

Pollutant emissions emitted by vehicles of public transport based on the Simplified Model Emissions Estimation, city of Chimbote – Peru

Roberto Carlos Chucuya Huallpachoque, Magister¹ , Shanel Victoria Díaz Bernabé, Estudiante² , Diego Hernando Villena Linares, Estudiante³ , Ryan Abraham León León, Magister⁴ 

^{1,4}Universidad César Vallejo, UCV Campus Chimbote, Perú, rchucuya@ucv.edu.pe, rleonle@ucvvirtual.edu.pe

^{2,3}Universidad Nacional del Santa, Perú, 202111018@uns.edu.pe, 202111006@uns.edu.pe

Abstract – The report presents a detailed study of the polluting emissions generated by the public transport system in Chimbote, Peru. The methodology adopted included interviews with drivers belonging to 12 public transport lines, with the purpose of collecting detailed information about the vehicles, including aspects such as make, model, year of manufacture and type of fuel. Subsequently, the simplified SEEM model was used in conjunction with the emission factors established by the EURO standards to carry out the emission estimation. The emissions analysis was carried out considering each transport line individually, highlighting that line 8 emits 26,326 g/min and line 12, 20,734 g/min, being identified as the most polluting. Likewise, emissions were examined according to the year of manufacture of the vehicles, revealing that those manufactured before the year 2000 emit 55,307 g/min additional pollutants due to their high emission factors.

Keywords – Pollutant emissions. Vehicle fleet. Emissions estimation.

Emisiones contaminantes emitidos por vehículos de transporte público basado en el Modelo Simplificado de Estimación de Emisiones, ciudad de Chimbote – Perú

Roberto Carlos Chucuya Huallpachoque, Magister¹, Shanel Victoria Díaz Bernabé, Estudiante², Diego Hernando Villena Linares, Estudiante³, Ryan Abraham León León, Magister⁴

^{1,4}Universidad César Vallejo, UCV Campus Chimbote, Perú, rchucuya@ucv.edu.pe, rleonle@ucvvirtual.edu.pe

^{2,3}Universidad Nacional del Santa, Perú, 202111018@uns.edu.pe, 202111006@uns.edu.pe

Resumen – El informe presenta un detallado estudio sobre las emisiones contaminantes generadas por el sistema de transporte público en Chimbote, Perú. La metodología adoptada comprendió la realización de entrevistas a conductores pertenecientes a 12 líneas de transporte público, con el propósito de recopilar información detallada acerca de los vehículos, incluyendo aspectos como marca, modelo, año de fabricación y tipo de combustible. Posteriormente, se empleó el modelo simplificado SEEM en conjunción con los factores de emisión establecidos por las normas EURO para llevar a cabo la estimación de las emisiones. El análisis de las emisiones se ejecutó considerando cada línea de transporte de manera individual, destacando que la línea 8 emite 26.326 g/min y la línea 12, 20.734 g/min, siendo identificadas como las más contaminantes. Asimismo, se examinaron las emisiones en función del año de fabricación de los vehículos, revelando que aquellos fabricados antes del año 2000 emiten 55.307 g/min contaminantes adicionales debido a sus elevados factores de emisión. En conclusión, se evidencia una mayor contribución a la contaminación atmosférica por parte de los vehículos más antiguos. En la comparativa de emisiones según el tipo de combustible utilizado, se llegó a la conclusión de que el Gas Licuado de Petróleo (GLP) resulta significativamente más contaminante que la gasolina, generando 155.261 g/min de emisiones adicionales. Esta disparidad se explica por la amplia preferencia y uso del GLP en la ciudad de Chimbote, siendo una variable determinante en los niveles de contaminación observados.

Palabras clave – Emisiones contaminantes. Parque automotor. Estimación de emisiones.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las emisiones contaminantes han alcanzado niveles preocupantes a nivel mundial, dando lugar a consecuencias significativas para el medio ambiente y la salud humana. Según el informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [1] presentado el año 2021, las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxidos de nitrógeno (NO_x) son las más altas en al menos 800 años, contribuyendo al calentamiento global y sus impactos asociados.

Investigaciones de renombrados científicos como [2] y [3] han destacado la correlación entre las emisiones antropogénicas y el aumento de las temperaturas globales. El autor [2], advierte sobre los riesgos inminentes de eventos climáticos extremos y el deshielo acelerado de los casquetes polares. Así mismo [3], conocido por su contribución al estudio del cambio climático, ha subrayado en diversos artículos, la necesidad de abordar urgentemente las emisiones para evitar consecuencias irreversibles.

Las consecuencias de estas emisiones descontroladas incluyen el aumento del nivel del mar, eventos climáticos más intensos y frecuentes, alteraciones en los patrones de precipitación y cambios en los ecosistemas. Además, la salud humana se ve afectada por la contaminación del aire, relacionada con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, como señalan estudios de la Organización Mundial de la Salud [4].

Las emisiones del parque automotor representan una fuente significativa de contaminantes atmosféricos, contribuyendo de manera sustancial al cambio climático y afectando tanto la salud humana como el medio ambiente. Investigaciones llevadas a cabo por expertos en salud ambiental y cambio climático subrayan la complejidad y la gravedad de estas emisiones. Según el estudio de [5], las emisiones de vehículos son una de las principales fuentes de partículas finas y gases contaminantes, como el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO).

La exposición crónica a estas emisiones tiene consecuencias perjudiciales para la salud humana. Autores como [6], resaltan la asociación entre la exposición a la contaminación del aire y el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, así como la relación con la mortalidad prematura. Además, el impacto ambiental de estas emisiones se refleja en la aceleración del cambio climático, como lo señala el informe de sobre los impactos del calentamiento global en la salud humana y los ecosistemas.

La urgencia de abordar las emisiones del parque automotor radica en la necesidad de mitigar los riesgos para la salud y reducir la contribución al cambio climático. Políticas y tecnologías orientadas a la descarbonización del transporte,

como indican los siguientes autores [7], se perfilan como esenciales para minimizar estos impactos negativos y avanzar hacia un transporte más sostenible.

La estimación precisa de las emisiones vehiculares a nivel nacional y urbano es esencial para comprender y abordar los impactos ambientales y de salud asociados al tráfico. Diversas metodologías y modelos se han desarrollado para este propósito, cada uno con enfoques particulares. Entre estos, el "Modelo Simplificado de Estimación de Emisiones" emerge como una herramienta eficaz, aunque se debe contextualizar en comparación con otras metodologías establecidas.

El "Mobile Source Emission Factor Model" (MSEFM) ha sido utilizado para estimar las emisiones a partir de factores específicos de vehículos y combustibles. Trabajos como el de [8] han empleado este enfoque para evaluar las emisiones en condiciones variadas. El "Computer Program to Calculate Emissions from Road Transport" (COPERT) se ha destacado como una herramienta robusta para la estimación de emisiones vehiculares.

Autores como [9] han aplicado el modelo COPERT para evaluar el consumo de combustible y las emisiones en un contexto específico. El "International Vehicle Emission Model" (IVE) ha sido empleado en estudios internacionales para evaluar las emisiones vehiculares. Investigaciones como la de Fu et al. [10] han utilizado el modelo IVE para analizar las emisiones en el contexto chino. El "Motor Vehicle Emission Simulator" (MOVES) es una herramienta ampliamente utilizada en Estados Unidos para estimar emisiones de transporte. Autores como [11] han evaluado el modelo MOVES en comparación con otros inventarios de emisiones vehiculares. El "Comprehensive Modal Emission Model" (CMEM) se centra en la modalidad de transporte y su impacto en las emisiones. Trabajos como el de [12] destacan la capacidad del CMEM para analizar las emisiones en diversas condiciones de conducción.

El "Modelo Simplificado de Estimación de Emisiones" destaca por su enfoque simplificado pero efectivo, especialmente en contextos donde la disponibilidad de datos detallados es limitada. Este modelo ha demostrado su utilidad en entornos como la ciudad de Chimbote, Perú. Su simplicidad facilita la implementación y comprensión, lo que lo hace particularmente valioso en áreas con recursos limitados. Además, se destaca por su capacidad para proporcionar estimaciones rápidas y confiables, lo que lo convierte en una opción pragmática para evaluaciones de emisiones a nivel local.

La realidad del transporte urbano en Perú se ve afectada significativamente por las emisiones contaminantes derivadas de la movilidad vehicular. Estudios como el de [13] han abordado específicamente las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el transporte urbano. Este trabajo analiza las emisiones de CO₂ generadas por el transporte de pasajeros en ciudades peruanas, proporcionando una visión detallada de la huella de carbono asociada con la movilidad urbana. Además del CO₂, otras emisiones contaminantes, como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas finas (PM), también contribuyen a la calidad

del aire en las áreas urbanas. Estudios como el de [14] se centran en la evaluación de los factores de emisión de contaminantes atmosféricos específicos generados por el transporte público en Lima. Estos factores de emisión son esenciales para comprender el impacto ambiental directo de los vehículos en las zonas urbanas.

La realidad del transporte urbano en Perú, en términos de emisiones contaminantes, revela la necesidad crítica de abordar las fuentes móviles de contaminación atmosférica. Estos estudios proporcionan información valiosa para la formulación de políticas que buscan reducir las emisiones vehiculares y mejorar la calidad del aire en entornos urbanos peruanos.

La realización de estudios enfocados en estimar las emisiones contaminantes emitidas por vehículos de transporte público desempeña un papel crucial en la comprensión y mitigación de los impactos ambientales asociados a la movilidad urbana. En un contexto más amplio, autores como [15] señalan que el sector del transporte es una fuente significativa de contaminantes atmosféricos, incluyendo partículas en suspensión (PM), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Los estudios que estiman estas emisiones en vehículos de transporte público son cruciales para identificar puntos críticos y diseñar intervenciones efectivas para mejorar la calidad del aire urbano.

La importancia de estos estudios se acentúa en la relación directa entre las emisiones vehiculares y la salud humana. Autores como [16] han documentado la asociación entre la exposición a largo plazo a contaminantes del aire y la mortalidad por enfermedades cardio-respiratorias. La evaluación precisa de las emisiones del transporte público contribuye a la identificación de medidas que protejan la salud de la población urbana.

En resumen, los estudios enfocados en estimar las emisiones contaminantes del transporte público son fundamentales para guiar políticas y acciones que promuevan una movilidad más sostenible, reduzcan los impactos ambientales y protejan la salud pública en entornos urbanos.

El presente estudio, titulado "Emisiones contaminantes emitidas por vehículos de transporte público basado en el Modelo Simplificado de Estimación de Emisiones, ciudad de Chimbote - Perú", se enmarca en la necesidad imperativa de evaluar y comprender el impacto ambiental del transporte público en esta ciudad específica. La movilidad urbana, especialmente la operación de vehículos de transporte público, es una fuente significativa de emisiones contaminantes que afectan la calidad del aire y la salud pública.

El propósito fundamental de este estudio es la aplicación del Modelo Simplificado de Estimación de Emisiones con el fin de evaluar las emisiones contaminantes específicas del transporte público en Chimbote. La implementación de este modelo tiene como objetivo proporcionar una visión precisa y cuantitativa de las emisiones vehiculares en la ciudad, sirviendo de base para el diseño futuro de estrategias de gestión y políticas de movilidad más sostenibles.

II. METODOLOGÍA

La metodología presentada para esta investigación detalla paso a paso la evaluación de las emisiones de treinta vehículos de cada línea seleccionada en las ciudades de Chimbote y Nuevo Chimbote, Perú. Su enfoque simple y claro la hace altamente aplicable en estudios similares.

2.1. Área de estudio

El área de estudio se presenta en la Fig. 1.

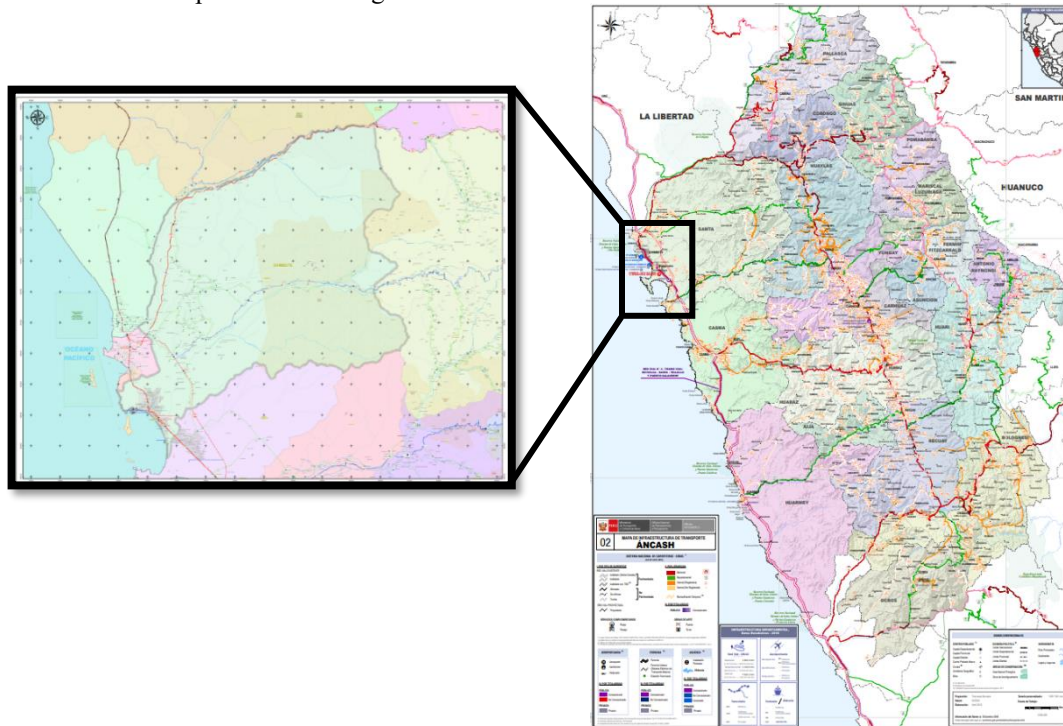


Fig 1. Ubicación de la zona de influencia de la ciudad de Chimbote y del Departamento de Ancash.

El área de estudio varía con respecto al recorrido de las líneas vehicular con mayor demanda y de alta circulación, debido a que recorren la ciudad en sus extremos. La distancia de este recorrido se obtuvo de municipalidad al cual fue registrada, sin embargo, también fue medida con programa “Google Maps”, estos valores se presentan en la Tabla I.

TABLA I
RECORRIDO (KM) DE CADA LÍNEA DE LAS CIUDADES: CHIMBOTE Y NUEVO CHIMBOTE

Líneas	Recorrido (km)
Línea 1	10.2
Línea 2	37
Línea 3	35
Línea 4	34.4
Línea 5	12.6
Línea 6	11.6
Línea 7	36
Línea 8	5.8
Línea 9	33.4
Línea 10	13.2

Línea 11	12.4
Línea 12	13

2.2. Información Base

Para la etapa inicial de recopilación de datos, se inició el proceso consultando con la Municipalidad Provincial del Santa, donde se proporcionó información detallada sobre la cantidad de vehículos destinados al servicio de transporte público. Este paso fue fundamental para asegurar la representatividad de nuestra muestra, alineándola con la cantidad proporcionada por la municipalidad.

Posteriormente, se llevó a cabo una encuesta dirigida a conductores pertenecientes a diversas líneas de transporte, con el objetivo de recopilar información esencial para nuestro estudio sobre emisiones contaminantes. Esta encuesta abordó distintos aspectos, categorizando los datos según cada línea de transporte, intervalos de años y tipos de combustible utilizados. Se buscó obtener detalles específicos como la marca, modelo, año de fabricación, tipo de combustible y estimación de la duración de una vuelta.

Este enfoque nos permitió recopilar datos más completos y específicos, facilitando así un análisis detallado de las emisiones vehiculares en el contexto estudiado.

2.3. Análisis Vehicular

A continuación, se muestra la Tabla II, en ella se presenta la población vehicular de la ciudad, esta información fue proporcionada por el área de transportes de la Municipalidad Provincial del Santa, departamento de Ancash.

TABLA II
POBLACIÓN VEHICULAR ACTIVA EN LA CIUDAD DE CHIMBOTE

Servicio de Transporte Público	Vehículos
Colectivos	6 456
Combis-Camioneta Rural	209
Ómnibus	141
Mototaxis	328
Total	7 114

Para el estudio de las emisiones contaminantes se tomó solamente la clasificación: Colectivos, debido a que concentra el 91% de servicio público activo en la ciudad y es de mayor demanda por la población. A partir de esta consideración se determinó la muestra para una población finita, mediante la ecuación (1), esta muestra poblacional se aplicará la metodología de estimación de emisiones, con el uso de un instrumento de recolección de datos.

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{Z^2 \times p \times q + (N - 1) \times E^2} \quad (1)$$

De (1), se destaca que cada símbolo representa:

- n : Tamaño de la muestra.
- N : Población, conformada por el número total de vehículos, de la provincia de Chimbote.
- p : Proporción de la población, catalogada como “circulante” el valor asigna un valor de 0.5
- q : Proporción de vehículos “no circulantes” al momento de la aplicación de la encuesta ($q = 1 - p \rightarrow q = 0.5$)
- Z : Es el valor de la abscisa de la distribución normal asociada a un nivel de confianza.
- E : Error aceptado, para este trabajo se toleró 5%.

Al realizar el cálculo correspondiente el valor de la muestra es equivalente a 360 vehículos, por el cual se decisión encuestar a 12 líneas.

2.4. Estimación de Emisiones

En la evaluación de las emisiones generadas por el tráfico, se adopta un enfoque simplificado que incorpora el uso del Modelo de Estimación de Emisiones de arriba hacia abajo (SEEM). Este método se caracteriza por su habilidad para estimar las emisiones basándose en variables fundamentales como el volumen de tráfico, los factores de emisión y la presencia de diversos contaminantes. La aplicación del SEEM busca lograr una evaluación integral y precisa, teniendo en cuenta la complejidad de las interacciones entre el tráfico y las emisiones.

De esta manera, se proporciona una perspectiva más detallada y confiable del impacto ambiental asociado al transporte.

$$E_{mik} = \sum_j^n N_j \times M_j \times FE_{jk} \quad (2)$$

De (2), se destaca que cada símbolo representa:

- E_{mik} : Es la cantidad total diaria de emisión del contaminante k para un área urbana ($\frac{g}{día}$).
- N_j : Es el número de vehículos de la categoría j (N).
- M_j : Es la actividad vehicular diaria expresada como la cantidad de kilómetros recorridos por día y por la categoría j ($\frac{km}{día}$).
- FE_{jk} : Es el factor de emisión asociado a la categoría vehicular j y al contaminante k . Se expresa como la masa de contaminante generada por kilómetro recorrido por un tipo de vehículo ($g \text{ km}^{-1}$).

Para calcular el factor de emisión se toma en consideración las Normas EURO, representadas en la Tabla III.

TABLA III
FACTOR DE EMISIÓN CON RESPECTO AL AÑO

Año	Factor de Emisión	
	CO	NO _x
1990 -1992	2.73	-
1993 - 1996	2.2	-
1997 - 2000	2.3	0.15
2001 - 2005	1	0.08
2006 - 2009	1	0.06
2014 -2023	1	0.06

Nota: La tabla está dada de acuerdo a intervalos de años.
Recuperado de: [17]

III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomó la decisión de llevar a cabo tres evaluaciones distintas con el propósito de abordar de manera integral las emisiones vehiculares. Estas evaluaciones comprenden un análisis detallado de las emisiones correspondientes a cada línea de transporte, la consideración del año de fabricación de los vehículos encuestados y la exploración de la relación con el tipo de combustible utilizado. Esta estrategia se ha concebido con la intención de ofrecer una cobertura exhaustiva en términos de distribución de datos, posibilitando así la captación de la diversidad de factores que inciden en las emisiones contaminantes dentro del contexto de estudio.

4.1. Emisiones de cada Línea de Transporte

En la fase inicial de evaluación, la clasificación se estableció considerando criterios fundamentales como la marca, el modelo, el año y la actividad diaria del vehículo. Estos parámetros seleccionados para la categorización posibilitaron obtener una representación precisa y detallada de los vehículos objeto de estudio. Los datos resultantes de este proceso de clasificación se reflejan en la Tabla IV.

TABLA IV
EMISIONES DE CADA LÍNEA DE TRANSPORTE

Líneas	Emisiones Contaminantes (g/min)
Línea 1	9.998
Línea 2	13.503
Línea 3	11.753
Línea 4	12.347
Línea 5	15.017
Línea 6	3.853
Línea 7	14.201
Línea 8	26.326
Línea 9	13.774

Línea 10	15.857
Línea 11	15.563
Línea 12	20.734
	172.926

Nota: Las emisiones generadas por las 12 líneas es de 172.926 g/min.

En el análisis de las emisiones contaminantes provenientes de las líneas de transporte, se destaca la predominancia de emisiones en las líneas 8 y 12. Esta preeminencia se atribuye al hecho de que los vehículos de la línea 8 fueron fabricados en el período comprendido entre 1992 y 1997, mientras que los de la línea 12 abarcan un rango de años que va desde 1990 hasta 2013. La antigüedad de estos vehículos, especialmente en el caso de la línea 12, contribuye de manera significativa a su elevado nivel de emisiones, consolidándolas como las líneas de transporte más contaminantes en la ciudad.

4.2. Emisiones según los años de los vehículos encuestados

Durante la segunda fase del análisis, se procedió a asignar categorías teniendo en cuenta tanto el año de fabricación como la actividad diaria de los vehículos. Una vez concluido este procedimiento, se han generado los datos que se presentan detalladamente en la Tabla V, ofreciendo así una visión completa y detallada de la clasificación resultante.

TABLA V
EMISIONES SEGÚN LOS AÑOS DE LOS VEHÍCULOS

Años	Emisiones Contaminantes (g/min)
Antes del 2000	55.307
2001-2005	17.79
2006-2010	11.936
2011-2015	27.764
2016-2020	45.011
2021-2023	15.118
	172.926

En el análisis detallado de las emisiones según los años de fabricación de los vehículos, se evidencia que los automóviles más antiguos, especialmente aquellos anteriores al año 2000, tienden a generar una mayor contaminación, principalmente debido a sus factores de emisión (FE) más elevados. No obstante, es crucial señalar que, a pesar de los FE más altos en los vehículos más antiguos, la presencia significativamente mayor de automóviles en el rango de años 2016-2020 ejerce una influencia considerable en las emisiones totales. Este fenómeno destaca la importancia no solo del factor de emisión individual, sino también de la cantidad de vehículos presentes en cada rango de años clasificados, subrayando así la complejidad de los factores que contribuyen a las emisiones en la ciudad.

4.3. Emisiones por el tipo de combustible

En la tercera fase de evaluación, se procedió a asignar categorías tomando en consideración tanto el tipo de combustible como la actividad diaria de los vehículos. Una vez completado este procedimiento, se ha generado la información detallada que se presenta en la Fig. 2.

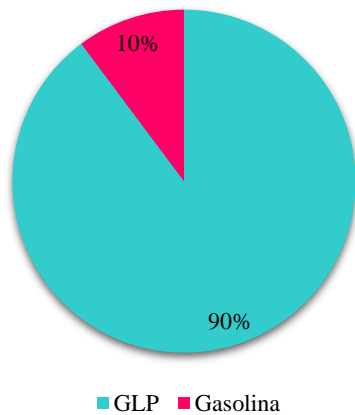


Fig 2. Emisiones Contaminantes por el tipo de combustibles.

En este último análisis de las emisiones generadas por distintos tipos de combustibles, se destaca que el Gas Licuado de Petróleo (GLP) es el combustible que emite una mayor cantidad de contaminantes en comparación con la gasolina. Esta tendencia se explica por la prevalencia del uso del GLP como el combustible más comúnmente empleado en la ciudad. La predominancia de vehículos que utilizan GLP contribuye significativamente a su mayor impacto en las emisiones contaminantes, señalando la importancia de considerar las preferencias de combustible al abordar estrategias para la reducción de emisiones en el contexto urbano.

V. CONCLUSIONES

Se ha identificado que las líneas 8 y 12 juegan un papel fundamental en la contaminación del aire en Chimbote, ya que operan con flotas de vehículos notablemente antiguos, fabricados entre 1990 y 1997 y entre 1990 y 2013, respectivamente. La avanzada edad de estos vehículos resulta en elevados factores de emisión según las normas EURO, explicando así los niveles alarmantes de emisiones contaminantes.

El análisis detallado por rangos de antigüedad revela que los vehículos fabricados entre 1994 y 2000 son los principales responsables de las emisiones más críticas, ya que representan los modelos más antiguos y, por ende, presentan los factores de emisión más perjudiciales conforme a las normas EURO vigentes. Además, se observa que el rango de años 2016-2020 también exhibe niveles preocupantes de emisiones,

posiblemente debido al aumento en la cantidad de vehículos de estos modelos relativamente recientes, aunque aún contaminantes.

Se ha corroborado que el gas licuado de petróleo (GLP) genera emisiones contaminantes significativamente más altas que la gasolina, principalmente debido a su uso extendido como el combustible preferido en el transporte público de Chimbote. La combinación del elevado consumo de GLP, un combustible de menor calidad ambiental, junto con la antigüedad de gran parte de la flota vehicular, contribuye de manera crítica a los preocupantes niveles de contaminación atmosférica en la ciudad.

REFERENCIAS

- [1] IPCC, "Climate Change 2021: The Physical Science Basis," *Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2021.
- [2] J. Hansen et al., "Ice melt, sea level rise and superstorms: evidence from paleoclimate data, climate modeling, and modern observations that 2 °C global warming could be dangerous," *Nature*, v. 532, p. 59-67, 2016.
- [3] M. Mann et al., "The Likelihood of Recent Record Warmth," *Science*, v. 343, p. 729-732, 2014.
- [4] WHO, "Ambient (outdoor) air quality and health," World Health Organization, 2018.
- [5] D. Miller et al., "Global, regional and local health impacts of civil aviation emissions," *Environmental Research Letters*, v. 12, 2017.
- [6] B. Brunekreef y S. Holgate, "Air pollution and health," *The Lancet*, v. 360, p. 1233-1242, 2002.
- [7] D. Sperling and D. Gordon, "Two billion cars: driving toward sustainability," *Oxford University Press*, 2009.
- [8] A. Kousoulidou et al., "Effect of driving conditions and fuel composition on emissions from Euro 6 diesel vehicles," *Atmospheric Environment*, v. 193, p. 82-90, 2018.
- [9] P. Tzimas et al., "Estimation of fuel consumption and GHG emissions of road transportation in Greece," *Sustainable Production and Consumption*, v. 18, p. 94-105, 2019.
- [10] H. Fu et al., "Estimation of vehicle emission inventories in China from 1980 to 2005," *Atmospheric Environment*, v. 44, p. 1789-1798, 2012.
- [11] N. Bounoua et al., "Comparison of on-road vehicle emission inventories and its implications for air quality modeling," *Atmospheric Environment*, v. 206, p. 89-101, 2019.
- [12] S. Peng et al., "Comprehensive Modal Emission Model for light-duty vehicles," *Atmospheric Environment*, v. 175, p. 10-19, 2018.
- [13] R. Gutiérrez-Avila et al., "Estimation of CO2 emissions from urban passenger transport in Peruvian cities," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 58, p. 102-111, 2018.
- [14] J. Cárcamo-More et al., "Emission Factors of Air Pollutants from Urban Public Transportation Buses in Lima, Peru," *transportation research record*, v. 2501, p. 59-67, 2015.
- [15] P. Pachauri et al., "Transport and its infrastructure," in *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, 2014.
- [16] B. Hoek et al., "Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review," *Environmental Health*, v. 12, p. 43, 2013. <https://conflegal.com/20171214-euro-7-fin-emisiones-motores-diesel/>