreo.

El análisis direccional evidencia que los vientos predominantes provinieron principalmente del cuadrante noreste (NE), alcanzando frecuencias cercanas al 22,7 %, seguido por direcciones comprendidas entre el este-noreste y el sureste. Esta distribución indica que las masas de aire ingresaron al área de estudio principalmente desde el sector oriental, configurando un patrón de circulación bien definido. La concentración de frecuencias en un número reducido de direcciones demuestra que el régimen de vientos durante el monitoreo presentó una marcada direccionalidad, característica común en zonas urbanas influenciadas por la topografía local.

La presencia de vientos dominantes procedentes del noreste, este y sureste sugiere una importante influencia de las condiciones topográficas de la ciudad de Ayacucho sobre la dinámica atmosférica local. La orientación de los valles y las variaciones de relieve pueden favorecer la canalización de las corrientes de aire, generando trayectorias preferenciales de circulación. Como consecuencia, las emisiones producidas por el tránsito vehicular no se dispersan de manera uniforme en todas las direcciones, sino que tienden a desplazarse siguiendo los patrones establecidos por el flujo predominante del viento.

En cuanto a la intensidad del viento, la mayor proporción de registros se concentró en velocidades comprendidas entre 0,50 y 3,60 m/s, predominando los rangos de baja a moderada intensidad. La ausencia de velocidades superiores a 3,60 m/s indica que durante el periodo monitoreado no se presentaron eventos de ventilación intensa capaces de dispersar rápidamente los contaminantes atmosféricos. Bajo estas condiciones, los contaminantes emitidos permanecen durante un mayor tiempo en el entorno cercano a las fuentes de emisión antes de ser completamente diluidos por la atmósfera.

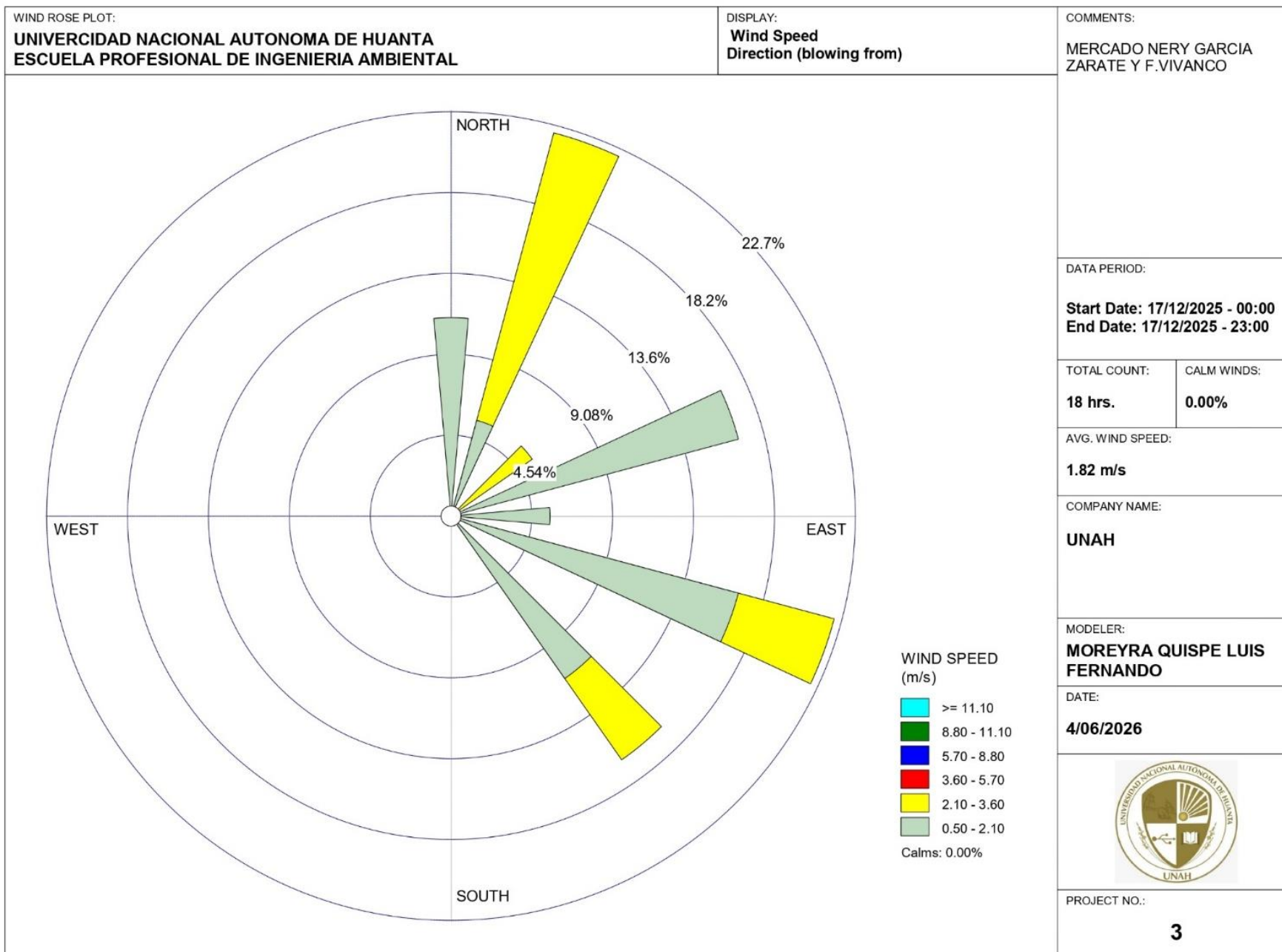
Desde la perspectiva de la calidad del aire, las condiciones meteorológicas registradas tuvieron influencia sobre las concentraciones de CO y NO₂ medidas en los puntos de monitoreo. El mercado Central F. Vivanco presentó la mayor concentración de CO (25 500 µg/m³) y NO₂ (250 µg/m³), coincidiendo además con el mayor flujo vehicular registrado, estimado en 4 193 vehículos. Por otro lado, el mercado Magdalena registró concentraciones

menores de CO ($10\,650\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) y NO₂ ($180\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), asociadas a un flujo vehicular de 2 385 vehículos. Estos resultados sugieren que el incremento del tránsito vehicular contribuye al aumento de las concentraciones de ambos contaminantes; sin embargo, las condiciones de viento observadas favorecieron su dispersión y evitaron una acumulación prolongada en el área de estudio.

En términos generales, la rosa de vientos muestra un régimen atmosférico caracterizado por vientos predominantes provenientes del cuadrante noreste y este, con velocidades bajas a moderadas y ausencia de condiciones de calma. Estas características favorecieron una dispersión continua de los contaminantes emitidos por el tránsito vehicular. Asimismo, la mayor concentración de CO y NO₂ observada en el mercado Central F. Vivanco estuvo asociada al mayor flujo vehicular registrado, mientras que en el mercado Magdalena se reportaron concentraciones menores junto con una menor intensidad de tránsito. En conjunto, los resultados evidencian que tanto las condiciones meteorológicas como el volumen vehicular desempeñan un papel importante en la distribución y comportamiento de los contaminantes atmosféricos evaluados.

Figura 15.

Rosa de vientos registrada en las estaciones Mercado Nery Garcia Zarate y Central F. Vivanco durante el periodo de monitoreo



La Figura 15 presenta la distribución de la dirección y velocidad del viento registrada el 17 de diciembre de 2025, durante el periodo de monitoreo correspondiente a los mercados Nery García Zárate y F. Vivanco. La velocidad promedio del viento fue de 1,82 m/s, mientras que no se registraron condiciones de calma (0,00 %).

El análisis direccional muestra que los vientos predominantes provinieron principalmente del norte-noreste, con una frecuencia cercana al 22,7 %, seguido por vientos provenientes del este-noreste, con una frecuencia aproximada de 18,2 %. También se observa una presencia importante de vientos procedentes del este-sureste y sureste, mientras que las direcciones occidentales presentan una participación prácticamente nula. Esta distribución evidencia un patrón de circulación atmosférica concentrado principalmente en los sectores norte y este, por lo que el transporte de las masas de aire durante el monitoreo no se produjo de manera uniforme en todas las direcciones.

Considerando que la rosa utiliza la convención “dirección de donde proviene el viento”, los vientos procedentes del norte-noreste favorecieron el desplazamiento de las masas de aire aproximadamente hacia el sur-suroeste, mientras que los provenientes del este-noreste se desplazaron hacia el oeste-suroeste. Asimismo, los flujos provenientes del este-sureste y sureste favorecieron el transporte hacia los sectores oeste-noroeste y noroeste, respectivamente.

En cuanto a la intensidad del viento, la mayor proporción de los registros se concentró entre 0,50 y 3,60 m/s, correspondientes a velocidades bajas y moderadas, con una velocidad promedio de 1,82 m/s. No se identificaron velocidades superiores a 3,60 m/s, por lo que durante el periodo evaluado no se presentaron condiciones de ventilación intensa capaces de producir una dispersión rápida de los contaminantes. En estas condiciones, el viento permitió un transporte continuo de las emisiones, pero con una capacidad de dispersión horizontal limitada a moderada, por lo que las concentraciones de contaminantes pudieron estar influenciadas tanto por la intensidad de las emisiones vehiculares como por la dirección del flujo atmosférico.

La persistencia de vientos de baja intensidad resulta especialmente relevante en zonas como el mercado Nery García y el eje Jr. San Blas - Av. Vivanco, donde el tránsito vehicular es continuo y la circulación presenta frecuentes detenciones. Bajo estas condiciones, los contaminantes emitidos por las fuentes móviles, principalmente Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), tienden a permanecer por mayor tiempo en la zona

respiratoria de la población. En el presente estudio, las concentraciones de CO alcanzaron valores de hasta 22 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en F. Vivanco - Tarde y 12 090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Nery - Tarde, superando el Estándar de Calidad Ambiental para Aire de 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para periodos de 8 horas, asimismo, las concentraciones de NO_2 registraron valores de 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en F. Vivanco-Día y 231 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Nery-Día, superando el ECA de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido para periodos de 1 hora.

Estos resultados son coherentes con lo señalado por la Organización Mundial de la Salud, la cual indica que condiciones de baja ventilación atmosférica favorecen la acumulación de contaminantes primarios emitidos por el tránsito vehicular, incrementando la exposición de la población en entornos urbanos con elevada congestión y limitada dispersión del aire (WHO, 2021). Del mismo modo, Seinfeld y Pandis (2016) sostienen que velocidades de viento reducidas y configuraciones urbanas cerradas favorecen la permanencia de contaminantes cerca de las fuentes de emisión, especialmente en corredores viales urbanos y zonas comerciales de alta densidad vehicular.

4.1.3. Análisis la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO_2

Se realizó un análisis correlacional entre el número de vehículos registrados y las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO_2); este procedimiento permitió evaluar no solo la magnitud del flujo vehicular, sino también su comportamiento como posible factor explicativo de la variabilidad de los contaminantes medidos en campo.

Con la finalidad de determinar el tipo de estadística inferencial más adecuada para el análisis correlacional, se evaluó previamente la distribución de normalidad de las variables concentración de Monóxido de Carbono (CO), concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y flujo vehicular. Debido a que el tamaño muestral fue menor a 50 observaciones, se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, considerada una de las más apropiadas para muestras pequeñas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2021). Esta prueba permitió comprobar si los datos presentan una distribución normal y, en función de ello, seleccionar una estadística paramétrica o no paramétrica para el análisis de correlación.

- H_0 : Los datos de las variables concentración de CO, concentración de NO_2 y flujo vehicular presentan distribución normal.

- H₁: Los datos de las variables concentración de CO, concentración de NO₂ y flujo vehicular no presentan distribución normal.

Tabla 10.

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para las variables concentración de CO, NO₂ y flujo vehicular

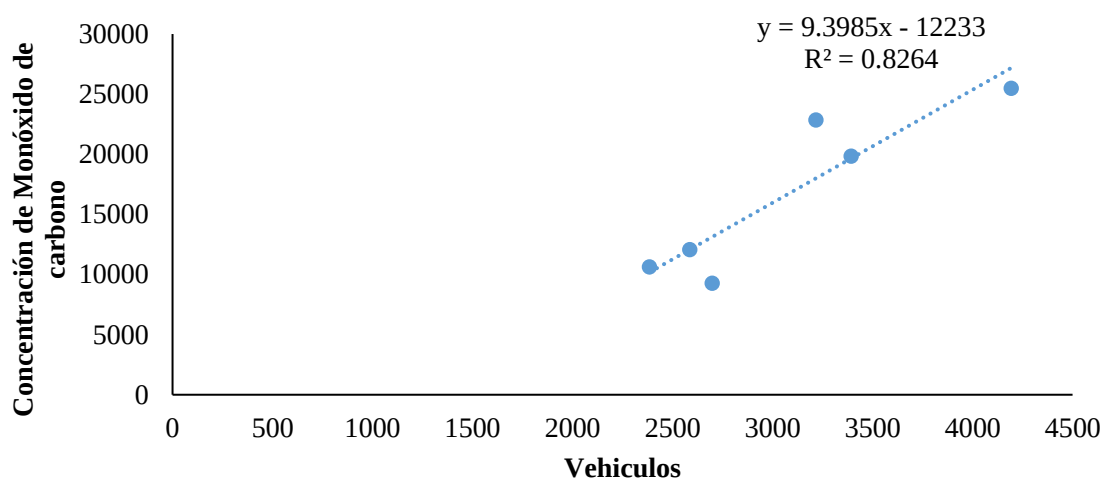
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de Monóxido de Carbono	0,888	6	0,306
Concentración de Dióxido de Nitrógeno	0,979	6	0,945
Vehículos	0,924	6	0,534

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk muestran que las variables concentración de Monóxido de Carbono, concentración de Dióxido de Nitrógeno y flujo vehicular presentan valores de significancia mayores a 0,05. En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula (H₀), concluyéndose que los datos presentan una distribución normal.

Con base en estos resultados, se determinó el uso de estadística paramétrica para el análisis inferencial, aplicándose el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO₂ en los puntos de monitoreo evaluados.

Figura 16.

Relación entre el flujo vehicular y la concentración de CO



La figura 16, muestra el gráfico de dispersión entre el número de vehículos ligeros y la concentración de Monóxido de Carbono (CO) registrada en los puntos de monitoreo, además se incorpora la línea de tendencia lineal de $y = 9.3985x - 12233$ y el coeficiente de determinación de $R^2 = 0.8264$, lo que permite visualizar la relación estadística entre ambas variables. Los datos provienen de los monitoreos de calidad del aire y conteos vehiculares realizados durante el periodo de estudio.

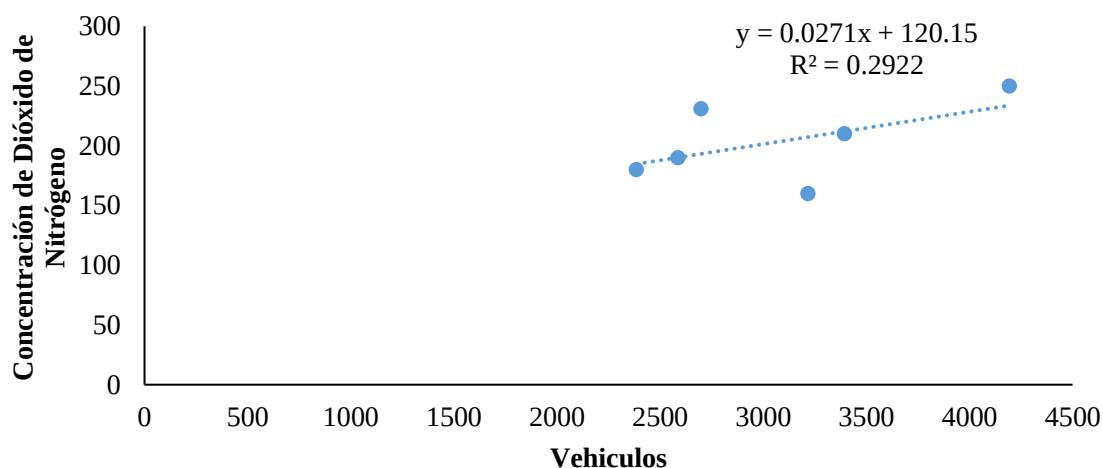
El comportamiento del gráfico evidencia una relación directa y marcada entre la cantidad de vehículos ligeros y los niveles de CO, ya que conforme aumenta el número de motocicletas, mototaxis, autos y camionetas, también se incrementan las concentraciones del contaminante, situación que se observa claramente en los puntos con mayores valores de tránsito ligero, como F.Vivanco, donde coinciden los registros más altos de CO

El valor de $R^2 = 0.8264$ indica que más del 82 % de la variación de las concentraciones de Monóxido de Carbono puede explicarse por el número de vehículos ligeros, lo que revela una asociación fuerte desde el punto de vista estadístico y ambiental, además la pendiente positiva de la ecuación de la recta confirma que el CO tiende a elevarse a medida que crece este tipo de flujo vehicular, coherente con el hecho de que estas unidades funcionan mayormente con gasolina y presentan frecuentes arranques, detenciones y circulación a baja velocidad en zonas comerciales

El gráfico respalda que los vehículos ligeros constituyen una fuente clave de emisiones de CO en el área de estudio, por lo que su control resulta fundamental para reducir la exposición de la población a este contaminante urbano.

Figura 17.

Relación entre el flujo vehicular y la concentración de NO₂



La figura 17, presenta el gráfico de dispersión entre el número de vehículos con mayor potencial de emisión (microbuses/combis y camiones medianos) y la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) registrada en los puntos de monitoreo, además se muestra la línea de tendencia lineal ($y = 0.0271x + 120.15$) y el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.2922$), lo que permite observar el grado de asociación entre ambas variables. Los datos proceden de los monitoreos ambientales y conteos vehiculares efectuados en el área de estudio.

El gráfico permite notar que existe una tendencia positiva entre la presencia de vehículos de mayor potencial de emisión y las concentraciones de NO₂, es decir que, al incrementarse el número de microbuses, combis y camiones medianos, los valores del contaminante tienden a elevarse, aunque este comportamiento no es uniforme en todos los puntos, lo que sugiere la influencia de otros factores como ventilación urbana, características de la vía o dinámica del tránsito

El valor de $R^2 = 0.2922$ indica que cerca del 29 % de la variación del NO₂ puede ser explicada por este tipo de vehículos, por lo tanto, la relación es moderada a baja en comparación con la observada para CO, sin embargo, la pendiente positiva de la ecuación confirma que sí existe una contribución de estas unidades, coherente con el hecho de que los motores diésel generan mayores emisiones de óxidos de nitrógeno durante procesos de combustión a alta temperatura

Aunque los vehículos pesados y de transporte público influyen en la presencia de NO_2 , los resultados muestran que no son el único factor determinante, por lo que la concentración de este gas responde a un conjunto de condiciones de tráfico y entorno urbano que actúan de manera conjunta.

Tabla 11.

Correlación de Pearson entre la concentración de Monóxido de Carbono (CO) y el flujo vehicular

Correlaciones			
		Concentración de Monóxido de Carbono	Vehículos
Concentración de Monóxido de Carbono	Correlación de Pearson	1	,909*
	Sig. (bilateral)		,012
	N	6	6
Vehículos	Correlación de Pearson	,909*	1
	Sig. (bilateral)	,012	
	N	6	6

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

Los resultados de la prueba de correlación de Pearson evidencian una relación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), obteniéndose un coeficiente de correlación de $r = 0,909$ y un nivel de significancia de $p = 0,012$, valor inferior a $\alpha = 0,05$.

Estos resultados indican que, a medida que aumenta el número de vehículos en los puntos de monitoreo evaluados, también se incrementan las concentraciones de CO en el aire ambiente. La elevada fuerza de correlación observada demuestra que el tránsito vehicular constituye un factor directamente asociado a la acumulación de Monóxido de Carbono en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1), concluyéndose que existe una relación significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones ambientales de Monóxido de Carbono (CO).

Tabla 12.

Correlación de Pearson entre el flujo vehicular y la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Correlaciones			
		Vehículos	Concentración de Dióxido de Nitrógeno
Vehículos	Correlación de Pearson	1	,541
	Sig. (bilateral)		,268
	N	6	6
Concentración de Dióxido de Nitrógeno	Correlación de Pearson	,541	1
	Sig. (bilateral)	,268	
	N	6	6

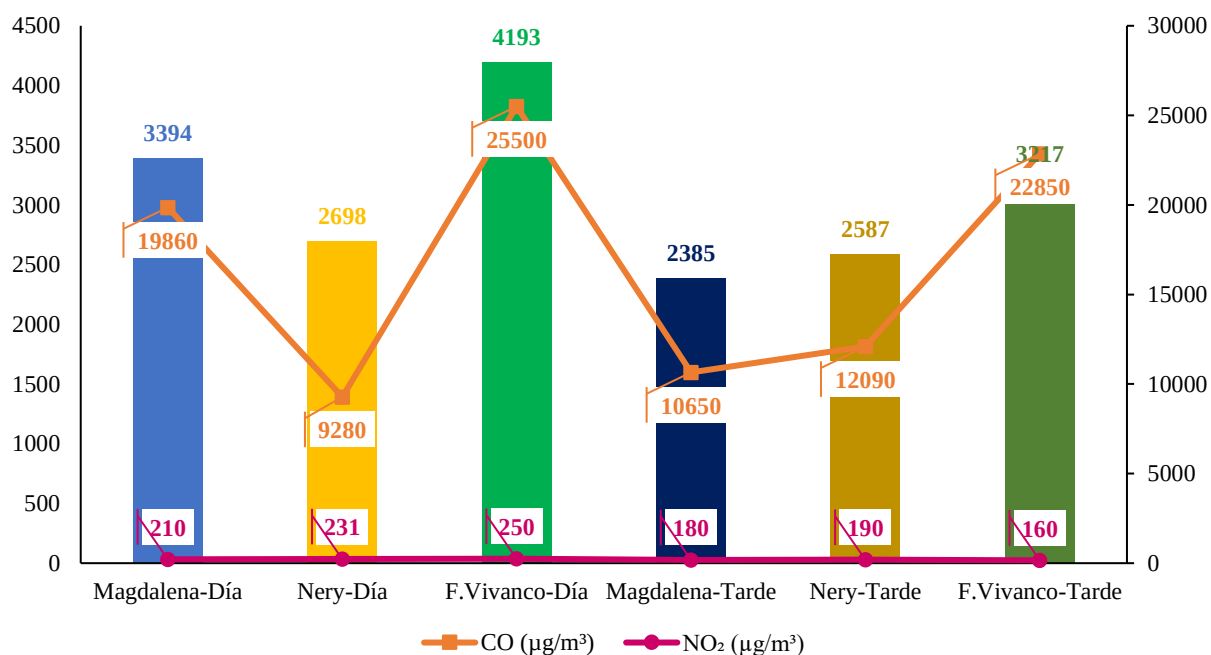
Los resultados de la prueba de correlación de Pearson muestran una relación positiva moderada entre el flujo vehicular y las concentraciones de Dióxido de Nitrógeno (NO₂), obteniéndose un coeficiente de correlación de $r = 0,541$. Sin embargo, el nivel de significancia obtenido fue $p = 0,268$, valor superior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$).

Estos resultados indican que, aunque existe una tendencia de incremento de las concentraciones de NO₂ conforme aumenta el flujo vehicular, dicha relación no es estadísticamente significativa en los puntos de monitoreo evaluados. Esto sugiere que el comportamiento del Dióxido de Nitrógeno no depende únicamente de la cantidad total de vehículos, sino también de otros factores como el tipo de combustible, la presencia de vehículos diésel, las condiciones de circulación y las variables meteorológicas presentes durante el monitoreo.

En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula (H₀), concluyéndose que no existe una relación estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones ambientales de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en los accesos evaluados de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

Tabla 13.*Comportamiento conjunto del tráfico vehicular y contaminantes por punto*

Punto	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Total de vehículos por punto
Magdalena-Día	19860	210	3394
Nery-Día	9280	231	2698
F.Vivanco-Día	25500	250	4193
Magdalena-Tarde	10650	180	2385
Nery-Tarde	12090	190	2587
F.Vivanco-Tarde	22850	160	3217

Figura 18.*Comportamiento conjunto del tráfico vehicular y contaminantes por punto*

La figura 18, presenta la relación entre el total de vehículos registrados en cada punto de monitoreo y las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂) medidas durante los periodos de evaluación. Se incluye la línea de tendencia para visualizar el comportamiento de los contaminantes frente a la variación del flujo vehicular. Los datos proceden de los conteos vehiculares y monitoreos de calidad del aire realizados en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

El comportamiento conjunto del flujo vehicular y de las concentraciones de CO y NO₂ evidencia una relación diferenciada entre ambos contaminantes frente al volumen total de tránsito, lo que permite comprender que la presión vehicular no impacta de manera uniforme sobre la calidad del aire; en el periodo diurno, el mercado Central F. Vivanco concentra el mayor número de vehículos con 4193 unidades y presenta simultáneamente las concentraciones más elevadas de CO y NO₂, alcanzando 25 500 µg/m³ y 250 µg/m³ respectivamente, situación que confirma que la alta intensidad vehicular, sumada a una mezcla que incluye transporte público y unidades de carga, favorece la acumulación de contaminantes en espacios con actividad comercial continua.

En el mercado Magdalena durante el día, aunque el flujo vehicular es menor que en F. Vivanco, se registran concentraciones elevadas de CO y valores de NO₂ que superan el estándar ambiental, lo que sugiere que la congestión, la circulación intermitente y la predominancia de vehículos ligeros influyen de manera directa en la generación de Monóxido de Carbono, mientras que el NO₂ responde además a la presencia de motores diésel y a condiciones operativas específicas del tránsito, en cambio, el mercado Nery presenta un comportamiento particular, ya que, aun con un flujo vehicular intermedio, registra concentraciones de NO₂ superiores al ECA durante el día, lo que evidencia que este contaminante no depende exclusivamente del número total de vehículos, sino también del tipo de unidades en circulación y de la dinámica vial local.

Durante el periodo de la tarde, se observa una reducción general del flujo vehicular y una disminución progresiva de las concentraciones de CO y NO₂ en Magdalena y Central F. Vivanco, lo que indica que la menor actividad comercial y la reducción del tránsito pesado contribuyen a una mejora relativa de la calidad del aire, especialmente en el caso del NO₂, no obstante, el CO mantiene valores elevados en todos los puntos incluso en horario vespertino, particularmente en Central F. Vivanco, lo que confirma que este contaminante responde de forma más directa al volumen total de tránsito y al predominio de vehículos ligeros que operan con combustión incompleta en condiciones urbanas de baja velocidad.

4.2. Discusión

En relación con el flujo vehicular registrado en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho, se identificaron diferencias importantes en la intensidad del tránsito entre los puntos evaluados, destacándose el mercado Central F. Vivanco durante el turno mañana (07:00–15:00 h), donde se registró el mayor flujo vehicular con 4193 vehículos, confirmando que los mercados de abasto constituyen espacios urbanos de alta atracción vehicular debido a la concentración de actividades comerciales, abastecimiento y transporte urbano que se desarrollan en sus alrededores, de manera similar, Vivanco (2024) en Lima y Celis (2024) en Huánuco reportaron que las zonas con mayor congestión vehicular presentan también mayores niveles de presión ambiental asociados a emisiones generadas por fuentes móviles, bajo ese contexto, la dinámica observada en Ayacucho refleja un patrón característico de ciudades intermedias donde el crecimiento del parque automotor supera la capacidad de la infraestructura vial existente.

En cuanto a la composición vehicular, predominó claramente el tránsito de motocicletas, mototaxis y automóviles particulares, categorías que concentraron aproximadamente el 78 % del parque vehicular total registrado durante el monitoreo, coincidiendo con lo señalado por Sharmilaa e Ilango (2022) y Unzueta (2023), quienes identificaron que los vehículos ligeros dominan la movilidad urbana en ciudades intermedias debido a su bajo costo operativo y facilidad de desplazamiento en vías congestionadas, por lo que, esta composición vehicular adquiere relevancia ambiental debido a que la mayoría de estas unidades opera con motores a gasolina, los cuales presentan mayores emisiones de Monóxido de Carbono bajo condiciones de circulación intermitente, arranques frecuentes y baja velocidad.

Respecto a las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), se registraron valores elevados principalmente en los accesos con mayor flujo vehicular y predominio de vehículos ligeros, uno de ello fue el punto F. Vivanco - Día que alcanzó la mayor concentración con 25 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, superando ampliamente el Estándar de Calidad Ambiental para Aire de 10 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas, asimismo, Magdalena - Día registró 19 860 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que Nery - Tarde alcanzó 12 090 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valores que también excedieron el límite normativo, evidenciando una acumulación significativa de CO en zonas con intensa actividad vehicular y comercial, aquello, coincide con los hallazgos de Chu et al. (2022), quienes demostraron que las concentraciones de CO aumentan considerablemente en vías urbanas congestionadas

debido a la combustión incompleta en motores a gasolina, del mismo modo, Zuraski et al. (2025) reportaron que las emisiones reales de CO bajo condiciones urbanas suelen superar las estimaciones teóricas debido a desaceleraciones constantes, detenciones frecuentes y circulación intermitente.

Desde la perspectiva de la salud pública, estos resultados resultan relevantes debido a que el Monóxido de Carbono interfiere directamente en la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno en la sangre, pudiendo generar efectos adversos en exposiciones prolongadas (WHO, 2021), en espacios como los mercados de abasto, donde comerciantes, transportistas y usuarios permanecen varias horas al día, la exposición continua a concentraciones elevadas de CO representa un riesgo potencial que generalmente no es considerado en la planificación urbana local.

En relación con el Dióxido de Nitrógeno (NO₂), el comportamiento observado fue diferente al registrado para el CO, presentándose una mayor variabilidad espacial y temporal entre los puntos evaluados, las concentraciones más elevadas se registraron en F. Vivanco-Día con 250 µg/m³ y Nery - Día con 231 µg/m³, superando el Estándar de Calidad Ambiental para Aire establecido en 200 µg/m³ para una hora de exposición, lo que sugiere una mayor influencia de vehículos diésel, especialmente microbuses, combis y camiones medianos, los cuales presentan mayores emisiones de óxidos de nitrógeno debido a sus condiciones de combustión, aquello coinciden con lo señalado por Brimblecombe et al. (2023), quienes sostienen que las emisiones de NO₂ dependen significativamente del tipo de combustible y de la tecnología vehicular utilizada, asimismo, Gurecki et al. (2025) encontraron que los vehículos diésel pesados presentan mayores factores de emisión de NO_x bajo condiciones reales de circulación urbana.

El análisis temporal del NO₂ también evidenció que este contaminante no depende exclusivamente del volumen vehicular total, sino también de la composición del tránsito y de la distribución horaria de las unidades vehiculares. Yirdaw et al. (2025) demostraron que las concentraciones de NO₂ varían significativamente entre periodos del día debido a la interacción entre tráfico vehicular, condiciones meteorológicas y características geométricas de las vías urbanas.

En relación con los factores meteorológicos, las rosas de viento elaboradas mediante el software WRPLOT evidenciaron velocidades relativamente bajas, con promedios de 1,82 m/s y direcciones predominantes desde los cuadrantes nororiental (NE–NNE–ENE) y suroriental (SE–SSE), favoreciendo a una dispersión limitada de contaminantes y contribuyen a su acumulación cerca de las fuentes de emisión, Seinfeld y Pandis (2016) sostienen que en entornos urbanos con ventilación reducida los contaminantes primarios tienden a concentrarse en zonas próximas a vías de tráfico intenso, incrementando la exposición de la población, bajo ello, la combinación de calles estrechas, edificaciones continuas, comercio ambulatorio y tráfico intenso contribuye directamente a explicar las concentraciones registradas durante el monitoreo.

El análisis correlacional permitió evaluar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de contaminantes atmosféricos, se evidenció una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono, obteniéndose un coeficiente de Pearson de $r = 0,909$ y un nivel de significancia de $p = 0,012$, estos resultados confirman que el incremento del número de vehículos influye directamente en el aumento de las concentraciones de CO, especialmente en zonas dominadas por transporte ligero, estos resultados similares fueron reportados por Apaza (2023) y Morales (2024), quienes también identificaron asociaciones significativas entre tránsito vehicular y concentraciones de CO en entornos urbanos.

Por el contrario, la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de NO₂ fue moderada con un r de 0,541 y no estadísticamente significativa de p con 0,268, lo que evidencia que este contaminante se encuentra influenciado por múltiples factores adicionales, incluyendo el tipo de combustible, la proporción de vehículos diésel, la ventilación urbana y las condiciones meteorológicas presentes durante el monitoreo, lo que coincide con lo señalado por Fisher et al. (2024), quienes demostraron que las variaciones de NO₂ responden no solo al tránsito vehicular, sino también a factores atmosféricos y urbanos que modifican su dispersión y permanencia.

Desde la perspectiva de la gestión urbana y las políticas públicas, los resultados obtenidos evidencian la necesidad de fortalecer las estrategias de control del tránsito vehicular en zonas comerciales de alta concentración poblacional, por lo que, diferentes experiencias internacionales muestran que medidas como la restricción de vehículos pesados en horarios punta, la reorganización de zonas de carga y descarga y la modernización del

transporte público contribuyen significativamente a la reducción de contaminantes atmosféricos urbanos (European Environment Agency, 2022), localmente, la limitada disponibilidad de información técnica sobre calidad del aire ha dificultado históricamente la implementación de medidas específicas de control ambiental, por lo que la presente investigación aporta información relevante para la planificación urbana y ambiental local.

Finalmente, se reconoce como limitación del estudio el hecho de que el monitoreo fue realizado en un periodo temporal específico correspondiente a días de elevada actividad comercial previa a festividades navideñas, por lo que, futuras investigaciones podrían incorporar evaluaciones estacionales y monitoreos de mayor duración para analizar el comportamiento de los contaminantes durante diferentes épocas del año, no obstante, la coherencia observada entre los resultados obtenidos y los antecedentes nacionales e internacionales permite inferir que los patrones identificados reflejan una dinámica estructural del tránsito urbano en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.

V. CONCLUSIONES

Se determinó que el acceso al mercado Central F. Vivanco registró el mayor flujo vehicular durante el periodo mañana (07:00–15:00 h), alcanzando un total de 4193 vehículos, seguido de F. Vivanco–Tarde con 3217 vehículos y Magdalena–Día con 3394 vehículos. Asimismo, la composición vehicular estuvo dominada principalmente por motocicletas, mototaxis y automóviles, categorías que representaron aproximadamente el 78 % del flujo total registrado en los puntos de monitoreo. Estos resultados evidencian que los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho funcionan como zonas urbanas de elevada presión vehicular, caracterizadas por una intensa circulación de transporte ligero y colectivo durante las horas de mayor actividad comercial.

Se identificó que las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) superaron el Estándar de Calidad Ambiental para Aire ($10\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 8 horas) en cinco de los seis puntos evaluados. Las mayores concentraciones se registraron en F. Vivanco–Día con $25\,500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, Magdalena–Día con $19\,860\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y F. Vivanco–Tarde con $22\,850\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. En el caso del Dióxido de Nitrógeno (NO_2), las mayores concentraciones se presentaron en F. Vivanco–Día con $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Nery–Día con $231\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores que superaron el Estándar de Calidad Ambiental para Aire de $200\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1 hora. Estos resultados demuestran que las zonas con mayor congestión vehicular presentan mayores niveles de contaminación atmosférica, especialmente en horarios de intensa actividad comercial y presencia de vehículos diésel.

Se comprobó que existe una relación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO), obteniéndose un coeficiente de correlación de Pearson de $r = 0,909$ y un nivel de significancia de $p = 0,012$, lo que indica que el incremento del número de vehículos influye directamente en el aumento de las concentraciones de CO en el aire ambiente. Por otro lado, la relación entre el flujo vehicular y el Dióxido de Nitrógeno (NO_2) fue positiva moderada ($r = 0,541$), aunque no significativa estadísticamente ($p = 0,268$), evidenciando que el comportamiento del NO_2 no depende únicamente del volumen total de tránsito, sino también de factores como la presencia de vehículos diésel, las condiciones meteorológicas y las características de ventilación urbana en los accesos evaluados.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huamanga, a través de la Gerencia de Transportes y la Gerencia de Gestión Ambiental, implementar planes integrales de gestión del tránsito en los accesos a los mercados de abasto del distrito de Ayacucho, especialmente en los mercados Central F. Vivanco, Nery García Zárate y Magdalena, debido a que en estos puntos se registraron las mayores concentraciones de contaminantes atmosféricos y los niveles más altos de flujo vehicular.

Asimismo, se recomienda a la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Ayacucho (DRTC-Ayacucho), en coordinación con la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN) y la Policía Nacional del Perú – División de Tránsito, fortalecer los programas de fiscalización vehicular y control de emisiones contaminantes en zonas comerciales de alta congestión.

Se recomienda al Ministerio del Ambiente (MINAM), en coordinación con la Municipalidad Provincial de Huamanga y la Dirección Regional de Salud de Ayacucho (DIRESA Ayacucho), implementar un programa permanente de monitoreo de calidad del aire en entornos comerciales y corredores urbanos con elevada congestión vehicular.

De igual manera, se recomienda a la Municipalidad Provincial de Huamanga y a la Subgerencia de Desarrollo Económico y Comercial incorporar criterios de ventilación urbana y ordenamiento territorial en la planificación y gestión de los mercados de abasto, promoviendo la liberación de vías congestionadas, la reorganización del comercio ambulatorio y la ampliación de espacios peatonales en los accesos con mayor concentración vehicular.

Finalmente, se recomienda a las universidades, instituciones de investigación y autoridades ambientales locales desarrollar estudios complementarios sobre contaminación atmosférica en la ciudad de Ayacucho, incorporando evaluaciones estacionales, monitoreo de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), modelamiento de dispersión atmosférica y análisis epidemiológicos relacionados con enfermedades respiratorias.

VII. REFERENCIAS

- Álvarez, L. (2022). What Is Peak Hour Factor (PHF)? Urban logiq. <https://urbanlogiq.com/what-is-peak-hour-factor-phf>
- Apaza, C. (2023). Niveles de concentración de CO₂, NO₂, CO y H₂S por el tránsito vehicular en la calidad del aire, ctra. Panamericana sur 2, Ica, 2022 [Tesis, Universidad Nacional San Luis Gonzaga]. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/5678>
- Asociación Automotriz del Perú (AAP). (2024). *Contaminación del aire y su relación con el parque automotor en el Perú*. <https://www.aap.org.pe/informes/contaminacion-aire-parque-automotor-2024>
- Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU). (2023). *Diagnóstico de emisiones del parque automotor 2023*. <https://www.atu.gob.pe/diagnostico-emisiones-2023>
- Bañón, L., & Beviá, J. F. (2000). Manual de carreteras. Enrique Ortiz e Hijos.
- Benites-Morales, D., & Pacsi-Valdivia, V. (2023). Análisis temporal de los contaminantes atmosféricos (NO₂, O₃ troposférico y CO) y su relación con la temperatura del aire y la radiación solar en Lima Metropolitana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 40(1), 17–25. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.401.12452>
- Brimblecombe, P., Lai, S. C., & Davies, M. (2023). Roadside NO₂/NO_x and primary NO₂ from individual vehicles. *Atmospheric Environment*, 295, 119548. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119562>
- Celis, L. (2024). Determinación de los niveles de concentración de gases, generados en las zonas de mayor congestionamiento vehicular, Huánuco – 2019 [Tesis, Universidad de Huánuco]. <https://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/5295>
- Céliz Chávez, C. V., & Chura Flores, C. J. (2024). *Evaluación de la concentración de CO y NO₂ debido al tránsito vehicular en la proximidad a centros educativos – Cercado de Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3589>
- Chu, M., Brimblecombe, P., Wei, P., Liu, C. H., Du, X., Sun, Y., Yam, Y. S., & Ning, Z. (2022). *Kerbside NO_x and CO concentrations and emission factors of vehicles on a*

- busy road. *Atmospheric Environment*, 271, Article 118878. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118878>
- Chura Flores, C. J., & Céliz Chávez, C. V. (2024). *Evaluación de la concentración de CO y NO₂ debido al tránsito vehicular en la proximidad a centros educativos – Cercado de Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3589>
- Congreso de la República. (2005). Ley N° 28611—Ley General del Ambiente. 46.
- Congreso de la República. (2020). Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre. <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Ley-N-27181-Ley-General-de-Transporte-y-Tr%C3%A1nsito-Terrestre.pdf>
- Corsán, S. (2021). Clasificación del vehículo. <https://homologacion-vehiculos.com/tag/corsan/page/2/>
- De Santis, D., Amici, S., Milesi, C., Muroli, D., Romanino, A., Casari, C., Cannas, V., & Del Frate, F. (2023). Tracking air quality trends and vehicle traffic dynamics at urban scale using satellite and ground data before and after the COVID-19 outbreak. *Science of The Total Environment*, 899, 165464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165464>
- Dheekwal, A., Singh, K., & Sharma, A. (2025). GIS-based modeling of traffic-related air pollution and public health risks: A systematic review with an emphasis on developing urban contexts. *Computational Urban Science*, 5(1), 65. <https://doi.org/10.1007/s43762-025-00225-6>
- Ferrua, D. (2023). Influencia del tráfico vehicular en la contaminación del aire en el distrito de San Juan Bautista, región Ayacucho – 2023 [Tesis, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6096>
- Fisher, B. L., Lamsal, L. N., Fasnacht, Z., Oman, L. D., Joiner, J., Krotkov, N. A., Choi, S., Qin, W., & Yang, E.-S. (2024). Revised estimates of NO₂ reductions during the COVID-19 lockdowns using updated TROPOMI NO₂ retrievals and model simulations. *Atmospheric Environment*, 326, 120459. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120459>

- Gurecki Allen, A. L., Reeves, E., & Sonntag, D. B. (2025). Comparison of Road-Side Emissions Measurements from Heavy-Duty Diesel Vehicles to MOVES5. *Atmosphere*, 16(11), 1244. <https://doi.org/10.3390/atmos16111244>
- Hernandez, R., Zapata Salazar, N., & Mendoza Torres, C. (2013). Metodologia Investigacion. https://www.esup.edu.pe/descargas/valotario_coem/2017/1%20Hernandez-Zapata%20y%20Mendoza-Metodologia%20Investigacion.pdf
- Instituto de movilidad. (2025). Modelos de Demanda de Transporte. <https://institutodemovilidad.com/modelizacion-transporte>
- Madrid salud. (2020). Dióxido de Nitrógeno y salud. <https://madridsalud.es/dioxido-de-nitrogeno-y-salud>
- Mei, H., Wang, L., Wang, M., Zhu, R., Wang, Y., Li, Y., Zhang, R., Wang, B., & Bao, X. (2021). Characterization of Exhaust CO, HC and NO_x Emissions from Light-Duty Vehicles under Real Driving Conditions. *Atmosphere*, 12(9), 1125. <https://doi.org/10.3390/atmos12091125>
- Ministerio de Ambiente. (2017). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM.-. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. 4.
- Ministerio del Ambiente. (2019). Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/protocolo_monitoreo_aire.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2021). Decreto Supremo N.° 023-2021-MINAM - Aprueban la Política Nacional del Ambiente al 2030. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037168/D.S.%20023-2021-MINAM.pdf?v=1627230844>
- Morales, L. (2024). Tráfico vehicular y concentración de CO, NO₂ y SO₂ en vías designadas para ciclovía, Tarapoto [Tesis, Universidad Nacional de San Martín].

<https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/ba50c8dd-5e8d-4de7-8792-ca008877ada3/content>

Mucha, W., & Mainka, A. (2026). Exposure to Nitrogen Dioxide (NO₂) Emitted from Traffic-Related Sources: Review. *Applied Sciences*, 16(2), 859. <https://doi.org/10.3390/app16020859>

Navarro, S. (2017). Ingeniería del tránsito (Universidad Nacional de Ingeniería, Vol. 1). <https://es.scribd.com/document/406998339/LIBRO-INGENIERIA-DE-TRANSITO-SERGIO-NAVARRO-pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2024). Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud. OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health>

Organización Panamericana de la Salud. (2024). Calidad del aire. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

Ortiz, L. (2025). Congestión vehicular del transporte urbano y su influencia en la contaminación atmosférica en el Distrito de Huacho—2021 [Tesis, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. <http://hdl.handle.net/20.500.14067/11800>

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change (3rd ed.). John Wiley & Sons. ISBN: 1118947401

Sharmilaa, G., & Ilango, T. (2022). Vehicular air pollution based on traffic density—A case study. *Materials Today: Proceedings*, 52, 532-536. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.278>

Pacura, W., Szramowiat-Sala, K., & Gołaś, J. (2023). Emissions from Light-Duty Vehicles—From Statistics to Emission Regulations and Vehicle Testing in the European Union. *Energies*, 17(1), 209. <https://doi.org/10.3390/en17010209>

Pandian, S., Gokhale, S., & Ghoshal, A. K. (2009). Evaluating effects of traffic and vehicle characteristics on vehicular emissions near traffic intersections. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(3), 180-196. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.12.001>

United States Environmental Protection Agency. (2025). National Air Quality: Status and Trends of Key Air Pollutants. <https://www.epa.gov/air-trends>

- Unzueta, A. (2023). Niveles de CO y CO₂ generado por el tráfico vehicular de marzo—Julio en la ciudad de Tingo María—Huánuco, 2023 [Tesis]. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*.
- Valeriano, W., Flores, G. A., & Salazar, R. G. (2025). Reducción del congestionamiento vehicular mediante coordinación semafórica de bajo costo: Estudio en una ciudad intermedia. *Ingeniería investiga*, 7. <https://doi.org/10.47796/ing.v7i00.1300>
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
- Yirdaw, A. A., Ejeso, A., Mokie Belayneh, S., Yohannes, L., Bezie, A. E., & Beyene, E. M. (2025). Concentration of traffic air pollutants and influencing metrological factors in Hawassa City roadways, *Ethiopia*. *Frontiers in Public Health*, 12, 1510194. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1510194>
- Zuraski, K., Harkins, C., Peischl, J., Coggon, M. M., Stockwell, C. E., Robinson, M. A., Gilman, J., Warneke, C., McDonald, B. C., & Brown, S. S. (2025). On-Road Measurements of Nitrogen Oxides, CO, CO₂, and VOC Emissions in Two Southwestern U.S. Cities. *ACSEST Air*, 2(4), 589-598. <https://doi.org/10.1021/acsestair.4c00316>

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General	General	General	V.I.	- Intensidad vehicular - Tipo de vehículo - Horario de circulación	- Flujo vehicular promedio (vehículos/hora) - % de vehículos - Variación horaria del flujo vehicular	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Nivel: Descriptivo correlacional Diseño: No experimental Población: Todos los vehículos motorizados que circulan por las zonas con mayor flujo vehicular de los mercados. Muestra: Vehículo motorizados que circulan en 3 puntos de monitoreo Técnica: Observación y Monitoreo Instrumento: Ficha de registro vehicular Análisis de datos: Estadístico descriptivo e inferencial
¿De qué manera el tráfico vehicular influye en las concentraciones de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante el año 2025?	Evaluar la influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante el año 2025.	El tráfico vehicular influye en las concentraciones de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho durante en el año 2025.	Tráfico vehicular			
Específicas	Específicas	Específicas	V.D.	- Contaminación por CO - Contaminación por NO ₂ - Cumplimiento normativo	- Concentración de CO (µg/m ³) - Concentración de NO ₂ (µg/m ³) - % de cumplimiento del ECA para aire	
¿Cómo es la intensidad vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho?	Determinar el flujo vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.	Existe un incremento significativo del flujo vehicular en los accesos principales de los mercados de abasto del distrito de Ayacucho en las horas de mayor actividad comercial.	Concentraciones de CO y NO ₂			
¿Cuáles son las concentraciones ambientales de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho?	Determinar las concentraciones ambientales de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.	Las concentraciones de CO y NO ₂ presentan variaciones significativas durante las horas punta en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.				
¿Qué relación existe entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO ₂ ?	Analizar la relación entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO ₂ .	Existe una relación estadísticamente significativa entre el flujo vehicular y las concentraciones de CO y NO ₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho.				

Anexo 2.*Ficha de registro vehicular.***FICHA DE REGISTRO VEHICULAR**

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: _____
- Fecha (dd/mm/aaaa): _____
- Punto de conteo / Mercado: _____
- Coordenadas (GPS): _____
- Observador(a): _____
- Hora de inicio: _____
- Hora de fin: _____
- Duración: _____
- Dirección del flujo observado:
☐ Entrada ☐ Salida ☐ Ambas
- Condición climática:
☐ Soleado ☐ Nublado ☐ Lluvia ☐ Viento ☐ Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): _____

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- ☐ Motocicletas
- ☐ Mototaxiss
- ☐ Autos
- ☐ Camionetas
- ☐ Buses / Combis / Colectivos/micros
- ☐ Camiones medianos
- ☐ Otros (especificar): _____

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: _____ h
- Total vehículos del día: _____ veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): _____ [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

Anexo 3.

Informe de opinión de expertos.

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS

I. **Título de la investigación:** Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025.

II. **Nombre del instrumento:** Ficha de Registro Vehicular.

III. **Nombre del investigador:** Luis Fernando Moreyra Quispe.

IV. **Indicación:** Estimado maestro, agradeceré infinitamente que marque con un aspa (x) en el recuadro que correspondiente a su respuesta y escriba en los espacios en blanco sus observaciones y sugerencias en relación a los ítems propuestos.

Emplee los siguientes criterios:

ASPECTOS DE LA VALIDACION		DEFICIENTE				BAJA				REGULAR				BUENO				MUY BUENO				TOTAL	SUGERENCIAS O RECOMENDACIONES
Indicadores	Criterios	0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96		
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100		
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje propio															X						75	
2. OBJETIVIDAD	Está expresado en conductas observables															X						75	
3. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica y coherente de los ítems																X					80	
4. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad															X						75	
5. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar los indicadores															X						75	
6. CONSISTENCIA	Adecuado para establecer (relación en las variables)															X						75	
7. COHERENCIA	Entre los temas e indicadores																X					80	
8. METODOLOGÍA	La estrategia responde al producto de investigación																X					80	
9. PERTINENCIA	Es útil y adecuado para la investigación																X					80	
Promedio de validación																						77	Bueno
Opinión de aplicabilidad:																							

Marque con "X" resultado de validación: Deficiente () Baja () Regular () Bueno (x) Muy bueno ()

Nombres y apellidos:	YOMER CISNEROS AGUIRRE	 Yomer Cisneros Aguirre INGENIERO EN AMBIENTE Y DESARROLLO CIP N° 303048 FIRMA Y SELLO
N° DNI:	71390620	
Celular:	935243569	
Título profesional:	ING. EN AMBIENTE Y DESARROLLO	
Grado académico:	MSc. INGENIERÍA Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	
Fecha y lugar:	HUANO, 11 DE DICIEMBRE DEL 2025	

Anexo 4.

Ficha de registro vehicular llenada (Mercado Magdalena Dia).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-01
- Fecha (dd/mm/aaaa): 15/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: Magdalena
- Coordenadas (GPS): E: 0584478 N: 8545209
- Observador(a): Morcyra Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 07:00
- Hora de fin: 15:00
- Duración: 08 horas
- Dirección del flujo observado:
() Entrada () Salida ☒ Ambas
- Condición climática:
☒ Soleado ☒ Nublado () Lluvia () Viento () Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): NA

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- ☒ Motocicletas
- ☒ Mototaxis
- ☒ Autos
- ☒ Camionetas
- ☒ Buses / Combis / Colectivos/micros
- ☒ Camiones medianos
- ☒ Otros (especificar): Motocarga, Retroescavadora, buses interprovincial

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 3394 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 424 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

3. REGISTRO POR INTERVALOS (15 minutos)

Complete una fila por cada intervalo.

Intervalo inicio	Intervalo final	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Buses/ Combis	Camiones medianos	Otros	Total intervalo	Observaciones
07:00	07:15	43	33	28	14	24	04	03	149	Alto trafico
07:15	07:30	37	31	24	11	21	03	06	133	Alto trafico
07:30	07:45	33	31	27	17	20	08	07	143	Alto trafico
07:45	08:00	41	27	25	13	14	06	03	129	Alto trafico
08:00	08:15	34	28	28	11	23	07	07	138	Alto trafico
08:15	08:30	38	27	27	14	21	06	09	142	Alto trafico
08:30	08:45	36	28	26	18	20	01	03	132	Alto trafico
08:45	09:00	31	26	22	16	23	04	06	128	Alto trafico
09:00	09:15	29	27	24	13	26	05	03	127	Alto trafico
09:15	09:30	37	24	31	11	17	04	01	125	Alto trafico
09:30	09:45	36	21	23	17	23	07	03	130	Alto trafico
09:45	10:00	34	26	20	18	13	06	00	117	Alto trafico
10:00	10:15	38	21	16	19	16	09	00	119	Alto trafico
10:15	10:30	37	18	13	14	18	06	06	112	Alto trafico
10:30	10:45	32	15	17	20	14	04	00	102	Alto trafico
10:45	11:00	39	12	13	17	13	03	03	100	Alto trafico
11:00	11:15	30	15	18	16	14	04	00	97	Alto trafico
11:15	11:30	38	27	11	14	13	09	04	116	Alto trafico
11:30	11:45	32	18	16	16	14	07	00	103	Alto trafico
11:45	12:00	39	17	13	14	13	06	06	108	Alto trafico
12:00	12:15	40	18	14	16	14	07	00	109	Alto trafico
12:15	12:30	38	11	09	10	09	04	04	85	Alto trafico
12:30	12:45	32	10	14	09	10	06	00	81	Alto trafico
12:45	13:00	34	13	12	11	11	04	04	89	Alto trafico
13:00	13:15	16	11	10	10	18	00	00	65	Alto trafico
13:15	13:30	21	13	12	11	16	01	04	78	Alto trafico
13:30	13:45	26	11	14	08	14	00	00	73	Alto trafico
13:45	14:00	18	27	16	13	11	00	03	88	Alto trafico
14:00	14:15	14	11	15	14	18	01	00	73	Alto trafico
14:15	14:30	13	15	14	08	16	00	01	67	Alto trafico
14:30	14:45	11	10	18	09	13	00	00	61	Alto trafico
14:45	15:00	18	17	11	11	14	02	02	75	Alto trafico

Anexo 5.

Ficha de registro vehicular llenada (Nery García Zarate Tarde).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-02
- Fecha (dd/mm/aaaa): 15/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: NERY GARCIA Zarate
- Coordenadas (GPS): E: 0583503 N: 0546237
- Observador(a): Mercyra Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 16:00
- Hora de fin: 00:00
- Duración: 08:00
- Dirección del flujo observado:
() Entrada () Salida ☒ Ambas
- Condición climática:
☒ Soleado ☒ Nublado ☒ Lluvia () Viento () Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): NA

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- ☒ Motocicletas
- ☒ Mototaxis
- ☒ Autos
- ☒ Camionetas
- ☒ Buses / Combis / Colectivos/micros
- ☒ Camiones medianos
- ☒ Otros (especificar): Helicarga.

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 2587 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 323 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

Anexo 6.

Ficha de registro vehicular llenada (Andrez F. Vivanco Dia).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-03
- Fecha (dd/mm/aaaa): 16/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: Andrez F. Vivanco
- Coordenadas (GPS): E: 0583649 N: 8544725
- Observador(a): Mateo Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 07:00
- Hora de fin: 15:00
- Duración: 08 horas
- Dirección del flujo observado:
 - ☐ Entrada ☐ Salida ☒ Ambas
- Condición climática:
 - ☐ Soleado ☒ Nublado ☒ Lluvia ☐ Viento ☐ Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): _____

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- ☒ Motocicletas
- ☒ Mototaxis
- ☒ Autos
- ☒ Camionetas
- ☒ Buses / Combis / Colectivos/micros
- ☒ Camiones medianos
- ☒ Otros (especificar): Motocarga

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 4193 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 524 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

3. REGISTRO POR INTERVALOS (15 minutos)

Complete una fila por cada intervalo.

Intervalo inicio	Intervalo final	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Buses/ Combis	Camiones medianos	Otros	Total intervalo	Observaciones
07:00	07:15	35	23	45	10	39	09	03	164	Alto trafico
07:15	07:30	41	16	46	06	44	08	00	161	Alto trafico
07:30	07:45	25	11	49	16	36	10	00	147	Alto trafico
07:45	08:00	22	23	51	08	39	05	01	149	Alto trafico
08:00	08:15	18	21	56	05	26	06	02	134	Alto trafico
08:15	08:30	18	18	53	06	23	08	00	126	Alto trafico
08:30	08:45	15	18	51	13	29	02	01	129	Alto trafico
08:45	09:00	30	23	58	05	37	05	02	160	Alto trafico
09:00	09:15	09	28	46	08	16	06	00	113	Alto trafico
09:15	09:30	17	28	51	06	31	12	00	145	Alto trafico
09:30	09:45	22	13	46	11	23	14	00	129	Alto trafico
09:45	10:00	18	15	53	06	31	05	03	131	Alto trafico
10:00	10:15	23	18	49	10	23	06	00	129	Alto trafico
10:15	10:30	22	15	43	13	23	09	01	126	Alto trafico
10:30	10:45	10	28	46	06	29	07	00	126	Alto trafico
10:45	11:00	17	13	53	03	23	11	00	120	Alto trafico
11:00	11:15	14	26	51	06	18	06	01	122	Alto trafico
11:15	11:30	14	15	56	06	29	03	00	123	Alto trafico
11:30	11:45	18	16	45	02	19	06	03	109	Alto trafico
11:45	12:00	17	16	45	10	23	08	04	123	Alto trafico
12:00	12:15	27	23	53	05	19	02	01	130	Alto trafico
12:15	12:30	18	15	53	10	26	12	00	133	Alto trafico
12:30	12:45	23	21	51	06	24	08	00	133	Alto trafico
12:45	13:00	21	26	45	02	19	08	00	121	Alto trafico
13:00	13:15	15	20	49	06	29	10	00	129	Alto trafico
13:15	13:30	23	24	48	11	26	07	02	141	Alto trafico
13:30	13:45	10	18	43	10	28	08	00	117	Alto trafico
13:45	14:00	22	21	59	10	29	02	01	144	Alto trafico
14:00	14:15	18	23	45	10	24	06	00	126	Alto trafico
14:15	14:30	12	20	48	06	26	08	02	122	Alto trafico
14:30	14:45	10	11	45	10	23	06	04	109	Alto trafico
14:45	15:00	12	24	48	13	23	00	01	121	Alto trafico

Anexo 7.

Ficha de registro vehicular llenada (Mercado Magdalena Tarde).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-04
- Fecha (dd/mm/aaaa): 16/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: Magdalena
- Coordenadas (GPS): E: 0584478 N: 8545209
- Observador(a): Morera Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 16:00
- Hora de fin: 00:00
- Duración: 08 horas
- Dirección del flujo observado:
() Entrada () Salida (x) Ambas
- Condición climática:
() Soleado (x) Nublado (x) Lluvia () Viento () Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): NA

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- (x) Motocicletas
- (x) Mototaxis
- (x) Autos
- (x) Camionetas
- (x) Buses / Combis / Colectivos/micros
- (x) Camiones medianos
- (x) Otros (especificar): Motocarga, retroescudera, buses interprovincial

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 2385 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 298 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

3. REGISTRO POR INTERVALOS (15 minutos)

Complete una fila por cada intervalo.

Intervalo inicio	Intervalo final	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Buses/ Combis	Camiones medianos	Otros	Total intervalo	Observaciones
16:00	16:15	32	27	20	12	17	03	08	119	Alto trafico
16:15	16:30	30	25	25	10	15	02	04	111	Alto trafico
16:30	16:45	28	22	22	15	14	02	05	113	Alto trafico
16:45	17:00	35	23	21	22	10	04	02	122	Alto trafico
17:00	17:15	28	20	20	14	16	05	09	112	Alto trafico
17:15	17:30	32	19	19	12	15	04	06	107	Alto trafico
17:30	17:45	31	20	18	16	14	06	02	107	Alto trafico
17:45	18:00	27	18	23	11	16	04	04	103	Alto trafico
18:00	18:15	29	19	17	09	18	05	02	99	Alto trafico
18:15	18:30	26	21	22	15	12	03	01	100	Alto trafico
18:30	18:45	28	22	16	12	16	05	02	101	Alto trafico
18:45	19:00	34	18	14	13	09	04	04	96	Alto trafico
19:00	19:15	29	15	11	19	11	06	03	94	Alto trafico
19:15	19:30	26	13	09	10	13	04	04	79	Alto trafico
19:30	19:45	28	16	12	14	10	03	09	92	Alto trafico
19:45	20:00	29	12	09	12	09	04	04	79	Alto trafico
20:00	20:15	28	14	13	11	10	03	01	80	Alto trafico
20:15	20:30	27	14	08	10	09	06	03	82	Alto trafico
20:30	20:45	28	13	11	11	10	05	06	84	Alto trafico
20:45	21:00	30	12	09	10	09	04	04	78	Alto trafico
21:00	21:15	28	13	10	11	10	05	05	82	Alto trafico
21:15	21:30	18	08	06	07	06	03	03	51	Alto trafico
21:30	21:45	17	07	05	06	07	04	04	50	Alto trafico
21:45	22:00	19	09	02	08	06	03	03	50	Alto trafico
22:00	22:15	11	08	03	07	00	00	00	29	bajo trafico
22:15	22:30	15	09	00	08	01	01	00	34	bajo trafico
22:30	22:45	18	08	04	02	00	00	00	32	bajo trafico
22:45	23:00	13	19	02	01	00	00	00	35	bajo trafico
23:00	23:15	10	08	02	00	00	01	00	21	bajo trafico
23:15	23:30	09	05	01	03	00	00	00	18	bajo trafico
23:30	23:45	08	07	00	01	00	00	00	16	bajo trafico
23:45	00:00	04	03	00	02	00	00	00	09	bajo trafico

Anexo 8.

Ficha de registro vehicular llenada (Nery García Zarate Dia).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-05
- Fecha (dd/mm/aaaa): 17/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: Nery García Zarate
- Coordenadas (GPS): E: 0583503 N: 8546237
- Observador(a): Moseyra Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 07:00
- Hora de fin: 15:00
- Duración: 08 horas
- Dirección del flujo observado:
() Entrada () Salida ☒ Ambas
- Condición climática:
☒ Soleado ☒ Nublado () Lluvia () Viento () Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): NA

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- ☒ Motocicletas
- ☒ Mototaxis
- ☒ Autos
- ☒ Camionetas
- ☒ Buses / Combis / Colectivos/micros
- ☒ Camiones medianos
- ☒ Otros (especificar): Motocarga.

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 2698 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 337 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

3. REGISTRO POR INTERVALOS (15 minutos)

Complete una fila por cada intervalo.

Intervalo inicio	Intervalo final	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Buses/ Combis	Camiones medianos	Otros	Total intervalo	Observaciones
07:00	07:15	33	19	27	08	00	04	01	92	Alto trafico
07:15	07:30	38	13	32	05	00	02	02	92	Alto trafico
07:30	07:45	25	11	35	09	04	02	00	86	Alto trafico
07:45	08:00	23	19	29	06	00	02	03	82	Alto trafico
08:00	08:15	20	17	14	04	02	06	04	67	Alto trafico
08:15	08:30	20	15	38	06	03	04	00	86	Alto trafico
08:30	08:45	17	15	36	06	01	02	05	82	Alto trafico
08:45	09:00	29	19	42	04	05	05	02	106	Alto trafico
09:00	09:15	12	23	32	06	02	08	04	87	Alto trafico
09:15	09:30	19	23	36	05	01	09	01	94	Alto trafico
09:30	09:45	23	11	32	09	00	04	00	79	Alto trafico
09:45	10:00	20	12	38	05	00	04	02	81	Alto trafico
10:00	10:15	24	15	35	08	00	05	00	87	Alto trafico
10:15	10:30	23	12	30	07	02	08	06	88	Alto trafico
10:30	10:45	13	23	32	06	00	08	00	82	Alto trafico
10:45	11:00	19	11	34	02	03	09	02	80	Alto trafico
11:00	11:15	16	21	36	05	00	05	03	86	Alto trafico
11:15	11:30	16	12	34	05	02	04	00	73	Alto trafico
11:30	11:45	20	13	31	05	00	03	06	76	Alto trafico
11:45	12:00	19	13	31	06	00	06	02	77	Alto trafico
12:00	12:15	27	19	38	04	00	08	01	97	Alto trafico
12:15	12:30	20	12	38	08	01	05	00	84	Alto trafico
12:30	12:45	24	17	36	05	00	06	00	88	Alto trafico
12:45	13:00	30	21	31	02	00	06	03	93	Alto trafico
13:00	13:15	09	16	35	05	01	08	00	74	Alto trafico
13:15	13:30	24	19	34	09	00	09	00	95	Alto trafico
13:30	13:45	13	15	30	08	02	06	00	74	Alto trafico
13:45	14:00	23	17	45	08	00	02	05	98	Alto trafico
14:00	14:15	20	19	31	08	00	08	00	86	Alto trafico
14:15	14:30	15	16	34	05	01	06	03	80	Alto trafico
14:30	14:45	19	09	25	08	00	05	00	66	Alto trafico
14:45	15:00	15	19	34	04	04	02	02	80	Alto trafico

Anexo 9.

Ficha de registro vehicular llenada (Andrez F. Vivanco Tarde).

FICHA DE REGISTRO VEHICULAR

PROYECTO: Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO₂ en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho - 2025

1. DATOS GENERALES

- Código de registro: AIR-06
- Fecha (dd/mm/aaaa): 17/12/2025
- Punto de conteo / Mercado: Andrez F. Vivanco
- Coordenadas (GPS): E: 0583649 N: 8544725
- Observador(a): Morcyra Quispe Luis Fernando
- Hora de inicio: 16:00
- Hora de fin: 00:00
- Duración: 08 horas
- Dirección del flujo observado:
() Entrada () Salida () Ambas
- Condición climática:
(☒) Soleado (☒) Nublado (☒) Lluvia () Viento () Otro: _____
- Observaciones previas (obras, desvíos, eventos, otros): NA

2. CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- (☒) Motocicletas
- (☒) Mototaxiss
- (☒) Autos
- (☒) Camionetas
- (☒) Buses / Combis / Colectivos/micros
- (☒) Camiones medianos
- (☒) Otros (especificar): Motocarga

2.1. CALCULOS A COMPLETAR

- Horas observadas: 08 h
- Total vehículos del día: 3217 veh
- Flujo vehicular promedio (veh/h): 402 [Total vehículos del día ÷ Horas observadas]

3. REGISTRO POR INTERVALOS (15 minutos)

Complete una fila por cada intervalo.

Intervalo inicio	Intervalo final	Motocicletas	Mototaxis	Autos	Camionetas	Buses/ Combis	Camiones medianos	Otros	Total intervalo	Observaciones
16:00	16:15	45	37	32	11	27	06	07	165	Alto trafico
16:15	16:30	47	35	34	12	25	07	05	165	Alto trafico
16:30	16:45	44	31	31	13	20	04	04	147	Alto trafico
16:45	17:00	45	37	32	12	19	06	06	157	Alto trafico
17:00	17:15	47	34	34	15	21	09	02	162	Alto trafico
17:15	17:30	49	39	35	14	22	06	01	166	Alto trafico
17:30	17:45	45	41	32	12	20	05	03	158	Alto trafico
17:45	18:00	47	36	36	14	23	09	02	167	Alto trafico
18:00	18:15	45	32	32	10	22	08	00	149	Alto trafico
18:15	18:30	44	39	31	12	26	04	04	160	Alto trafico
18:30	18:45	47	35	34	12	27	09	00	164	Alto trafico
18:45	19:00	45	29	32	14	25	06	05	156	Alto trafico
19:00	19:15	42	37	30	11	23	07	00	150	Alto trafico
19:15	19:30	44	36	31	13	21	09	04	158	Alto trafico
19:30	19:45	41	39	29	06	18	07	01	141	Alto trafico
19:45	20:00	42	40	30	05	17	04	05	143	Alto trafico
20:00	20:15	39	29	21	03	18	05	00	115	Alto trafico
20:15	20:30	30	27	20	05	20	06	00	108	Alto trafico
20:30	20:45	29	24	19	05	19	04	02	102	Alto trafico
20:45	21:00	30	27	20	04	21	06	05	113	Alto trafico
21:00	21:15	24	14	11	00	15	02	00	66	Alto trafico
21:15	21:30	17	13	10	00	13	04	00	57	Alto trafico
21:30	21:45	21	16	11	00	15	03	00	66	Alto trafico
21:45	22:00	19	14	11	00	10	01	00	55	Alto trafico
22:00	22:15	02	02	00	01	00	00	00	05	bajo trafico
22:15	22:30	00	04	00	01	00	00	00	02	bajo trafico
22:30	22:45	00	02	03	01	00	00	00	06	bajo trafico
22:45	23:00	04	00	00	00	00	00	00	04	bajo trafico
23:00	23:15	00	00	02	00	00	00	00	02	bajo trafico
23:15	23:30	00	05	00	00	00	00	00	05	bajo trafico
23:30	23:45	01	00	01	00	00	00	00	02	bajo trafico
23:45	00:00	00	01	00	00	00	00	00	01	bajo trafico

Anexo 10.**Panel fotográfico.****Figura A1.***Equipos e insumos usados.*

Figura A2.

Monitoreo del mercado Madgalena.



Figura A3.

Monitoreo del mercado Nery Garcia Zarate.

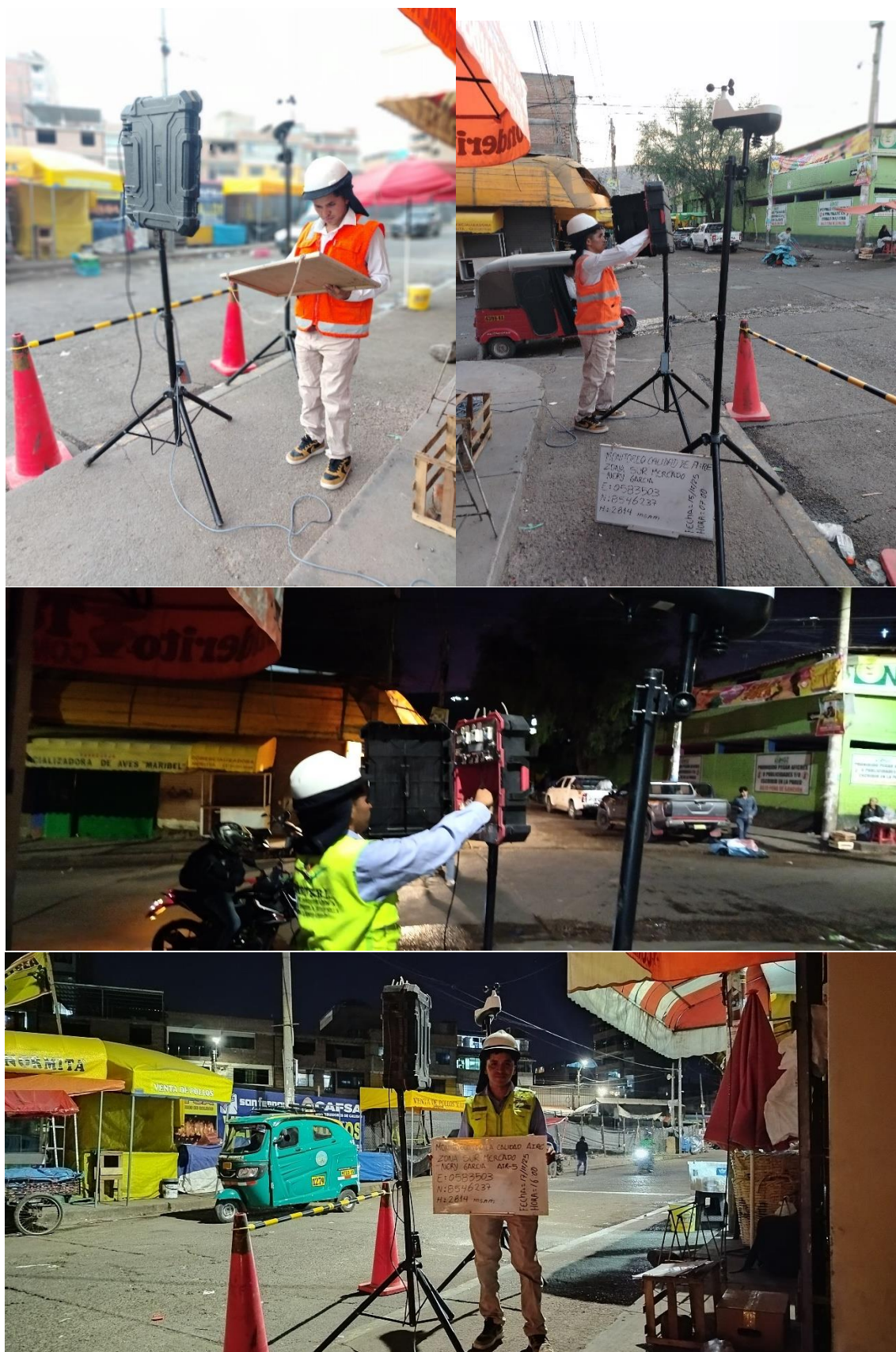


Figura A4.

Monitoreo del Mercado central Andrés F. Vivanco.





Anexo 11.*Certificación y calibración de equipos.*

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

LABORATORIO TECNOLÓGICO Y AMBIENTAL DAXEN S.A.C.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Mz. A3 Lote 26 Urb. La Planicie ETP II Calle Las Orquídeas, Carabaylo, Lima.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 25 de agosto de 2023

Fecha de Vencimiento: 24 de agosto de 2026



Firmado por:
AGUILAR RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU 20600283015 soft
Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Fecha: 2023-10-13 18:34:31

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora (d.t.), Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 08 de setiembre de 2023

Cedula: N°: 292-2023-INACAL/DA
Contrato N°: 052-2023/INACAL-DA
Registro N°: LE - 215

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver: 03



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 083



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFU-2025-103

1.- SOLICITANTE

CONSULTORES AMBIENTALES DE LA SELVA
S.A.C.

Dirección:

AV. CIRCUNVALACION NRO. 999 SEC. BRISAS
DE SHILCAYO (FRENTE AL PENAL) SAN MARTIN -
SAN MARTIN - TARAPOTO

OS:

OS-093-25

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Marca : ECS
Modelo : 200BSC
Código de Identif. : No indica
N° de Serie : 23456670
Procedencia : No indica
Intervalo de Medición : 1 a 20 L/min
Resolución : 1 L/min

Rotámetro (Muestreador de bajo volumen)



ECS-LFU-2025-103

5.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	22,1 °C	±	2,2 °C
Humedad	62,9 % HR	±	0,2 % HR

Cuadro N° 1: Condiciones ambientales

6.-OBSERVACIONES

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales (INACAL) y/o internacionales.

ECOSISTEM S.A.C custodia, conserva y mantiene sus patrones en áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú. Los resultados del certificado son válidos solo para el objeto calibrado, se refieren al momento, condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

ECOSISTEM S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declaradas. Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización de ECOSISTEM S.A.C.

Fecha de emisión: 2025 - 09 - 06.



Saúl Quispe Lino

ECOSISTEM. LAB. DE CALIBRACIÓN
AV. San Juan Mz K Lt 07 - Ate - Lima
Telf: 7788111
Email: comercial@ecocal.com
Web: www.ecspe.com

SAULO QUISPE LINO
Jefe de Laboratorio de Calibración
ECOSISTEM S.A.C

Pág. 1 de 2

FGC-142/Febrero 2024/Vers.00



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 083



Registro N° LC - 083

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFU-2025-103

7.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION

La calibración se efectuó según el ME-009: 1ª Edición 2 febrero 2011, "Procedimiento Calibración de Caudalímetros de Aire" del Centro Español de Metrología.

8.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
LFG - 001 - 2025 INACAL / DM	Medidor de Caudal con una exactitud del 1 % de la indicación.	MesaLabs	DEFENDER - 520

Cuadro N° 2: Patrones usados

9.- RESULTADOS

CCV	Indicación del Caudalímetro	Error	Incertidumbre
L/min	L/min	L/min	L/min
13,13	14,00	0,87	0,25
15,71	16,00	0,29	0,25
17,68	18,00	0,32	0,25

CCV: Caudal Convencionalmente Verdadero

Temperatura del aire: 20,5 °C a 24,2 °C.

OBSERVACIONES:

Los datos obtenidos son el resultado del promedio de 15 mediciones por punto de calibración. Se colocó una etiqueta auto adhesiva con la indicación "CALIBRADO". La periodicidad de la calibración esta en función al uso y mantenimiento del equipo de medición. La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura $k=2$ para un nivel aproximado de confianza del 95%.

FINAL DE DOCUMENTO

Anexo 12.

Informes de laboratorio y resultados técnicos.



CIPARU S.R.L.
CENTRO DE INVESTIGACION &
PRODUCCION AGRICOLA RURU KILLA

INFORME DE ENSAYO N° 2512-021-NA

I. DATOS DEL CLIENTE

1.- NOMBRE DEL CLIENTE	: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE HUANTA
2.- DIRECCIÓN DEL CLIENTE	: CIUDAD UNIVERSITARIA INTAY – QOLLANA S/N
3.- PROYECTO	: " INFLUENCIA DEL TRAFICO VEHICULAR EN LAS CONCENTRACIONES DE CO Y NO2 EN LOS MERCADOS DE ABASTO DEL DISTRITO DE AYACUCHO – 2025".
4.- SOLICITANTE	: LUIS FERNANDO MOREYRA QUISPE
5.- PRODUCTO	: AIRE
6.- PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	: HUANTA – HUANTA – AYACUCHO.

II. DATOS DEL SERVICIO

1.- ORDEN DE SERVICIO	: OS-2512-21-V00
2.- PLAN DE MUESTREO	: PM-2512-009
3.- PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: PRO-080
4.- FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	: 05/01/2026

III. DATOS DEL ÍTEM DE ENSAYO

1.- MUESTREADO POR	: CENTRO DE INVESTIGACION & PRODUCCION AGRICOLA RURU KILLA S.R.L
2.- NÚMERO DE MUESTRAS	: 06
3.- FECHA DE MUESTREO	: 15/12/2025 AL 17/12/2025
4.- FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	: 18/12/2025
5.- CONDICIÓN DE RECEPCIÓN	: CONFORME
6.- PERIODO DE ENSAYO	: DEL 18/12/2025 AL 05/01/2026

IV. MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
CO	ITS-004, Rev. 00 (Validado). Referenciado en Análisis de Contaminantes del Aire, Peter O. Warner.	Calidad de aire. Determinación de Monóxido de Carbono en aire ambiental. Método por espectrometría infrarroja no dispersiva.
NO2	ASTM International D 1607-91	Standard Test Method for Nitrogen Dioxide Content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction)

Urb. José Ortiz Vergara Mz. P Lote 03 Int. A
Cel.: 966114802 / 9774851112

Ayacucho Huamanga
Página: www.ciparu.com



CIPARU S.R.L.
CENTRO DE INVESTIGACIÓN &
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA RURU KILLA

INFORME DE ENSAYO N° 2512-021-NA

V. RESULTADOS DE ANÁLISIS

Código de Laboratorio	2512-021-NA	2512-022-NA	2512-023-NA	2512-024-NA	2512-025-NA	2512-026-NA
Código de Cliente	AIR-01	AIR-02	AIR-03	AIR-04	AIR-05	AIR-06
Matriz	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Submatriz	-	-	-	-	-	-
Fecha Inicial / Hora de Muestreo (H)	15/12/2025 07:00	15/12/2025 16:00	16/12/2025 07:00	16/12/2025 16:00	17/12/2025 07:00	17/12/2025 16:00
Fecha Final / Hora de Muestreo (H)	15/12/2025 15:00	15/12/2025 00:00	16/12/2025 15:00	16/12/2025 00:00	17/12/2025 15:00	17/12/2025 00:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E: 0584478 N: 8545209	E: 0583503 N: 8546237	E: 0583649 N: 8544725	E: 0584478 N: 8545209	E: 0583503 N: 8546237	E: 0583649 N: 8544725
Descripción de la Estación de Muestreo	Calle Centenario Cruce con Calle Roma	Zona Sur – Mercado Nery García	Jr. San Blas Cruce con Av. Vivanco	Calle Centenario Cruce con Calle Roma	Zona Sur – Mercado Nery García	Jr. San Blas Cruce con Av. Vivanco
Tipos de Ensayos	Unidad	L.C.M.	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Fisicoquímico						
Monóxido de Carbono (CO)*	µg/m³	639	19860	12090	25500	10650
Dióxido de Nitrógeno (NO2)*	µg/m³	4.0	210,00	190,00	250,00	180,00
						231,00
						160,00

Nota

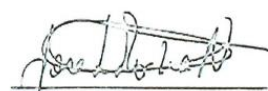
- L.C.M. = Límite de cuantificación del método
- "<" = Menor que el L.C.M. indicado
- (*): El resultado (s) obtenido(s) corresponden (n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.
- (a) : Ensayo subcontratado, subcontratista con alcance de acreditación por el INACAL-DA.
- N/A: No Aplica
- "----": No se indica.

VI. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de CIPARU y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.

VII. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

FIN DEL INFORME DE
ENSAYO


Ft. José Luis Rocha Nalvarte
JEFE DE INVESTIGACIÓN


CIPARU S.R.L.
CENTRO DE INVESTIGACIÓN & PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA RURU KILLA - ÁREA LABORATORIO
Danny Darty Amézquita Luján
ESP/ISO/IEC 17025
GERENCIA DE CALIDAD AMBIENTAL



Anexo 13.

Cadena de custodia.

FORMATO		Código: CIPARU-MIE-F03	
Ver/Rev: V1/R0		Fecha: 20/01/2023	
Página: 1 de 1			
CADENA DE CUSTODIA – MATRIZ AIRE			
INFORME DE ENSAYOS N°(1):		VERSIÓN: Hoja:	
DATOS DEL CLIENTE		FACTURAR A	
RAZÓN SOCIAL:	Universidad Nacional Autónoma Huancayo	RUC:	71790968
DIRECCIÓN:	Ciudad Universitaria, Intay - Gollana s/n	DIRECCIÓN:	C.P. Corazon Pata - Llochegua
CONTACTO:	MOREYRA Quispe Luis Fernando	CONTACTO:	927314967
CORREO:	1912810116@UNAH.edu.pe	CORREO:	1912810116@UNAH.edu.pe
TELÉFONO:	927314967		
DATOS DEL MUESTREO		N° DE ORDEN DE SERVICIO:	
PROYECTO:	Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO ₂ en los mercados de abasto (*)	MUESTREO POR: CIPARU SRL CLIENTE	
PROCEDENCIA:	Huancayo - Huancayo - Ayacucho		
Item	PUNTO DE MUESTREO / ESTACIÓN	CÓDIGO DE LABORATORIO	Observaciones
1	Calle Centenario cruce Calle Romb	DIR-01	Dito tránsito de vehículos del parque automotor
2	Zona sur Mercado. Mary García	DIR-02	Dito tránsito de vehículos del parque automotor
3	Dr. Sanblas cruce Av. Vivanco	DIR-03	Dito tráfico de vehículos del parque automotor
4	Calle Centenario cruce Calle Romb	DIR-04	Dito tránsito de vehículos del parque automotor
5	Zona sur Mercado Mary García	DIR-05	Dito tránsito de vehículos del parque automotor
6	Dr. Sanblas cruce Av. Vivanco	DIR-06	Dito tránsito de vehículos del parque automotor
7			
8			
Para los parámetros que involucran filtros registrar el número de filtro y para otros parámetros marcar con aspa (*) o check (✓) según corresponda			
Descripción de equipos utilizados:			
Item	Código interno del equipo	Nombre del equipo	Legenda:
1	VO1-001-ROT2025	Kolometro (Fron Fluoroo)	PM 10 : Material particulado menor a 10 micras
2	VO1-001-EM2025	Estacion Meteorologica	PM 2.5 : Material particulado menor a 2.5 micras
3	VO1-001-6PS2025	6PS Navegador	PTS : Partículas totales suspendidas
4			SO2 : Dióxido de azufre
5			NO2 : Dióxido de nitrógeno (***)
			NOx : Óxidos de nitrógeno
			CO : Monóxido de carbono (**)
			H2S : Sulfuro de hidrógeno
			O3 : Ozono
			HT : Hidrocarburos totales expresados como hexano
			HNH : Hidrocarburos no metano
			Hg : Mercurio gaseoso total
			HV : High Vol (Alto Volumen)
			LV : Low Vol (Bajo Volumen)
			T : Temperatura
			P : Presión
			I : Inicio
			F : Final
			Tamb : Temperatura Ambiente
			T refr : Temperatura de refrigeración
			E : Este
			N : Norte
			C : Conforme
			NC : No conforme
Responsable del Muestreo		Cliente (supervisor)	
Nombre y Apellidos:	Julio Moises Quispe Cossio CIP	Nombre y Apellidos:	Luis Fernando Moreyra Quispe
Fecha y Hora:	18/12/25 H: 8:30 925236	Fecha y Hora:	18/12/25 Hr: 8:35
Recepción de Muestras (1)		Recepción de Muestras (1)	
Recepcionado por:	Danny Amézquita L.	Recepcionado por:	Danny Amézquita L.
Fecha y Hora:	18/12/25	Fecha y Hora:	18/12/25
Corrección de Preservación:	✓	Corrección de Preservación:	✓
Refrigeración:	✓	Refrigeración:	✓
Volumen y Recipientes adecuados:	✓	Volumen y Recipientes adecuados:	✓
Dentro del tiempo de almacenamiento:	✓	Dentro del tiempo de almacenamiento:	✓
Otros (Especifique):	Embalado	Otros (Especifique):	Embalado
OBSERVACIONES: (*) del distrito de Ayacucho - 2025 (**) CO: 0.5L/min a 1h (***) NO ₂ : 0.5L/min a 1h			
Dirección: Urb. José Ortiz Vergara Mz. "P", Lote 03, Interior A - Ayacucho - Huamanga. / www.ciparu.com / ciparu@ciparu.com / ventas@ciparu.com.pe /			

Anexo 14.

Permiso Municipal.



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA
"CAPITAL DE LA EMANCIPACIÓN HISPANOAMERICANA - LEY N° 24682"
 "Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"



Firmado digitalmente por:
 DELGADO LOPEZ IRVIN MARVIN FIR
 48173626 hard
 GERENTE
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 12/12/2025 16:27:35-0500



Ayacucho, 12 de Diciembre del 2025

CARTA N° 000028-2025-MPH/49 [2572019.003]

SEÑOR(A) : BACH. LUIS FERNANDO MOREYRA QUISPE
ADMINISTRADO
ASUNTO : REMITO AUTORIZACION.
REFERENCIA : INFORME 000321-2025-MPH/49.51 [2572019.002]

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente a nombre de la Gerencia de Transporte de la Municipalidad Provincial de Huamanga y, a la vez, poner en su conocimiento que se ha revisado la solicitud presentada por mediante la cual requiere **autorización** para realizar actividades de monitoreo y conteo vehicular en las zonas de tránsito que rodean los mercados **Central, Nery García Zárate y Magdalena**, durante el periodo comprendido entre el **15 y el 25 de diciembre de 2025**, con fines de desarrollo de su tesis titulada:

"Influencia del tráfico vehicular en las concentraciones de CO y NO? en los mercados de abasto del distrito de Ayacucho — 2025".

Luego de evaluar los alcances de la petición, referida a las actividades de recolección de datos vehiculares necesarias para el desarrollo de su investigación, se determina que la solicitud **ES VIABLE**, debiendo cumplir estrictamente las siguientes recomendaciones:

1. Las actividades de monitoreo deberán realizarse **sin interferir la circulación vehicular ni peatonal**, ubicándose siempre en zonas laterales seguras.
2. El personal que ejecute el trabajo de campo deberá adoptar **todas las medidas de seguridad**, tales como el uso de chaleco reflectivo y demás implementos necesarios.
3. Se deberán respetar las **indicaciones del personal de Tránsito y Seguridad Vial** presente en la zona.
4. Una vez concluidas las actividades programadas, se deberá **retirar cualquier elemento temporal** utilizado para el monitoreo, manteniendo el área en condiciones adecuadas.

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente,

Firmado Digitalmente por:
 IRVIN MARVIN DELGADO LOPEZ
 GERENTE
 GERENCIA DE TRANSPORTES

Pp DLIM/G. DE TRANSPORTES

Esta es una copia autentica imprimible de un documento electrónico archivado en MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE



Anexo 15.*Estándares de calidad ambiental para aire (ECA).***6****NORMAS LEGALES**Miércoles 7 de junio de 2017 /  **El Peruano****AMBIENTE****Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias****DECRETO SUPREMO
N° 003-2017-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante

la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la citada Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley, establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas y es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo señalado en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 074-2001-PCM se aprueba el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, el cual tiene por objetivo establecer los ECA para Aire y los lineamientos de estrategia para alcanzarlos progresivamente;

Que, a través del Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, se adiciona el valor anual de concentración de Plomo a los ECA para Aire establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire, aprobado por Decreto Supremo N° 074-2001-PCM;

Que, mediante Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM, se aprueban nuevos parámetros y valores en los ECA para Aire y se modifica, entre otros, el valor del Dióxido de Azufre;

Que, mediante Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM, se aprueban las disposiciones complementarias para la aplicación del ECA de Aire para el Dióxido de Azufre;

Que, a través de la Resolución Ministerial N° 205-2013-MINAM se establecen las cuencas atmosféricas a las cuales les será aplicable los numerales 2.2 y 2.3 del artículo 2 del Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado por el citado Grupo de Trabajo se ha identificado la necesidad de actualizar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para Aire;

Que, por otro lado, mediante Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por Resolución Suprema N° 588-99-PCM y Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, se creó el Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, con la finalidad de proponer mecanismos de coordinación interinstitucional y los cambios normativos orientados a la mejora de la calidad del aire de Lima y Callao;

Que, resulta necesario que el referido Comité se enmarque dentro de lo dispuesto en el numeral 3 del artículo 36 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, que establece que las Comisiones Multisectoriales de

naturaleza permanente son creadas con fines específicos para cumplir funciones de seguimiento, fiscalización, o emisión de informes técnicos. Se crean formalmente mediante decreto supremo refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros y los titulares de los Sectores involucrados. Cuentan con Reglamento Interno aprobado por Resolución Ministerial del Sector al cual están adscritas;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 094-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para aire y establece disposiciones complementarias, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Aire como referente obligatorio

2.1 Los ECA para Aire son un referente obligatorio para el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, a cargo de los titulares de actividades productivas, extractivas y de servicios.

2.2 Los ECA para Aire, como referente obligatorio, son aplicables para aquellos parámetros que caracterizan las emisiones de las actividades productivas, extractivas y de servicios.

Artículo 3.- Financiamiento

El financiamiento para la aplicación de lo dispuesto en la presente norma, se realizará con cargo al presupuesto institucional de los pliegos involucrados, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, la Ministra de Salud, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

Primera.- Aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados

La aplicación de los ECA para Aire en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Aire se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

Segunda.- Monitoreo de la calidad del aire

Mediante Decreto Supremo, a propuesta del Ministerio del Ambiente, en coordinación con las autoridades competentes, se aprobará el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, en un plazo máximo de ciento ochenta (180) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente dispositivo.

En tanto se apruebe el citado Protocolo Nacional, el monitoreo de la calidad del aire se realizará conforme a la normativa vigente.

Tercera.- Grupos de Estudio Técnico Ambiental de Calidad del Aire

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, en el plazo máximo de noventa (90) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, aprobará los lineamientos para fortalecer e incorporar a los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire en las Comisiones Ambientales Municipales (CAM) Provinciales, en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

En tanto se apruebe los citados lineamientos, los Grupos de Estudio Técnico Ambiental de la Calidad del Aire continuarán ejerciendo las siguientes funciones: a) Supervisar los diagnósticos de línea base; b) Formular los planes de acción para el mejoramiento de la calidad del aire; y c) Proponer las medidas inmediatas que deban realizarse en los estados de alerta nacionales para contaminantes del aire.

Cuarta.- Zonas de Atención Prioritaria

Las Zonas de Atención Prioritaria son aquellos centros poblados que cuenten con actividades económicas que planteen real o potencial afectación en la calidad del aire, que posean actividad vehicular ambientalmente relevante, o que cuenten con una dinámica urbana que implique un potencial incremento de emisiones atmosféricas.

El Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, desarrollará los lineamientos para la determinación de las Zonas de Atención Prioritaria en un plazo máximo de ciento veinte (120) días calendario, contados desde la entrada en vigencia del presente decreto supremo. Asimismo, el Ministerio del Ambiente, mediante resolución ministerial, establecerá las Zonas de Atención Prioritaria, en coordinación con las autoridades competentes, Las Zonas de Atención Prioritaria creadas con anterioridad mantienen su vigencia.

Quinta.- Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las provincias conurbadas de Lima y el Callao, son formulados por la Comisión Multisectorial de Gestión de la Iniciativa de Aire Limpio para Lima y Callao, y aprobados por el Ministerio del Ambiente.

Los Planes de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de las demás provincias serán aprobados mediante Ordenanza Municipal del Gobierno Local competente. En tanto se aprueben los lineamientos a los que se hacen referencia en la tercera disposición complementaria final, los Planes de Acción aprobados con anterioridad, deberán continuar con su implementación.

La Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente realizará el seguimiento de la implementación de los Planes de Acción.

Sexta.- Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire

El Ministerio de Salud es la autoridad competente para declarar los Estados de Alerta Nacionales para contaminantes del aire que tengan por objeto activar, en forma inmediata, un conjunto de medidas destinadas a prevenir el riesgo a la salud y evitar la exposición excesiva de la población a los contaminantes del aire, durante episodios de contaminación aguda.

El Ministerio de Salud, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, establece los niveles de Estados de Alerta.

Sétima.- Estándar de Calidad Ambiental para Aire de Mercurio Gaseoso Total

El ECA para Aire del parámetro Mercurio Gaseoso Total, aprobado mediante el presente Decreto Supremo, entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**Única.- Instrumento de gestión ambiental en trámite ante la Autoridad Competente**

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento

administrativo para aprobación del instrumento de gestión ambiental ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Aire vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Aire aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS**Primera.- Adecuación del Comité de Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao a Comisión Multisectorial de naturaleza permanente**

Modifícase el artículo 1 de la Resolución Suprema N° 768-98-PCM, modificada por las Resoluciones Supremas N° 588-99-PCM y N° 007-2004-VIVIENDA, así como los artículos 2, 3 y 4 de la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, e incorpórase el artículo 5 en la Resolución Suprema N° 007-2004-VIVIENDA, los mismos que quedan redactados conforme al siguiente texto:

“Artículo 1.- Constituir la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual está adscrita al Ministerio del Ambiente e integrado por:

- El/La Viceministro (a) de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente, quien lo presidirá.
- El/La Directora(a) General de Asuntos Ambientales de Industria del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas del Ministerio de la Producción.
- El/La Director(a) General de Asuntos Ambientales Energéticos del Ministerio de Energía y Minas.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Asuntos Socio-Ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- El/La Director(a) General de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria del Ministerio de Salud.
- El/La Presidente(a) Ejecutivo(a) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.
- Dos representantes de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Dos representantes de la Municipalidad Provincial del Callao.
- Dos representantes de la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas - CONFIEP.
- Un representante de la Asociación Peruana de Consumidores y Usuarios - ASPEC.

Los representantes podrán acreditar ante la Secretaría Técnica a sus representantes alternos.

La Comisión podrá convocar, a personas naturales o jurídicas de derecho privado o público, a participar en sus reuniones, de acuerdo a la materia a ser tratada.”

“Artículo 2.- Creación de la Secretaría Técnica

Créase la Secretaría Técnica de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, la cual dependerá del Viceministerio de Gestión Ambiental.”

“Artículo 3.- Reglamento Interno

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao, formulará su Reglamento Interno, el cual será aprobado mediante



Resolución Ministerial expedida por el Ministerio del Ambiente.”

“Artículo 4.- Finalidad

La Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao emitirá los informes técnicos que contengan las propuestas de mecanismos de coordinación interinstitucional y las modificaciones normativas orientadas a mejorar la calidad del aire de Lima y Callao.”

“Artículo 5.- Financiamiento

El cumplimiento de las funciones de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao se financia con cargo al presupuesto institucional del Ministerio del Ambiente, sin demandar recursos adicionales al Tesoro Público. Asimismo, los gastos que pueda involucrar la participación de los representantes de la citada Comisión Multisectorial se financian con cargo al presupuesto de las entidades a las cuales pertenecen”.

Segunda.- Modificación del Reglamento Interno de la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao

Mediante Resolución Ministerial emitida por el Ministerio del Ambiente, en el plazo máximo de treinta (30) días hábiles contados desde la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, la Comisión Multisectorial para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima y Callao modificará su Reglamento Interno, aprobado por Resolución Ministerial N° 229-2013-VIVIENDA.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA DEROGATORIA

Única.- Derogación de normas referidas al ECA para Aire

Derógase el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM, el Decreto Supremo N° 069-2003-PCM, el Decreto Supremo N° 003-2008-MINAM y el Decreto Supremo N° 006-2013-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD
Presidente de la República

ELSA GALARZA CONTRERAS
Ministra del Ambiente

GONZALO TAMAYO FLORES
Ministro de Energía y Minas

PEDRO OLACHEA ÁLVAREZ CALDERÓN
Ministro de la Producción

PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA
Ministra de Salud

BRUNO GIUFFRÀ MONTEVERDE
Ministro de Transportes y Comunicaciones

EDMER TRUJILLO MORI
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Anexo Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Período	Valor [µg/m³]	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)

NE: No Exceder.

⁽¹⁾ o método equivalente aprobado.

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

Anexo 16.

Contrastación de hipótesis.

Antes de realizar el análisis de correlación entre el tráfico vehicular y las concentraciones de Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO₂), fue necesario verificar si los datos recolectados presentan una distribución normal, ya que este es un supuesto fundamental para la aplicación de pruebas estadísticas paramétricas como el coeficiente de correlación de Pearson. Para ello, se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk, siendo esta última especialmente recomendada cuando el tamaño de muestra es menor a 50 observaciones.

- **Hipótesis nula (H₀):** Los datos de la variable analizada presentan una distribución normal.
- **Hipótesis alternativa (H₁):** Los datos de la variable analizada no presentan una distribución normal.

El criterio de decisión establece que si el valor de significancia (p) es mayor que 0,05, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 14.

Prueba de normalidad de Concentración de CO, NO₂ y cantidad de vehículos

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración de Monóxido de Carbono	0,248	6	0,200*	0,888	6	0,306
Concentración de Dióxido de Nitrógeno	0,157	6	0,200*	0,979	6	0,945
Vehículos	0,216	6	0,200*	0,924	6	0,534

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. La tabla presenta los resultados de las pruebas de normalidad Kolmogorov–Smirnov con corrección de Lilliefors y Shapiro–Wilk aplicadas a las variables concentración de Monóxido de Carbono (CO), concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y cantidad de vehículos registrados en los puntos de monitoreo. Los valores de significancia (Sig.) indican que, para todas las variables evaluadas, no se rechaza la hipótesis de normalidad ($p > 0,05$), lo que permite el uso de pruebas estadísticas paramétricas en el análisis correlacional.

Los resultados obtenidos muestran que, para las tres variables analizadas, los valores de significancia (p) en la prueba de Shapiro-Wilk son mayores a 0,05. En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que las concentraciones de CO, las concentraciones de NO₂ y el número de vehículos presentan una distribución normal. Por lo tanto, se justifica el uso de estadística paramétrica, específicamente el coeficiente de correlación de Pearson, para analizar la relación entre las variables.

Una vez verificado el supuesto de normalidad, se procedió a analizar la relación existente entre el tráfico vehicular y las concentraciones de contaminantes atmosféricos mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el cual permite medir el grado y la dirección de la relación lineal entre dos variables cuantitativas. Este análisis se realizó de manera independiente para el Monóxido de Carbono (CO) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

- **Hipótesis nula (H₀):** No existe relación significativa entre el tráfico vehicular y la concentración de Monóxido de Carbono.
- **Hipótesis alternativa (H₁):** Existe una relación significativa entre el tráfico vehicular y la concentración de Monóxido de Carbono.

Tabla 15.

Correlación de Pearson entre la concentración de CO y vehículos

Correlaciones			
		Concentración de Monóxido de Carbono	Vehículos
Concentración de Monóxido de Carbono	Correlación de Pearson	1	0,909*
	Sig. (bilateral)		0,012
	N	6	6
Vehículos	Correlación de Pearson	0,909*	1
	Sig. (bilateral)	0,012	
	N	6	6

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

Nota. La tabla presenta los resultados del análisis de correlación de Pearson entre la concentración de Monóxido de Carbono (CO) y la cantidad total de vehículos registrados en los puntos de monitoreo. Se observa un coeficiente de correlación positivo muy alto ($r = 0,909$) y estadísticamente significativo ($p = 0,012 < 0,05$), calculado a partir de seis observaciones. Estos resultados indican una relación directa y significativa entre ambas variables, lo que sugiere que el incremento del flujo vehicular se asocia con mayores concentraciones de CO en el aire.

En el caso de la relación entre el tráfico vehicular y la concentración de Monóxido de Carbono (CO), se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,909$, lo que indica una correlación positiva muy fuerte. Asimismo, el valor de significancia ($p = 0,012$) es menor a 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Esto evidencia que, a mayor número de vehículos, mayores son las concentraciones de CO, confirmando la influencia directa del tráfico vehicular sobre este contaminante.

- **Hipótesis nula (H_0):** No existe relación significativa entre el tráfico vehicular y la concentración de Dióxido de Nitrógeno.
- **Hipótesis alternativa (H_1):** Existe una relación significativa entre el tráfico vehicular y la concentración de Dióxido de Nitrógeno.

Tabla 16.

Correlación de Pearson entre la concentración de NO_2 y vehículos

Correlaciones			
		Concentración de Dióxido de Nitrógeno	Vehículos
Concentración de Dióxido de Nitrógeno	Correlación de Pearson	1	0,541
	Sig. (bilateral)		0,268
	N	6	6
Vehículos	Correlación de Pearson	0,541	1
	Sig. (bilateral)	0,268	
	N	6	6

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis de correlación de Pearson entre la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y la cantidad total de vehículos registrados en los puntos de monitoreo. El coeficiente de correlación obtenido fue positivo y de magnitud moderada ($r = 0,541$); sin embargo, esta relación no resultó estadísticamente significativa ($p = 0,268 > 0,05$), considerando un total de seis observaciones. Los resultados indican que el volumen total de vehículos, por sí solo, no explica de manera significativa la variabilidad de las concentraciones de NO_2 en el área de estudio.

La relación entre el tráfico vehicular y la concentración de Dióxido de Nitrógeno (NO_2) mostró un coeficiente de correlación $r = 0,541$, lo que representa una correlación positiva moderada; sin embargo, el valor de significancia obtenido ($p = 0,268$) es mayor a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. En consecuencia, no se evidencia una relación estadísticamente significativa entre el tráfico vehicular y las concentraciones de NO_2 en los mercados de abasto evaluados durante el periodo de estudio.