



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Elaboración de mapas de calor de tráfico y ruido en el centro urbano de la  
Ciudad de Azogues**

Trabajo previo a la obtención del título de:

**INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Nombres de autores:

Christian Geovanny Ayora Sari  
Manuel Ignacio Sanmartin Sanmartin

Nombre del director:

Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque PhD.

Cuenca – Ecuador  
2024

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a aquellos cuyas contribuciones, apoyo y amor han sido el motor detrás de cada palabra escrita y cada descubrimiento alcanzado. A mis padres Ivan Ayora y Eloisa Sari, por su constante aliento, comprensión y sacrificio a lo largo de este viaje académico, a mi hermano por su constante apoyo. Sin su apoyo incondicional, esta tesis no habría sido posible. A mis profesores y asesores, cuya sabiduría, orientación y paciencia han sido fundamentales para mi crecimiento intelectual y la realización de este trabajo.

Christian Ayora

**Dedicatoria.**

Dedico este trabajo a mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y etapa universitaria; a mí mismo, por nunca rendirme ante las adversidades y por perseverar, superando todos los retos; a mis hermanos, por ser un pilar fundamental en mi vida y siempre dispuestos a ayudarme. También quiero dedicar este trabajo a mis abuelitos, quienes, aunque ya no estén en este mundo, sé que desde el cielo siguen cuidándome.

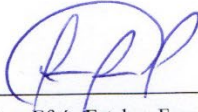
Manuel Ignacio Sanmartin.

# Elaboración de mapas de calor de tráfico y ruido en el centro urbano de la ciudad de Azogues


## Resumen

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal elaborar mapas de calor de tráfico y ruido vehicular. El propósito de estos mapas es proporcionar una visión de cómo se están llevando a cabo los desplazamientos y los niveles de decibeles de sonido durante las horas pico en la ciudad. Para llevar a cabo este proyecto, se utilizaron los softwares ArcMap para los mapas de ruido y QGIS para los mapas de tráfico vehicular. Además, se busca generar soluciones para mejorar la movilidad en el casco urbano en el futuro. Para la recolección de datos, se emplearon equipos de monitoreo y medidores de ruido ubicados en zonas estratégicas. La importancia de este estudio radica en su potencial para contribuir al desarrollo sostenible de Azogues, al proporcionar información precisa y accesible sobre los patrones de movilidad en el centro urbano. Los resultados obtenidos no solo serán útiles para las autoridades locales, sino que también podrán servir como base para futuras investigaciones relacionadas con la calidad del entorno urbano y el bienestar de la población.

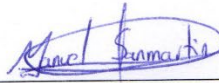
**Palabras clave:** mapa de calor, mapa de ruido, tráfico.



Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque PhD.  
Director del trabajo de Titulación



Christian Geovanny Ayora Sari  
Autor



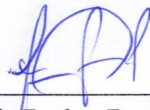
Manuel Ignacio Sanmartín Sanmartín  
Autor

# Elaboration of traffic and noise heat maps in the urban center of the city of Azogues.

## Abstract

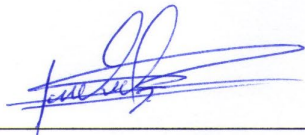
The main objective of this research project is to develop heat maps of traffic and vehicular noise. The purpose of these maps is to provide a view of how commuting and sound decibel levels are being conducted during peak hours in the city. To carry out this project, ArcMap software was used for the noise maps and QGIS for the vehicular traffic maps. In addition, the project seeks to generate solutions to improve mobility in the urban area in the future. For data collection, monitoring equipment and noise meters located in strategic areas were used. The importance of this study lies in its potential to contribute to the sustainable development of Azogues by providing accurate and accessible information on mobility patterns in the urban center. The results obtained will not only be useful for local authorities, but may also serve as a basis for future research related to the quality of the urban environment and the well-being of the population.

**Keywords:** heat map, noise map, traffic, speed, Qgis, ArcMap.



---

Ing. Efrén Esteban Fernández Palomeque PhD.  
Thesis Director



---

Christian Geovanny Ayora Sari  
Author



---

Manuel Ignacio Sanmartín Sanmartín  
Author

## Índice de contenidos

<b>A. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Contaminación acústica.....	2
<b>B. METODOLOGÍA</b> .....	2
Área de estudio .....	2
Método de análisis .....	2
<b>C. DESARROLLO</b> .....	3
Método de análisis.....	3
<b>Ruido</b> .....	3
Toma de datos .....	3
<b>Procesamiento de datos</b> .....	3
<b>Generación de mapas de calor</b> .....	4
Mapas de calor de tráfico vehicular.....	4
<b>Toma de datos</b> .....	4
<b>Segmentación de datos</b> .....	4
<b>Generación de mapas de calor de tráfico</b> .....	4
<b>D. RESULTADOS</b> .....	5
Densidad de tráfico elevada.....	5
Resultados de ruido .....	6
<b>Niveles de ruido matutinos</b> .....	6
<b>E. CONCLUSIONES</b> .....	7
<b>F. REFERENCIAS</b> .....	7

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Puntos críticos de afectación identificados</i> .....	3
<i>Tabla 2. Datos de ruido en la mañana.</i> .....	6

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> La imagen muestra los vehículos mal parqueados y la congestión que estos causan a la hora de salida de los estudiantes de las escuelas. ....	2
<b>Figura 2.</b> Mapa de Azogues en donde se llevó a cabo el estudio de tráfico y ruido. ....	2
<b>Figura 3.</b> Ubicación del sonómetro en las intersecciones de las calles para toma de datos cumpliendo con la norma IEC 61672.....	3
<b>Figura 4 .</b> Mapa de ruido obtenido en los diferentes puntos críticos de afectación dentro de la ciudad de Azogues. ....	4
<b>Figura 5.</b> Esquema de obtención de datos de tráfico. Se llevo a cabo la obtención de datos mediante el dispositivo OBDII mediante una conexión bluetooth a un celular con la aplicación torque.....	4
<b>Figura 6.</b> Mapa general de zonas de tráfico donde se evidencia los tramos de la vía donde existe congestión vehicular.....	5
<b>Figura 7.</b> Tráfico vehicular de 6:40 a 8:00 am, donde se observa gran congestionamiento vehicular en las calles aledañas a las escuelas.....	5
<b>Figura 8.</b> Tráfico vehicular de 12:00 a 1:00pm .....	5
<b>Figura 9.</b> Mapa de calor de tráfico en horas valle. ....	5
<b>Figura 10.</b> Mapa de calor con alto nivel de ruido en las calles Bartolomé Serrano y Guayas, sector del centro educativo La Providencia. ....	6
<b>Figura 11.</b> Mapa de ruido en el horario de 10:00 a 11:00 am, donde se evidencia niveles de ruido de 71,53 dB en la intersección de las calles Antonio José de Sucre y Matovelle. ....	6
<b>Figura 12.</b> Mapa de ruido en el horario de 12:00 a 1:00 pm, donde se evidencia niveles de ruido altos en diferentes puntos del centro de la ciudad. ....	7
<b>Figura 13.</b> Mapa de ruido de 8:00 a 10:00am, donde existe nivel de ruido bajo en el centro de Azogues y una presencia considerable de ruido en la avenida 16 de abril. ....	7

# *Elaboración de mapas de calor de tráfico y ruido en el centro urbano de la ciudad de Azogues*

Christian Geovanny  
Ayora Sari  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
[Ayora-1997@es.uazuay.edu.ec](mailto:Ayora-1997@es.uazuay.edu.ec)

Manuel Ignacio  
Sanmartin Sanmartin  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
[manusanmartin@es.uazuay.edu.ec](mailto:manusanmartin@es.uazuay.edu.ec)

Efrén Esteban  
Fernández Palomeque  
Universidad del Azuay  
Cuenca, Ecuador  
[efernandez@es.uazuay.edu.ec](mailto:efernandez@es.uazuay.edu.ec)

**Resumen.** El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal elaborar mapas de calor de tráfico y ruido vehicular. El propósito de estos mapas es proporcionar una visión de cómo se están llevando a cabo los desplazamientos y los niveles de decibeles de sonido durante las horas pico en la ciudad. Para llevar a cabo este proyecto, se utilizaron los softwares ArcMap para los mapas de ruido y QGIS para los mapas de tráfico vehicular. Además, se busca generar soluciones para mejorar la movilidad en el casco urbano en el futuro. Para la recolección de datos, se emplearon equipos de monitoreo y medidores de ruido ubicados en zonas estratégicas. La importancia de este estudio radica en su potencial para contribuir al desarrollo sostenible de Azogues, al proporcionar información precisa y accesible sobre los patrones de movilidad en el centro urbano. Los resultados obtenidos no solo serán útiles para las autoridades locales, sino que también podrán servir como base para futuras investigaciones relacionadas con la calidad del entorno urbano y el bienestar de la población.

**Palabras clave:** *mapa de calor, mapa de ruido, tráfico, velocidad, Qgis, ArcMap.*

**Abstract.** The main objective of this research project is to develop heat maps of traffic and vehicular noise. The purpose of these maps is to provide a view of how commuting and sound decibel levels are being conducted during peak hours in the city. To carry out this project, ArcMap software was used for the noise maps and QGIS for the vehicular traffic maps. In addition, the project seeks to generate solutions to improve mobility in the urban area in the future. For data collection, monitoring equipment and noise meters located in strategic areas were used. The importance of this study lies in its potential to contribute to the sustainable development of Azogues by providing accurate and accessible information on mobility patterns in the urban center. The results obtained will not only be useful for local authorities, but may also serve as a basis for future research related to the quality of the urban environment and the well-being of the population.

**Keywords:** *heat map, noise map, traffic, speed, Qgis, ArcMap.*

## **A. INTRODUCCIÓN**

Actualmente, en las ciudades con mayor número de población ha aumentado la cantidad de vehículos y, por ende, el flujo vehicular ha tenido una magnitud superior, esto provoca que el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes afecten al ambiente. Según Aymar y Peña (2018) mencionan que en países desarrollados las personas se ven afectados por el tráfico vehicular, porque su recorrido toma mayor tiempo para llegar a su destino y concierne un consumo extra de combustible; es por esto por lo que los autores plantean una posible solución que es determinar los puntos de mayor congestión vehicular empleando los mapas de calor. [1] Pero para Rodríguez y Duarte (2019) un mapa de calor es una representación de la densidad relativa de varios puntos graficados que se relacionan con la variabilidad, la concentración y la distribución observada. [2] En la ciudad de Azogues rigen ordenanzas para prevenir la afectación del ruido en la salud de las personas; es así como el Consejo Municipal del Gobierno Autónomo de Azogues (2018), en el artículo 392 sanciona al conductor que utiliza reiteradamente la bocina, con el fin de prevenir afectaciones, sin embargo, se puede evidenciar que el sonido va en aumento. [3]

Barroso (2015) afirma que la gran importancia del ruido radica en el impacto de los seres vivos, lo que significa que se puede experimentar muchos problemas auditivos como pérdida de audición, deterioro del equilibrio, fatiga y cambios del sueño. La autora menciona que las principales razones del aumento de los niveles de presión sonora son el rápido crecimiento de la población y el aumento del número de vehículos. [4] Es así, que Zamorano, et. al (2019) menciona que el ruido generado por los vehículos en la zona rural de Matamoros (Tamaulipas, México) ha sido objeto de creciente preocupación en los últimos años, dado su impacto significativo en el medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades rurales. Diversos estudios han abordado este tema desde diferentes perspectivas, analizando los factores que contribuyen a la generación de ruido en vehículos, así como sus efectos en el entorno y en la salud humana. [5]

Palomo (2016) dice que el tráfico se refiere a la acumulación de vehículos en un área específica de la ciudad, lo



que provoca congestión. Por otro lado, se utiliza para describir el movimiento o circulación de vehículos o personas por las calles. [6] El movimiento de vehículos se conoce comúnmente como tráfico o tráfico vehicular. En las metrópolis, el tránsito juega un papel crucial en la vida diaria. Dependiendo de las condiciones de tránsito, una persona puede retrasarse para llegar al trabajo o pasar varias horas en sus viajes.

La congestión vehicular hace referencia a los atascos, son el problema de tránsito más evidente. Esto sucede cuando el tráfico no fluye libremente debido a que el número de vehículos excede la capacidad de una calle. Cuando se produce un atasco, los automóviles no pueden moverse normalmente y deben disminuir su velocidad o incluso detenerse figura 1.



**Figura 1.** La imagen muestra los vehículos mal parqueados y la congestión que estos causan a la hora de salida de los estudiantes de las escuelas.

Un mapa de calor es una forma de visualizar datos a través del uso de colores que representan diferentes niveles de actividad. Los colores oscuros suelen indicar una actividad menor, mientras que los colores brillantes señalan una actividad mayor. Existen diversos esquemas de color que se pueden aplicar en un mapa de calor, cada uno con sus propios pros y contras. Los mapas que utilizan colores del arco iris son comúnmente usados debido a que los humanos pueden distinguir más tonos de color que de gris, lo cual teóricamente incrementaría la cantidad de detalles visibles en la imagen. [7]

### **Contaminación acústica**

La contaminación acústica, o contaminación sonora, se refiere a la presencia excesiva de ruido en el ambiente, usualmente generado por actividades humanas como el tráfico vehicular, la construcción, la industria y el ocio. Amable, et. al (2017) indica que la exposición crónica al ruido puede tener impactos negativos en la salud humana, el bienestar psicológico y la calidad del ambiente. [8] La medición y el análisis de niveles de ruido son esenciales para identificar áreas de alta contaminación acústica.

## **B. METODOLOGÍA**

En este proyecto se aplicó la técnica de observación que según Rekalde, Vizcarra y Macazaga (2014) desempeña un papel fundamental al proporcionar una ventana directa hacia el mundo real y los fenómenos que se estudian. Al involucrar la atención detallada y sistemática en la recolección de información, la observación permite capturar comportamientos, interacciones y eventos en su contexto natural. [9] La observación realizada posibilitó el análisis y el registro de patrones de tráfico vehicular y la identificación de áreas con alta concentración de ruido, ofreciendo información crucial para la elaboración de mapas detallados.

### **Área de estudio**

Esta investigación se realizó en la ciudad de Azogues figura 2, ciudad que pertenece a la provincia de Cañar; tiene una superficie de 14,34km<sup>2</sup> y una población de 70.000 habitantes según el Censo (2010), en esta ciudad, se identificaron zonas críticas mediante el conteo de vehículos tanto en horas pico como en horas valle.



**Figura 2.** Mapa de Azogues en donde se llevó a cabo el estudio de tráfico y ruido.

### **Método de análisis**

Para llevar a cabo este estudio se basó de acuerdo con el anexo VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). [10] Donde se procedió a identificar las zonas de mayor tráfico y puntos críticos de afectación (PCA). Se realizó la recolección, análisis de datos y generación de mapas de ruido y de calor de tráfico respectivamente. Los datos empleados en la creación de mapas de calor de tráfico se obtuvieron de los recorridos de vehículos particulares y privados, los cuales proporcionan información sobre velocidad (km/h), latitud y longitud (WGS84), altitud (m), hora (hora, minutos, segundos), Consumo instantáneo (mL/s), fecha (día, mes, año). En cuanto a los mapas de ruido, los datos se recopilaban mediante sensores acústicos

(sonómetros) colocados en los PCA. Para realizar este estudio se procedió a calibrar el sonómetro; cumpliendo con los requerimientos señalados por la norma IEC 61672, primero se configuró la fecha y hora del sonómetro y luego se ajustó el canal de medición tipo A que abarca el rango de sonido máximo a ser detectado de 130 dB por segundo, así como el intervalo de tiempo para la toma de datos que se almacenarán en la memoria interna del dispositivo.

para su debido uso. El micrófono del instrumento de medición estuvo ubicado a una altura entre 1,2m y 1,5m del suelo, y a una distancia de por lo menos 1,5 metros de las paredes, como se observa en la figura 3.



**Figura 3.** Ubicación del sonómetro en las intersecciones de las calles para toma de datos cumpliendo con la norma IEC 61672.

El período de recopilación de datos duró aproximadamente un mes, comenzando el 27 de marzo y finalizando el 21 de abril de 2023, en el horario de (6:30 a 14:00) enfocándonos en los horarios (6:30 - 7:30) y (13:00 – 14:00), también, se tomaron datos cada viernes de (20:00 a 22:00), en la avenida 16 de Abril para los mapas de ruido.

### C. DESARROLLO

#### Método de análisis

#### Ruido

La ciudad de Azogues cuenta con “la ordenanza sustitutiva de prevención y control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido proveniente de fuentes fijas y móviles, en el cantón Azogues”, en la cual detallan los niveles de ruido máximo permitidos.

#### Toma de datos

A través del conteo de vehículos en el lapso de una hora en zonas estratégicas de la ciudad donde se pudo identificar 15 puntos críticos de afectación (PCA), de los cuales 12 se localizan en el área central de la ciudad de Azogues y 3 en las vías de acceso principales, como se observa en la tabla 1.

**Tabla 1.** Puntos críticos de afectación identificados

Número de puntos	PCA Calles
1	Bartolomé Serrano y Guayas
2	Bartolomé Serrano y Emilio Abad
3	Bartolomé Serrano y Benigno Rivera
4	Luis Cordero y Fray Vicente Solano
5	Luis Cordero y 3 de Noviembre
6	Benigno Rivera y 3 de Noviembre
7	Emilio Abad y 3 de Noviembre
8	Guayas y 3 de Noviembre
9	Julio M Matovelle y José de Sucre
10	José de Sucre y Emilio Abad
11	Simón Bolívar y Fray Vicente Solano
12	5 esquinas (Av. Juan Bautista)
13	Panamericana y Che Guevara
14	Panamericana y Luis M Gonzales
15	Calle 16 de Abril

**Nota.** Listado de los 15 puntos determinados en la ciudad de Azogues, donde se obtuvieron los datos de ruido.

Estos 15 puntos críticos fueron utilizados para la recolección de datos de niveles de ruido. El sonómetro utilizado para realizar este estudio es de marca TL-200, teniendo un rango de medición de 30 a 130 decibeles con una exactitud de +/- 1,5 decibeles. Inicialmente, se llevó a cabo la recolección de datos en los PCA. Los cuales registraron los niveles de ruido en decibeles (dB). Se obtuvieron datos en diferentes horas y lugares dentro de la ciudad, los datos recopilados fueron transferidos a una computadora para su posterior agrupación en el software Excel, con el fin de crear mapas de ruido que reflejen las variaciones de ruido en distintos momentos del día.

#### Procesamiento de datos

Los datos obtenidos fueron clasificados por horarios y zonas de ubicación, con el propósito de verificar los niveles de ruido durante las mediciones y simplificar la evaluación y comparación de las muestras, se calculó el promedio (Leq) de los datos obtenidos por cada PCA, utilizando la fórmula establecida en el (TULSMA), para cada muestra correspondiente.

$$L_{eq}Prom = 10 \log \left[ \frac{1}{ni} \times (10^{0,1leq} + 10^{0,1leq2} \dots + 10^{0,1leqn}) \right]$$

- L es el nivel de presión sonora.
- Eq es la equivalencia.
- P es el promedio de los datos Leq( promedio logaritmico).

### Generación de mapas de calor

Para la generación de mapas de ruido se utilizó el software ArcMap, ya que, ofrece herramientas específicas para el análisis de datos geospaciales, incluyendo herramientas para el análisis de ruido y la generación de mapas de calor. Para la elaboración de utilizaron las coordenadas del Norte como del Este para cada PCA con sus respectivos datos de ruidos, mediante el método de interpolación IDW (Ponderación de distancia inversa), se obtuvo los mapas de ruido por horarios y zonas. figura 4.



Figura 4. Mapa de ruido obtenido en los diferentes puntos críticos de afectación dentro de la ciudad de Azogueña.

### Mapas de calor de tráfico vehicular

#### Toma de datos

Se emplearon cuatro vehículos, dos de transporte escolar marca JAC y dos vehículos privados marca KIA, para la recolección de datos de tráfico, los cuales se obtuvieron a lo largo de dos meses de recorridos realizados en la ciudad en distintos horarios del día. Los datos fueron adquiridos a través de la interfaz OBD-II (On Board Diagnostic), un sistema de diagnóstico a bordo en vehículos que permite la monitorización y control exhaustivo de parámetros de funcionamiento del motor y del vehículo. Esta interfaz estaba conectada mediante conexión bluetooth a un teléfono celular, el cual almacenó los datos utilizando la aplicación Torque, permitiéndonos visualizar y guardar los datos tanto del motor como de las rutas realizadas, como se muestra en la figura 5.

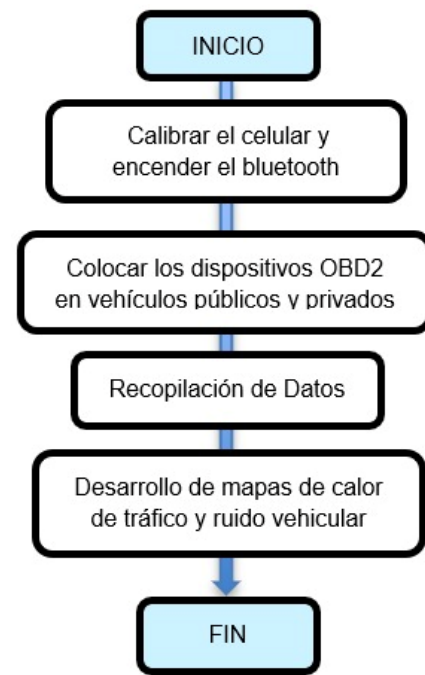


Figura 5. Esquema de obtención de datos de tráfico. Se llevo a cabo la obtención de datos mediante el dispositivo OBDII mediante una conexión bluetooth a un celular con la aplicación torque.

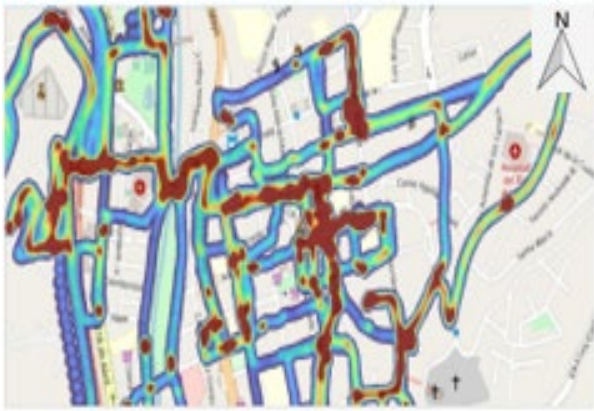
#### Segmentación de datos

Inicialmente, se recopilaron y clasificaron los datos tanto de las busetas como de los autos particulares según horarios y recorridos, ya que estos vehículos realizan trayectos distintos dentro de la urbe Azogueña. A partir de esta clasificación, se elaboró un gráfico que se presenta en la figura 6, el cual muestra el flujo vehicular por las calles aledañas al centro urbano, los vehículos alcanzan velocidades promedio entre 14 y 16 km/h, reflejando las áreas de mayor congestión vehicular en las horas de la mañana.

#### Generación de mapas de calor de tráfico

Para generar los mapas de calor del tráfico, se utilizó el software QGIS, el cual, es capaz de manejar una variedad de formatos de datos geospaciales, lo que facilita la integración de diferentes fuentes de datos relacionadas con el tráfico. En primer lugar, se preparó el mapa base y se filtraron los datos por franjas horarias. Luego, se ingresaron los datos de ubicaciones y recorridos, así como los datos de la velocidad, para generar el mapa de calor de tráfico, tal como se ilustra en la Figura 6. Estos mapas permitieron analizar el comportamiento del tráfico en distintas áreas y momentos del día en la ciudad, enfocándonos en el centro urbano, las zonas aledañas a las unidades educativas y hospitales.





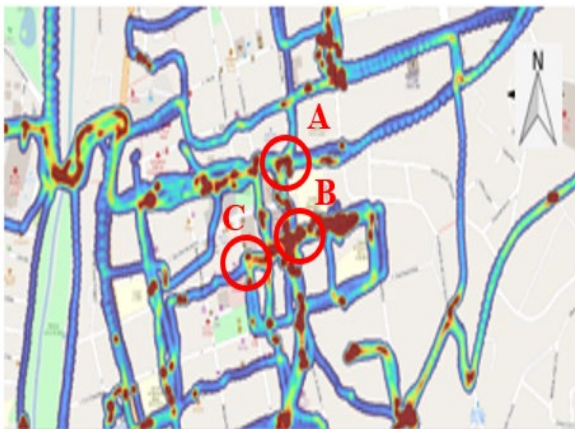
**Figura 6.** Mapa general de zonas de tráfico donde se evidencia los tramos de la vía donde existe congestión vehicular.

#### **D. RESULTADOS**

Los resultados presentados revelan información específica sobre el centro urbano de la ciudad de Azogues. Esta área fue seleccionada para el estudio debido a la concentración de instituciones educativas, centros de salud y establecimientos comerciales, lo que genera un intenso tráfico vehicular y una alta contaminación auditiva. Todos los mapas presentados están en una escala 1:1854. A continuación, se detallan los principales hallazgos relacionados con esta zona:

##### **Densidad de tráfico elevada**

Los mapas de calor muestran una alta concentración de tráfico vehicular en el centro urbano de Azogues, reflejando colores intensos en las zonas de mayor tráfico. Este mapa se realizó en el horario de 6:40 a 8:00 de la mañana ya que en estos horarios los estudiantes ingresan a clases, se puede identificar lugares con alta congestión vehicular en las zonas aledañas a las instituciones educativas como se muestra en la figura 7.



**Figura 7.** Tráfico vehicular de 6:40 a 8:00 am, donde se observa gran congestión vehicular en las calles aledañas a las escuelas.

Se identificaron áreas específicas dentro del centro urbano donde la congestión del tráfico es especialmente notable como en las calles, A: Emilio Abad y Bartolomé Serrano y

B: Emilio Abad y Antonio José de Sucre en donde se encuentra la escuela La Providencia, así como, en las calles C: Antonio José de Sucre y Simón Bolívar. Estos puntos críticos pueden asociarse con intersecciones congestionadas, estacionamientos limitados y la presencia de semáforos.

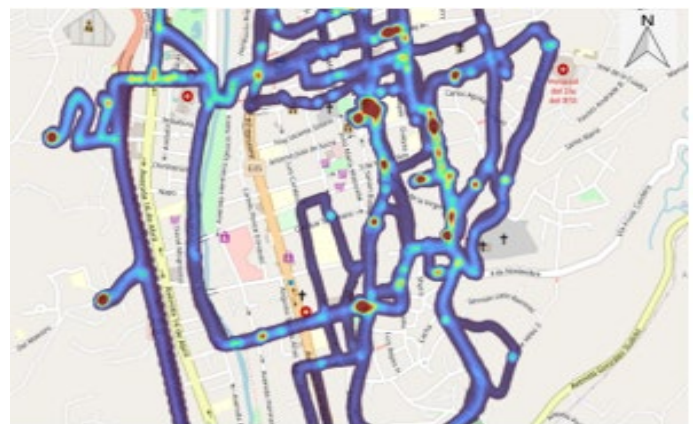
Se llevó a cabo un estudio adicional durante los horarios de la tarde, específicamente de 12:00 p.m. a 1:00 p.m., periodo en el cual se evidencia mayor tráfico, ya que los estudiantes ingresan y salen de las instituciones académicas, como se ilustra en la figura 8, en las calles D: Emilio Abad y Fray Vicente Solano.



**Figura 8.** Tráfico vehicular de 12:00 a 1:00pm

Para complementar este estudio, se llevaron a cabo recorridos durante las horas valle, en las cuales se pudo observar que no existe una mayor cantidad de tráfico vehicular en comparación con los mapas anteriores. Sin embargo, durante estos recorridos se identificaron zonas de congestión, principalmente atribuidas al sistema de semaforización de la ciudad.

Además, se observó que durante las horas valle, aunque la cantidad de vehículos es menor, la presencia de congestión en ciertas áreas indica la importancia de mejorar la eficiencia del sistema de control de tráfico, no solo en horas pico, sino también durante periodos de menor demanda.



**Figura 9.** Mapa de calor de tráfico en horas valle.

## Resultados de ruido

### Niveles de ruido matutinos

Los datos presentados en la tabla 2, representan las ubicaciones de los puntos y nombres de las calles (PCA). El L-promedio indica la energía media del ruido en el horario de 6:30 a 7:30, que corresponde al horario de entrada de las escuelas ubicadas en la zona. Estos datos provienen de un total de 10 muestreos.

**Tabla 2.** Datos de ruido en la mañana.

# Pts.	GMS Norte	GMS Este	L prom. dB	Calles
1	9697183,9	739458,4	68,39	Serrano y Guayas
2	9697149,5	739256,3	67,68	Serrano y Emilio Abad
3	9697042,5	739192,9	72,60	Serrano y Benigno Rivera
4	9696913,9	739226,7	68,84	Cordero y Solano
5	9696935,6	739319,2	68,14	Cordero y 3 de Noviembre
6	9696982,2	739508,0	66,85	Rivera y 3 de Noviembre
7	9696999,4	739579,1	67,51	Abad y 3 de Noviembre
8	9697048,1	739384,0	68,78	Guayas y 3 de Noviembre
9	9697074,2	739480,2	68,40	Matovelle y Sucre
10	9697121,1	739424,7	65,73	Sucre y Abad
11	9697403,5	739319,7	72,25	Bolívar y Solano
12	9695794,4	739025,9	70,21	Sesquinas
13	9697228,2	738896,4	69,72	Panamericana y Guevara
14	9695544,1	739178,4	82,67	Panamericana y Gonzales

**Nota.** Datos obtenidos de los puntos críticos de afectación como coordenadas y el nivel de ruido en decibeles

En la figura 10 se pudo observar que el punto 1, ubicado en Bartolomé Serrano y Guayas, donde se encuentran la escuela La Providencia y la escuela 16 de abril, presentó el mayor nivel de ruido con un valor de 80,48 dB, lo que indica un alto nivel de contaminación acústica en esa zona. Por otro lado, el PCA 6, situado en la intersección de Benigno Rivera y 3 de noviembre, registró un nivel de ruido de 78,18 dB. Además, se observó que los puntos que albergan las entradas principales a la ciudad, como la Panamericana y Che Guevara, y la Luis M. Gonzales, presentaron niveles de ruido de 76,97 dB y 75,07 dB, respectivamente.

El horario de la mañana es crítico, ya que se caracteriza por altos niveles de ruido en las áreas cercanas a las instituciones educativas y accesos principales a la ciudad, lo que nos brinda un panorama claro de lo que está sucediendo en la ciudad en este horario.



**Figura 10.** Mapa de calor con alto nivel de ruido en las calles Bartolomé Serrano y Guayas, sector del centro educativo La Providencia.

El mapa de ruido correspondiente a la figura 11 muestra los niveles de ruido en el horario de 10 a 11 am. Durante este período, se observa que en el PC9 se registran niveles de ruido de 71,53 dB en las intersecciones de Antonio José de Sucre y Matovelle, y de 70,43 dB en las intersecciones de Guayas y 3 de noviembre. Por otro lado, las vías de acceso a la ciudad presentan niveles de ruido que oscilan entre 73,58 dB y 75,53 dB.



**Figura 11.** Mapa de ruido en el horario de 10:00 a 11:00 am, donde se evidencia niveles de ruido de 71,53 dB en la intersección de las calles Antonio José de Sucre y Matovelle.

La figura 12 muestra los niveles de ruido en varios puntos de la ciudad. Se observa que en el PCA 9, correspondiente a las calles Antonio José de Sucre y Matovelle, se registra un nivel de ruido de 79,42 dB. Asimismo, en el PCA 6, en las intersecciones de Benigno Rivera y 3 de noviembre, se detecta un nivel de ruido de 77,06 dB, y en el PCA 1, en las calles Bartolomé Serrano y Guayas, se registra un nivel de ruido de 76,98 dB.





**Figura 12.** Mapa de ruido en el horario de 12:00 a 1:00 pm, donde se evidencia niveles de ruido altos en diferentes puntos del centro de la ciudad.

En el mapa de la figura 13, se pueden observar los niveles medios de ruido en el centro urbano durante el horario nocturno. Se destaca especialmente la presencia de altos niveles de ruido en el PCA 15, situado en la Avenida 16 de Abril, con un valor de 82,67 dB. Este punto resalta debido a la significativa influencia del tráfico vehicular, ya que se encuentra en una zona altamente comercial que también es conocida por su activa vida nocturna.



**Figura 13.** Mapa de ruido de 8:00 a 10:00am, donde existe nivel de ruido bajo en el centro de Azogues y una presencia considerable de ruido en la avenida 16 de abril.

### E. CONCLUSIONES

En este artículo, se ha realizado un análisis exhaustivo de las áreas con mayor tráfico vehicular, con el propósito de determinar su posible correlación con los niveles de contaminación auditiva en la ciudad. Los resultados obtenidos revelan que los valores de ruido registrados en los mapas de calor no cumplen con los estándares establecidos por la ordenanza municipal de la ciudad de Azogues. Se han observado niveles de decibelios elevados, alcanzando hasta 83 dB, con un intervalo de confianza de 2,04 dB, especialmente durante las horas pico, como, por ejemplo, de 6:40 a 7:30 de la mañana y de 12:00 a 1:30 de la tarde, momentos en los cuales los estudiantes inician y concluyen su jornada académica.

Estos hallazgos sugieren una estrecha relación entre la congestión vehicular y la contaminación acústica. Se evidencia que, durante periodos de mayor congestión, los conductores tienden a utilizar sus bocinas con mayor frecuencia, lo que contribuye significativamente al aumento del nivel de ruido en la ciudad y genera un entorno urbano más caótico.

Para concluir es importante destacar que este estudio se realizó en los días donde las unidades educativas están en actividades académicas, esta información podría variar si se los realizara en épocas de vacaciones, ya que, el flujo vehicular disminuye. La información recopilada puede servir para implementar medidas efectivas para abordar tanto la congestión del tráfico como la contaminación auditiva, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Azogues y garantizar un entorno urbano más saludable y sostenible.

### F. REFERENCIAS

- [1] P. Aymar y M. Peña, *Utilización de mapas de calor para determinar zonas de tráfico vehicular*, Cuenca: dspace.uazuay, 2018.
- [2] A. Rodríguez y K. Duarte, *Desarrollo de una aplicación web para generar mapas de calor a partir de los incidentes viales en la ciudad de Bogotá*, Bogotá: Udistrital, 2019.
- [3] Consejo Municipal del Gobierno Autónomo de Azogues, «La ordenanza sustituta de prevención y control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido proveniente de fuentes fijas y móviles, en el cantón de Azogues,» de *Ordenanza sustituta ruido*, Azogues, Azogues.gob, 2018, pp. 2-art. 392.
- [4] M. Barroso, *Elaboración de un mapa de ruido ambiental diurno de la plataforma territorial 4 - zona norte de la ciudad de Ambato como herramienta estratégica para la gestión del control de la contaminación acústica del gadma*, Ambato: Repositorio uta, 2015.
- [5] B. Zamorano, Y. Velázquez, F. Peña, L. Ruíz, Ó. Monreal, V. Parra y J. Vargas, «Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas,» *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 34, n° 3, pp. 601-629, 2019.
- [6] A. Palomo, «El ruido sobre ruedas,» de *Tráfico y seguridad vial*, Madrid, DGT, 2016, pp. 36-39.
- [7] Z. Peña González y Y. Trujillo Casañola, «Mapas de calor en sitios web,» Ediciones futuro, la Habana, 2019.
- [8] I. Amable, J. Méndez, L. Delgado, F. Acebo, J. De Armas y M. Rivero, «Contaminación ambiental por ruido,» *SciELO*, vol. 39, n° 3, pp. 640-649, 2017.

- [9] I. Rekalde, M. Vizcarra y A. Macazaga, «La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos,» *Educación XXI*, vol. 17, nº 1, pp. 201-220, 2014.
- [10] M. d. A. d. Ecuador, Texto unificado de legislación del medio ambiente, Quito: LEXIS, 2017.