

Incidents involving the use of horns and their relationship with the L10 noise descriptor at Naranjal station, Independencia, Peru

Ignacio Córdova, Milagros Angélica¹ ; Cayllahui Soca, Mishell Andrea² ; Champin Luy, Giovanni Martín³ ; Peña Vivanco, Jesús Alexis⁴ 

^{1,4}Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20211B764@upc.edu.pe, u201925804@upc.edu.pe, pciggcha@upc.edu.pe, pcigjpen@upc.edu.pe

Abstract– Noise pollution has become an increasingly serious public health problem, primarily related to the growing number of vehicles on the roads and traffic congestion [1][2]. In Peru, this situation is reflected in high traffic levels and in reports from the Urban Transport Authority (ATU), which identify Metropolitano stations as areas with high noise levels due to the high concentration of people and vehicles, exceeding Environmental Quality Standards (EQS) [3]. This problem is exacerbated by driver behavior, particularly the frequent use of horns. In this context, the Naranjal station has been identified as a noise hotspot, where the highest sound pressure levels are recorded during the day (7:00 a.m.–6:00 p.m.) due to intense vehicular and commercial activity [1]. The objective of this study is to determine the sound pressure levels attributable to the use of car horns and quantify their contribution to environmental noise. The results show that car horns generate an average increase of 9,3 dB in sound pressure levels, confirming their significant impact on the acoustic environment. Consequently, the need to implement noise control and prevention strategies aimed at regulating their use and reducing the population's exposure to their effects is highlighted.

Keywords: Horn use, noise pollution, traffic congestion, noise descriptors. Naranjal station.

Incidentes relacionados con el uso de bocinas y su relación con el descriptor de ruido L10 en la estación de Naranjal, Independencia, Perú

Ignacio Córdova, Milagros Angélica¹; Cayllahui Soca, Mishell Andrea²; Champin Luy, Giovanni Martín³; Peña Vivanco, Jesús Alexis⁴

^{1,4}Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u20211B764@upc.edu.pe, u201925804@upc.edu.pe, pciggcha@upc.edu.pe, pcigjpen@upc.edu.pe

Resumen— La contaminación acústica se ha convertido en un problema de salud pública cada vez mayor, relacionado principalmente con el aumento del número de vehículos en las carreteras y la congestión del tráfico [1][2]. En Perú, esta situación se refleja en los elevados niveles de tráfico y en los informes de la Autoridad de Transporte Urbano (ATU), que identifican las estaciones del Metropolitano como zonas con niveles de ruido elevados debido a la alta concentración de personas y vehículos, que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) [3]. Este problema se ve agravado por el comportamiento de los conductores, en particular por el uso frecuente de la bocina. En este contexto, la estación de Naranjal ha sido identificada como un punto crítico de ruido, donde se registran los niveles de presión sonora más altos durante el día (7:00 a. m.–6:00 p. m.) debido a la intensa actividad vehicular y comercial [1]. El objetivo de este estudio es determinar los niveles de presión sonora atribuibles al uso de las bocinas de los automóviles y cuantificar su contribución al ruido ambiental. Los resultados muestran que las bocinas de los automóviles generan un aumento promedio de 9,3 dB en los niveles de presión sonora, lo que confirma su impacto significativo en el entorno acústico. En consecuencia, se destaca la necesidad de implementar estrategias de control y prevención del ruido destinadas a regular su uso y reducir la exposición de la población a sus efectos.

Palabras clave— claxon, contaminación acústica, tráfico vehicular, descriptores de ruido, estación Naranjal.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica constituye una problemática ambiental creciente, asociada a múltiples fuentes como el transporte, sistemas de generación de energía y actividades recreativas o de ocio [1][2]. El tráfico rodado es la principal fuente de ruido ambiental en países con parque automotor antiguo, como India y Nepal, donde este puede representar hasta el 80% del total de ruido audible. Esto debido a los componentes sonoros de los vehículos, como el ruido de rodadura, el motor y el claxon, que en conjunto pueden generar hasta el 70% del ruido del tráfico vehicular [2][3][4]. La incidencia de esta problemática ocasiona un aumento del ruido ambiental a valores superiores de 80 dB, lo que sobrepasan los umbrales recomendados por la Organización Mundial de la Salud (en adelante, OMS) para zonas urbanas y residenciales que son cercanas a tráfico rodado (53 dB) [2] [5]. Por consiguiente, la generación excesiva del ruido del tráfico

rodado es un factor de riesgo que repercute en la salud física, mental y conductual de la población [5][6].

La OMS ha reconocido la importancia de implementar normativas para regular esta problemática; en esa misma línea, países como Uganda y Nepal han comenzado a adoptar medidas orientadas al control del ruido ambiental [2][7]. En este contexto, se desarrollaron las *Environmental Noise Guidelines for the European Region*, en las cuales se establecen límites máximos recomendados de exposición al ruido en función de la fuente emisora y del tipo de zona, tales como áreas de protección especial, zonas urbanas, industriales y comerciales [4][8].

En este marco, se han implementado diversas estrategias de mitigación, como la política “*No Horn Rule*”, aplicada en Katmandú (Nepal), orientada a restringir el uso innecesario del claxon. Asimismo, se ha recurrido a la implementación de barreras acústicas para cumplir con los estándares de calidad ambiental, como en la ciudad de Guangzhou (China), donde se logró incrementar el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental (en adelante, ECA) en un 18% durante el día y en un 12% durante la noche. Esto implicó una reducción de los niveles de presión sonora de 60 dB a 52,8 dB, permitiendo así el cumplimiento de los límites establecidos [9][10].

En Perú, se aplica el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, donde se establecen los ECA para el ruido, definiendo los niveles máximos de presión sonora según la clasificación de uso del suelo [11][12]. Sin embargo, no se alinean con los estándares recomendados por la OMS, ni consideran de manera específica los componentes sonoros del tráfico, como el ruido del claxon. Además, la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece únicamente requisitos de audibilidad mínima para los vehículos, sin atender a los efectos ambientales de su uso [13].

Frente a esta brecha normativa y técnica, algunas municipalidades han promovido campañas de sensibilización sobre el uso del claxon [14][15]. En particular, en el distrito de Independencia dichas medidas fueron implementadas tras la identificación de puntos críticos de ruido ambiental en

avenidas altamente transitadas cercanas a la estación Naranjal [13][16].

En la estación Naranjal, la Autoridad de Transporte Urbano (ATU) reportó niveles de ruido superiores a los 70 dB durante los meses de mayo y junio de 2024, superando los valores recomendados por la OMS [3][5][17]. Asimismo, personas que trabajan de forma continua en dicha zona señalaron la presencia de una problemática recurrente asociada al uso excesivo del claxon y al ruido generado por el tráfico vehicular, lo cual afecta el desarrollo de sus actividades diarias.

No obstante, la municipalidad de Independencia carece de datos cuantitativos específicos que permitan diseñar políticas basadas en evidencia científica. Esta limitación es común en países en vías de desarrollo, como Uganda y Perú [2], donde los recursos técnicos y económicos restringen el desarrollo e implementación de estrategias efectivas de mitigación. En particular, existe una insuficiente caracterización de las fuentes específicas de ruido en entornos urbanos, lo que dificulta identificar con precisión su origen y cuantificar su impacto real sobre la población [6].

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo cuantificar la contribución del uso del claxon a los niveles de ruido registrados en la estación Naranjal. Para ello, se analiza la relación estadística entre las incidencias de uso del claxon y los valores del descriptor acústico L10 obtenidos durante las jornadas de monitoreo. De esta manera, los resultados buscan aportar evidencia científica que facilite la toma de decisiones por parte de las autoridades urbanas en la formulación de políticas de gestión y control del ruido.

II. METODOLOGÍA

Se revisaron de manera sistemática estudios científicos internacionales que abordan metodologías para la caracterización cuantitativa del ruido generado por el tráfico rodado y sus componentes sonoros. Se consideró una selección rigurosa de investigaciones realizadas en contextos urbanos que presenten características similares a la de Lima Metropolitana. En consecuencia, la metodología empleada en el presente estudio se basó en investigaciones previas similares, seguida de una serie de pasos claramente definidos:

1. Identificación del área de estudio.
2. Descripción de las variables de estudio.
3. Determinación de los puntos y horarios de monitoreo.
4. Ejecución del monitoreo de ruido.
5. Procesamiento estadístico de los datos.
6. Cuantificación de los niveles de presión sonora atribuibles al uso del claxon, tráfico rodado y ruido de fondo.

A. Identificación del área de estudio

El área de estudio, la estación Naranjal, cuenta con un área total de 31 066 m² y abarca el tramo comprendido entre la cuadra 44 y cuadra 46 de la Av. Túpac Amaru, y la intersección con la Av. Gerardo Unger, ubicados en el distrito de Independencia, en Lima, Perú. Esta selección se fundamentó en el reporte elaborado por la ATU en junio de 2024, en el cual el módulo de medición ubicado en la estación Naranjal registró el nivel promedio de presión sonora más elevado del mes entre todas las estaciones: 69,76 dB; valor que además excede los límites recomendados por la OMS. Asimismo, en base a los resultados obtenidos por Flores (2024) [17], que identificó la zona como “un foco de contaminación acústica”, al exceder sistemáticamente los estándares de calidad ambiental de ruido para zonas mixtas.

B. Descripción de las variables de estudio

Las variables analizadas son cuantitativas debido a la naturaleza de los datos proporcionados en el monitoreo de ruido. La variable “Incidencias del uso del claxon”, hace referencia al número total de veces que el claxon fue accionado durante las jornadas de monitoreo. La contabilización se realizó in situ y se corroboró tras la revisión de las grabaciones efectuadas por cada punto e intervalo horario de monitoreo. Para ello, se empleó el software NoiseTools, que permitió el procesamiento de las mediciones para eliminar los picos de ruido generados por elementos sonoros ajenos al claxon, y facilitar la contabilización exacta del total de incidencias. El análisis de los registros audiovisuales también permitió identificar los escenarios viales que desencadenaron el uso del claxon. Considerando la metodología de investigaciones precedentes [2], se contabilizó y caracterizó el número de incidencias en base a las siguientes situaciones recurrentes en el área de estudio: invasión de carril, la lentitud vehicular, las paradas repentinas, el detenimiento completo y el anuncio de llegada. Cabe indicar que para asociar cada sonido con el vehículo emisor, se empleó el registro de video como herramienta de discriminación. Durante este proceso, se realizaron pausas y cortes estratégicos en las grabaciones para obtener muestras depuradas y focalizadas, logrando distinguir la fuente sonora con mayor claridad a pesar del flujo constante de tráfico.

Asimismo, se emplearon los descriptores de ruido (Ln), los cuales expresan los niveles de presión sonora que se perciben durante un porcentaje de tiempo en una medición [9]. El descriptor L10 hace referencia al ruido que se percibe el 10% del tiempo y está relacionado a eventos sonoros impulsivos. El descriptor L90 expresa el ruido que se percibe el 90% del tiempo; en el contexto de mediciones realizadas al tráfico rodado engloba a sus elementos sonoros y al ruido de fondo [18].

Los valores numéricos de dichos descriptores se obtuvieron tras la medición in situ del ruido del tráfico vehicular en el área de estudio, utilizando dos sonómetros de

modelo “Cirrus Research”, que son adecuados para detectar picos de ruido de alta precisión [19]. Ambos instrumentos contaron con certificado de calibración vigente y emitido por un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) en agosto del 2024.

Las mediciones realizadas con los sonómetros fueron transferidas al software NoiseTools, para su procesamiento y obtención de los descriptores de ruido. A partir de las mediciones, el software generó la distribución acumulada de frecuencias y determinó los percentiles correspondientes, obteniendo el L10 como el nivel de ruido superado durante el 10% del tiempo (percentil 90) y el L90 como el nivel de ruido superado durante el 90% del tiempo (percentil 10) [9].

C. Determinación de los puntos y horarios de monitoreo

El Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del Ministerio del Ambiente del Perú (en adelante, MINAM) e ISO 1996-2:2021 Acústica - Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental no establecen un número o distancia mínima entre los puntos de monitoreo para la medición del ruido de carretera. Una investigación precedente en la estación Naranjal ubicó diez puntos de monitoreo con una distancia aproximada de 50 metros entre cada uno [17]. En base a ello, la ubicación de los puntos de monitoreo se distribuyó considerando un muestreo probabilístico sistemático para mantener una distancia homogénea entre cada punto. El área de estudio presenta una distancia de 300 metros de longitud, y se ubicaron un total de tres puntos por cada vía considerando una distancia de 100 metros para mantener la independencia de las mediciones. La Figura 1 presenta los puntos de monitoreo y el área de estudio donde se realizaron las mediciones.



Fig. 1 Ubicación de los puntos de monitoreo dentro del área de estudio.

La codificación de los puntos de monitoreo hace referencia a su ubicación. Los puntos nombrados con el prefijo

“S” están próximos a las intersecciones viales, y aquellos con el prefijo “M” están ubicados a la mitad de cada vía.

Puntos de monitoreo a lo largo de la Av. Gerardo Unger:

- S-RA-01: 275746 m E y 8674777 m S
- M-RA-02: 275771 m E y 8674673 m S
- S-RA-03: 275792 m E y 8674573 m S

Puntos de monitoreo a lo largo de la Av. Túpac Amaru:

- S-RA-04: 275817 m E y 8674794 m S
- M-RA-05: 275844 m E y 8674691 m S
- S-RA-06: 275869 m E y 8674594 m S

Por otra parte, los horarios de monitoreo se establecieron considerando los intervalos horarios de mayor y menor flujo vehicular para maximizar la obtención de datos y su posterior análisis [8].

Horarios de monitoreo:

- Hora de madrugada: 5:00 am – 6:00 am
- Hora punta: 7:00 am – 8:00 am
- Hora de menor tránsito: 10:00 am – 11:00 am
- Hora punta: 12:00 pm – 1:00 pm
- Hora de tránsito medio: 3:00 pm – 4:00 pm
- Hora punta: 5:00 pm – 6:00 pm

Las jornadas de monitoreo se realizaron durante el horario diurno para minimizar los riesgos operativos, debido a la alta incidencia de robos y asaltos en la zona durante horarios nocturnos [20]. Las mediciones durante el horario de 5:00 am – 6:00 am fueron excepcionales y se efectuaron con el fin de obtener datos acústicos del área de estudio sin la presencia activa del tráfico.

D. Ejecución del monitoreo de ruido

Las mediciones de ruido se realizaron mediante seis jornadas diarias de monitoreo en los días: lunes 26, miércoles 28, viernes 30 de mayo y martes 03, jueves 05 y sábado 07 de junio de 2025. Las jornadas se realizaron con 48 horas de diferencia para mantener la independencia de las mediciones en base a la configuración de los puntos de monitoreo, la distancia entre ellos y las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana NTP ISO 1996-2:2021 para mediciones de tráfico rodado [21].

Los sonómetros fueron ubicados en las coordenadas previamente establecidas, a una altura de 1,5 m sobre el nivel del suelo y a una distancia de 3 m de la fuente de ruido [21]. Las mediciones se realizaron de manera simultánea en puntos de monitoreo ubicados en vías paralelas, instalando un sonómetro en cada vía. En este sentido, los registros se efectuaron en pares de puntos equivalentes (S-RA-01 con S-RA-04, M-RA-02 con M-RA-05 y S-RA-03 con S-RA-06), garantizando condiciones temporales homogéneas durante el registro y permitiendo la comparación directa entre ambas vías.



Fig.2 Sonómetros Cirrus Research empleados durante las jornadas de monitoreo

El monitoreo de ruido se llevó a cabo en cada punto de monitoreo y en los intervalos horarios establecidos, registrándose los primeros 10 minutos en cada caso. Esta metodología se adoptó considerando que periodos de medición de 10 minutos son adecuados para caracterizar de manera representativa el comportamiento del flujo vehicular y del entorno sonoro dentro de intervalos de una hora [17][22].

Asimismo, conforme a lo establecido en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del MINAM, se emplearon cadenas de custodia [12]. En dicho instrumento se registró la información por cada intervalo horario de medición, el código de los puntos de monitoreo, la ubicación geográfica (UTM84), la zonificación del área de estudio, el periodo de medición, la fecha de muestreo, la hora exacta de medición, y los valores acordes al L_{max} y L_{min} por cada punto de monitoreo

E. Procesamiento estadístico de los datos recolectados

En el monitoreo de ruido se realizaron 216 mediciones, las cuales fueron transferidas al software NoiseTools previamente instalado en una laptop. En base a dichas mediciones se verificó el número total de incidencias generadas por el uso del claxon por punto y horario de monitoreo. Para ello, se contabilizó el total de incidencias en base a los siguientes eventos definidos por Takada, invasión de carril, lentitud de vehículos, paradas repentinas, detenimiento completo y anuncio de llegada [19]. Además, se compararon los resultados con los contabilizados durante las mediciones in situ y las grabaciones de video efectuadas. [19].

Por otro lado, el software NoiseTools calculó 216 valores para L_{10} y L_{90} en base a las mediciones realizadas, registrando un total de 432 datos obtenidos sobre los descriptores de ruido. En la parte estadística, se tiene por objetivo determinar la correlación entre las variables “Incidencias del uso del claxon” y “Descriptor de ruido L_{10} ”. Por lo que, se emplearon los 216 datos correspondientes a cada variable para realizar las pruebas estadísticas pertinentes. Para ello, primero se analizaron ambas variables a través de su

representación gráfica utilizando diagramas de cajas, donde se evidenció que no presentaban datos atípicos.

Posteriormente, se realizó la prueba de normalidad de Ryan-Joiners con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$), para determinar la normalidad de ambos conjuntos de datos. En base a los resultados, solo los datos provenientes de la variable “Descriptor de ruido L_{10} ” presentaron una distribución normal. Ante ello, se realizó la transformación de Box-Cox en el conjunto de datos de la variable “Incidencias del uso del claxon” y se procedió a repetir la prueba de normalidad bajo el mismo nivel de significancia. Los resultados demostraron que existe la suficiente prueba estadística para asumir que ambos conjuntos de datos poseen una distribución normal, al calcularse un valor de p superior al nivel de significancia del 5%.

Considerando ello, se aplicó un método de correlación paramétrico utilizando la correlación de Pearson al cumplirse el supuesto de normalidad en ambas variables. Para emplear dicha prueba se utilizó un nivel de significancia del 5% en base a las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe correlación lineal entre el descriptor de ruido L_{10} y las incidencias del uso del claxon.

H_1 : Si existe correlación lineal entre el descriptor de ruido L_{10} y las incidencias del uso del claxon.

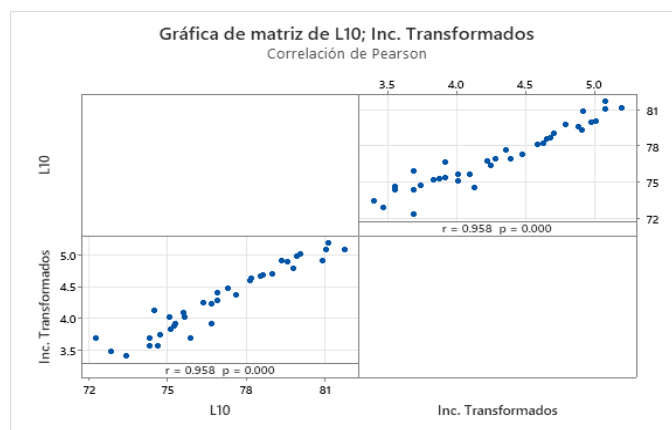


Fig.3 Gráfica de correlación de Pearson entre ambas variables del estudio.

El análisis de correlación de Pearson mostró un nivel de significancia menor a 0,05 ($p = 0,000$), lo que indica que existe evidencia estadísticamente significativa para afirmar la presencia de una relación lineal entre las variables analizadas. Asimismo, el coeficiente de correlación obtenido ($r = 0,958$) evidencia una relación lineal positiva muy fuerte, al ser un valor cercano a 1. En este sentido, los resultados indican que el incremento de los niveles de ruido representados por el descriptor L_{10} se asocia con un aumento en la cantidad de incidencias del uso del claxon. Cabe precisar que, si bien se observa una asociación significativa entre ambas variables,

este resultado no implica necesariamente una relación de causalidad. No obstante, dado que se realizó una depuración previa de los datos para emplear únicamente las contribuciones atribuibles al uso del claxon, se refuerza la hipótesis de que dicho factor tiene una influencia importante en los niveles de ruido registrados.

F. Cuantificación de los niveles de presión sonora atribuibles al uso del claxon, tráfico rodado y ruido de fondo

El análisis estadístico evidenció una asociación significativa entre el descriptor de ruido L10 y las incidencias del uso del claxon, lo que sugiere que este parámetro refleja adecuadamente los eventos sonoros de mayor intensidad asociados a dicha fuente. Por otro lado, el descriptor L90, que representa el nivel de ruido excedido el 90% del tiempo, se asocia generalmente con el ruido de fondo, predominantemente influenciado por el tráfico rodado según el horario y el punto de monitoreo.

En este contexto, se emplearon los valores de L90 registrados en el intervalo horario de 5:00 a 6:00 a.m. de todos los días de monitoreo. Estos valores están asociados a las condiciones de menor flujo vehicular y permitieron caracterizar el ruido de fondo en los puntos de monitoreo [9]. Para ello, los valores de L90 se compararon con los registros de monitoreo diurno correspondientes a cada día y se estimaron los decibeles atribuibles al tráfico rodado, diferenciándolos del ruido de fondo.

Paralelamente, los datos de los descriptores L10 y L90 obtenidos mediante el software NoiseTools a partir de las mediciones in situ se utilizaron para estimar el aporte en decibeles que es atribuible al uso del claxon. Para ello, se empleó el parámetro “Noise Climate” (NC), que relaciona los descriptores previamente identificados y expresa la fluctuación de los niveles de ruido en base a los picos sonoros y el ruido de fondo mediante la siguiente expresión:

$$NC = L10 - L90 [9].$$

Asimismo, en base a los resultados obtenidos, se calculó el promedio de picos de ruido generados por el uso del claxon al relacionar el ruido de fondo y los decibeles atribuibles al uso del claxon.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados estadísticos de los datos obtenidos en campo evidenciaron la existencia de una correlación lineal significativa entre las incidencias del uso del claxon y el descriptor de ruido L10. Durante el procesamiento de la información, se estimó el aporte en decibeles (dB) atribuible al uso del claxon, al tráfico rodado y al ruido de fondo en cada punto de monitoreo. Esto permitió identificar los picos de ruido generados por el uso del claxon y la evidenciar la

diferencia entre los decibeles generados por dicho factor contaminante y el ruido del tráfico rodado.

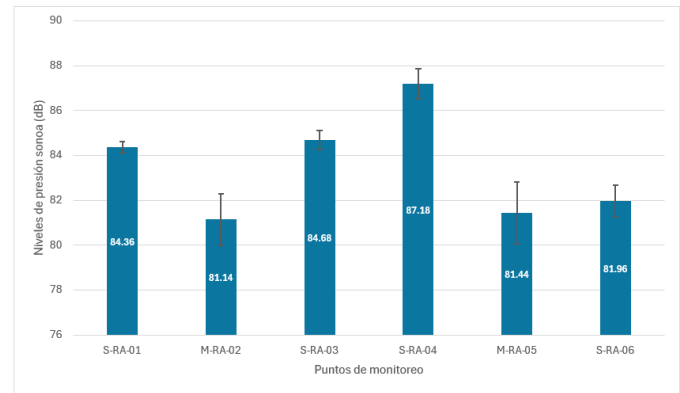


Fig.4 Promedio de picos de ruido generados por el uso del claxon en cada punto de monitoreo

TABLA I
VALORES ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

PUNTOS DE MONITOREO	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR
S-RA-01	0.30	0.12
M-RA-02	1.41	0.58
S-RA-03	0.51	0.21
S-RA-04	0.83	0.34
M-RA-05	1.67	0.68
S-RA-06	0.86	0.35

La Figura 4 presenta el promedio de los picos de ruido generados por el uso del claxon en los diferentes puntos de monitoreo, incorporando barras de error correspondientes a la incertidumbre expandida ($k = 2$), lo que representa un nivel de confianza aproximado del 95%.

Se observa que el punto S-RA-04 registra el mayor nivel promedio de presión sonora (87,18 dB), mientras que M-RA-02 presenta el valor más bajo (81,14 dB). Los demás puntos muestran valores intermedios, con niveles relativamente homogéneos entre 81 y 85 dB.

En cuanto a la incertidumbre asociada, los valores obtenidos oscilan entre 0,25 dB y 1,36 dB. El punto S-RA-01 presenta la menor incertidumbre ($\pm 0,25$ dB), lo que indica una mayor consistencia en las mediciones, mientras que M-RA-05 muestra la mayor incertidumbre ($\pm 1,36$ dB), evidenciando una mayor variabilidad en los datos registrados.

Asimismo, se observa que algunos puntos presentan superposición parcial de las barras de error, particularmente entre M-RA-02, M-RA-05 y S-RA-06, lo que sugiere que las diferencias entre sus valores promedio podrían no ser estadísticamente significativas. En contraste, el punto S-RA-04 presenta una separación más marcada respecto a los demás,

lo que refuerza su condición como el punto con mayor nivel de ruido asociado al uso del claxon.

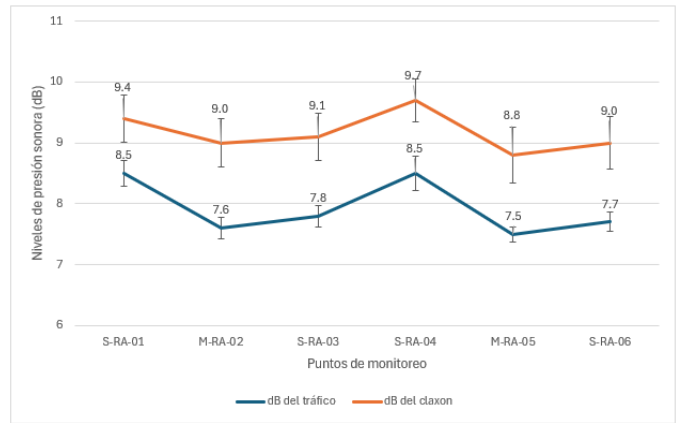


Fig.5 Promedio de decibeles (dB) generados por factor sonoro contaminante y punto de monitoreo

TABLA II
VALORES ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS DECIBELES DEL TRÁFICO

PUNTOS DE MONITOREO	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR
S-RA-01	0.26	0.11
M-RA-02	0.22	0.09
S-RA-03	0.21	0.09
S-RA-04	0.34	0.14
M-RA-05	0.15	0.06
S-RA-06	0.19	0.08

TABLA III
VALORES ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS DECIBELES DEL CLAXON

PUNTOS DE MONITOREO	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR
S-RA-01	0.47	0.19
M-RA-02	0.48	0.20
S-RA-03	0.48	0.20
S-RA-04	0.44	0.18
M-RA-05	0.57	0.23
S-RA-06	0.53	0.22

La Figura 5 muestra la variación de los niveles promedio de presión sonora generados por el tráfico vehicular y el uso del claxon en los distintos puntos de monitoreo, incorporando barras de error que representan la incertidumbre asociada a las mediciones. En todos los puntos evaluados, los niveles de ruido atribuibles al uso del claxon superan a los generados por el tráfico rodado, evidenciando una contribución adicional de este factor sonoro. El punto S-RA-04 presenta los valores más altos en ambas variables (9,7 dB para claxon y 8,5 dB para tráfico), mientras que M-RA-05 registra los niveles más bajos (8,8 dB y 7,5 dB, respectivamente).

En cuanto a la variabilidad de los datos, los resultados muestran que el ruido asociado al claxon presenta una mayor dispersión en comparación con el tráfico vehicular, lo cual se evidencia en los valores de desviación estándar, que oscilan entre 0,44 dB y 0,57 dB para el claxon, frente a un rango de 0,15 dB a 0,34 dB para el tráfico. De manera consistente, los valores de error estándar también son mayores para el claxon, lo que indica una mayor variabilidad en los eventos sonoros asociados a su uso. En conjunto, estos resultados sugieren que, si bien el tráfico constituye una fuente constante de ruido, el uso del claxon introduce fluctuaciones adicionales que incrementan la variabilidad del entorno acústico en los puntos de monitoreo evaluados. Finalmente, se determinó que el nivel promedio de presión sonora asociado al uso del claxon es de 9,3 dB. Este valor refuerza la evidencia de que el claxon constituye una fuente relevante de ruido dentro del entorno estudiado, aportando de manera consistente a los niveles sonoros registrados y complementando la contribución del tráfico vehicular.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que, en promedio, el uso del claxon genera un incremento de 9,3 dB en los niveles de presión sonora, además de presentar una mayor variabilidad en comparación con el ruido continuo del tráfico.

Este comportamiento puede explicarse por las características del área de estudio, ubicada en el entorno inmediato de la estación Naranjal, un nodo de transporte con alta afluencia peatonal y vehicular. Asimismo, los niveles de ruido están influenciados por factores como los horarios de mayor demanda y la presencia de intersecciones semaforizadas. En particular, en el área de estudio se identificaron cuatro semáforos (dos por cada vía), los cuales generan detenciones frecuentes y favorecen la congestión vehicular.

En concordancia con otros estudios realizados en países como Uganda, Bangladesh, India y Taiwán [11][14], los mayores niveles de ruido se registran en horarios de alta afluencia, específicamente entre las 7:00 y 8:00 h y entre las 17:00 y 18:00 h. Asimismo, los puntos de monitoreo ubicados más próximos a los semáforos presentaron los niveles de presión sonora más elevados [24].

La concentración de vehículos, sumada a la proximidad de múltiples intersecciones viales, incrementa la frecuencia de detenciones, maniobras y conflictos en el tránsito, favoreciendo el uso reiterado del claxon como respuesta al congestionamiento [9]. Estas condiciones no solo elevan los niveles de ruido, sino que también intensifican su carácter intermitente.

En términos comparativos, los resultados son consistentes con estudios internacionales que reportan incrementos atribuibles al claxon entre 2 dB y 13 dB en países como India, y valores promedio cercanos a 9,5 dB en Taiwán [19][23]. Asimismo, en contextos como Bangladesh se han registrado niveles elevados de ruido asociados al tráfico vehicular, alcanzando rangos entre 75 dB y 88 dB [9]. No obstante, existen diferencias en la magnitud del impacto, como en el caso de Taipéi, donde se reportan incrementos menores (hasta 6 dB), lo cual puede estar asociado a menores niveles de congestión y a una mejor gestión del tránsito. En este sentido, factores como la densidad urbana, el nivel de congestión vehicular y los horarios de monitoreo influyen directamente en el comportamiento del ruido.

Finalmente, la comparación con estudios previos permite no solo validar los hallazgos, sino también analizar el rol de las estrategias de gestión del ruido urbano. Experiencias como la política “*No Horn Rule*” implementada en Katmandú han demostrado que la regulación del uso del claxon puede contribuir a la reducción de su incidencia en el ambiente sonoro. Sin embargo, su efectividad depende en gran medida del nivel de fiscalización y del comportamiento de los conductores [7]. En contraste, en el área de estudio no se evidencian medidas específicas de control, lo que podría explicar los niveles de ruido elevados registrados. En consecuencia, los resultados del presente estudio ponen en evidencia la necesidad de implementar políticas focalizadas, basadas en evidencia, que permitan regular el uso del claxon y mitigar su impacto en contextos urbanos con alta congestión vehicular.

REFERENCES

- [1] Y. E. Quispe, D. R. Valle, J. E. Pérez y J. H. Fernandez, “Modelamiento estadístico de ruido producido por el tráfico vehicular en el Emporio Comercial de Gamarra, Perú,” *Espacios*, vol. 46, no. 3, pp. 251–262, 2025.
- [2] S. Nsumba et al., “Environmental noise mapping and urban sound recordings in Uganda,” *Scientific Data*, vol. 13, art. 345, 2026. doi: 10.1038/s41597-026-06658-w
- [3] Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), Reporte de ruido ambiental, Lima, Perú, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://portal.atu.gob.pe/ReporteCalidadAmbiental/>
- [4] UNECE, Convención sobre la circulación vial, Ginebra, Suiza, 1968. [En línea]. Disponible en: <https://unece.org>
- [5] World Health Organization (WHO), Compendium of WHO and other UN guidance in health and environment, 2024. doi: 10.2471/BLT.24.009538
- [6] V. Poblete et al., “Interpretable machine learning of urban noise levels,” *Sustainable Cities and Society*, 2026. doi: 10.1016/j.scs.2026.107356
- [7] R. Chauhan, A. Shrestha y D. Khanal, “Noise pollution and effectiveness of policy interventions in Kathmandu,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, no. 27, 2021. doi: 10.1007/s11356-021-13236-7
- [8] C. Ma, Z. Dai y W. Zhang, “Recognition of car horns based on MFCC and SVM,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 120, 2024. doi: 10.1016/j.compeleceng.2024.109666
- [9] M. H. Masum et al., “Spatiotemporal monitoring and assessment of noise pollution in an urban setting,” *Environmental Challenges*, vol. 5, 2021. doi: 10.1016/j.envc.2021.100218
- [10] H. M. Lee et al., “Traffic noise reduction strategy in large cities,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 12, 2022. doi: 10.3390/app12126027
- [11] PCM, Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM, Perú, 2003.
- [12] Ministerio del Ambiente (MINAM), Resolución Ministerial N.º 227-2013-MINAM, Lima, Perú, 2013.
- [13] Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Decreto Supremo N.º 025-2008-MTC, Lima, Perú, 2008.
- [14] El Peruano, “Ordenanza sobre ruidos molestos en Huachipa,” 2023. [En línea]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/>
- [15] Municipalidad de Miraflores, Ordenanza N.º 168-2004/MM, Lima, Perú, 2004.
- [16] Ministerio de Salud (MINSA), Resolución Ministerial N.º 298-2025-MINSA, Lima, Perú, 2025.
- [17] J. Flores Rojas, Evaluación ambiental por ruido en la estación Naranjal, Tesis, Univ. Nac. Federico Villarreal, Lima, Perú, 2023.
- [18] C. Guarnaccia et al., “Review of road traffic noise emission modelling,” *Current Pollution Reports*, vol. 10, pp. 662–683, 2024. doi: 10.1007/s40726-024-00319-5
- [19] M. Takada et al., “Driver horn use and acoustic environment in Taiwan,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 12, 2022. doi: 10.3390/app12125917
- [20] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Sistema Integrado de Estadísticas de Criminalidad y Seguridad Ciudadana, Lima, Perú, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://datacrim.inei.gob.pe/>
- [21] M. Salim y S. Saravanan, “Noise exposure levels of pedestrians in Chennai,” *J. Environ. Eng. Landsc. Manag.*, vol. 32, no. 3, pp. 211–221, 2024. doi: 10.3846/jeelm.2024.21834
- [22] H. G. Gamero Motta, “Comparación de niveles de ruido en Lima y Latinoamérica,” *Revista Kawsaypacha*, no. 5, 2020.
- [23] K. Aditya y V. Chowdary, “Influence of honking on traffic noise,” *Environmental and Climate Technologies*, vol. 24, no. 1, 2020. doi: 10.2478/rtuct-2020-0002
- [24] A. Yadav et al., “Modelling of traffic noise near urban intersections,” *Transportation Research Part D*, vol. 112, 2022. doi: 10.1016/j.trd.2022.103474