

Determinación de niveles de ruido ambiental y estimación de la percepción generada en zonas priorizadas del área urbana del municipio de Garzón – Huila.

Javier Ernesto Collazos Gutierrez

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

Neiva

2024

Determinación de niveles de ruido ambiental y estimación de la percepción generada en zonas priorizadas del área urbana del municipio de Garzón – Huila.

Javier Ernesto Collazos Gutiérrez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
Magíster en Ingeniería y Gestión Ambiental

Directora

Jennifer Katusca Castro Camacho MSc.

Ingeniera Agrícola

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

Neiva

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

MSc. Néstor Enrique Cerquera Peña

Jurado

---

MSc. Rómulo Medina Collazos

Jurado

---

MSc. Jennifer Katiusca Castro Camacho

Directora

Neiva, 16 de mayo de 2024

## **Dedicatoria**

En primera medida quiero dedicar este trabajo a la Santísima Trinidad por ser la guía y fortaleza espiritual en cada etapa de mi vida y darme la sabiduría en mi carrera profesional. A Olga María y Gabriela, mis amores y motivación para luchar cada día por un futuro mejor. A mis padres María Coralia y José Eduardo por ser mi ejemplo de vida, hogar y darme las herramientas necesarias para ser lo que soy. A mi hermana Natalia por su incondicional respaldo y compañía en cada etapa de mi vida. A la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, por ser el eje de mi desarrollo profesional. Y por último a cada uno de mis profesores, amigos y distintos profesionales que a lo largo de mi trayectoria me han compartido su conocimiento y experiencia profesional.

## **Agradecimientos**

Deseo expresar mis agradecimientos a:

JENNIFER KATIUSCA CASTRO CAMACHO, Ingeniera Agrícola, MSc en Ingeniería y Gestión Ambiental, Candidata a doctora en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible, Profesora Tiempo Completo Planta del programa de Ingeniería Agroindustrial Universidad Surcolombiana y directora del Proyecto, por la orientación y apoyo permanente.

NÉSTOR ENRIQUE CERQUERA PEÑA, Ingeniero Agrícola, MSc en Ingeniería Agrícola, Profesor Titular del Área de Agroindustria del programa de Ingeniería Agrícola de la Universidad Surcolombiana por la orientación y apoyo permanente.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra manera, mediante su ayuda y colaboración hicieron posible que este proyecto se pudiera realizar.

## Resumen

El ruido se define como un sonido no deseado que puede afectar negativamente la vida humana o animal, aunque algunas formas de sonido pueden considerarse ruido según su significado cultural o contexto. El ruido ambiental, generado por actividades humanas como el tráfico, la industria y la recreación, puede afectar diversos entornos, incluyendo áreas residenciales, parques y escuelas.

En el municipio de Garzón, la problemática del ruido ha alcanzado tal magnitud que la comunidad se vio obligada a interponer acciones legales contra la Alcaldía Municipal y otras entidades. Además de la situación anteriormente mencionada, el municipio no cumple con las condiciones establecidas por la normativa ambiental para que la autoridad competente en materia ambiental pueda llevar a cabo la elaboración de mapas de ruido ambiental.

El presente estudio cubrió un área de 137 hectáreas las cuales se ubican en el microcentro del área urbana de Garzón, en donde a través de una grilla con 19 puntos se realizaron las mediciones de ruido ambiental en cuatro jornadas discriminadas así: (1) ordinario diurno, (2) ordinaria nocturna, (3) dominical diurna y (4) dominical nocturna.

Durante las cuatro jornadas de medición, se observó que el nivel de ruido ambiental excedió los límites establecidos en varios puntos de análisis. En la jornada ordinaria diurna, se registró un incumplimiento en 9 puntos, lo que representa el 47.4% de los puntos evaluados. En la jornada ordinaria nocturna, este incumplimiento se evidenció en 17 puntos, lo que equivale al 89.5% de los puntos analizados. Asimismo, en la jornada dominical diurna, se observó en 4 puntos, lo que constituye el 21.1% de los puntos de medición. Por último, en la jornada dominical nocturna, se detectó en todos los puntos de medición. Según la percepción de los residentes del área de estudio, el 90.8% identificó el tráfico vehicular como la principal fuente de ruido cerca de sus

hogares, seguido por el tránsito peatonal en la calle, con un 81.6%. Además, el 55.3% mencionó que los establecimientos comerciales contribuyen al ruido en su vecindario.

## Contenido

1. Introducción.....	11
2. Justificación.....	12
3. Objetivos.....	16
3.1    Objetivo general.....	16
3.2    Objetivos específicos.....	16
4. Marco teórico.....	17
5. Metodología.....	21
5.1    Equipos de medición.....	21
5.2    Puntos de medición.....	21
5.3    Medición de ruido.....	22
5.4    Ajuste y correcciones de niveles de ruido ambiental.....	25
5.5    Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas.....	27
5.6    Elaboración de mapas de ruido ambiental.....	28
5.7    Elaboración, aplicación y validación del instrumento para la percepción de ruido ambiental.....	28
6. Resultados y discusión.....	31
6.1    Descripción de los puntos de medición.....	31
6.2    Niveles de ruido ambiental.....	32
6.2.1    Jornada ordinaria diurna.....	32
6.2.2    Jornada ordinaria nocturna.....	34
6.2.3    Jornada dominical diurna.....	36
6.2.4    Jornada dominical nocturna.....	37
6.3    Comparación de los niveles de ruido ambiental entre la jornada ordinaria y dominical.....	39
6.4    Niveles de ruido ambiental equivalente a 24 horas.....	40
6.5    Correlación entre el tránsito de fuentes móviles y los niveles de ruido ambiental.....	42
6.6    Mapas de ruido ambiental y mapas de conflicto.....	44
6.7    Percepción de la comunidad frente al ruido ambiental.....	45
1.1.1    Información general.....	54
1.1.2    Contaminación general por ruido.....	55
1.1.3    Efectos indirectos de la molestia por ruido.....	55
1.1.4    Descripción de las fuentes de ruido.....	57

2. Conclusiones.....	61
3. Recomendaciones .....	64
Bibliografía .....	65
Anexos .....	69

### **Listado de Tablas**

Tabla 1. Ubicación puntos de medición .....	21
Tabla 2. Valores de criterio de confiabilidad.....	30
Tabla 3. Descripción de los puntos de medición.....	31
Tabla 4. Niveles de ruido ambiental para la jornada ordinaria diurna. ....	32
Tabla 5. Niveles de ruido ambiental para la jornada ordinaria nocturna.....	34
Tabla 6. Niveles de ruido ambiental para la jornada dominical diurna.....	36
Tabla 7. Niveles de ruido ambiental para la jornada dominical nocturna. ....	38
Tabla 8. Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas .....	41
Tabla 9. Conteo de fuentes móviles .....	42
Tabla 10. Frecuencia rango de edad .....	54
Tabla 11. Frecuencia nivel educativo .....	54
Tabla 12. Clasificación del predio.....	54
Tabla 13. Tiempo de permanencia en la zona .....	54
Tabla 14. Como considera la contaminación ambiental cerca de su vivienda .....	55
Tabla 15. Que tan fuerte cree que es el ruido alrededor de su vivienda.....	55
Tabla 16. Frecuencia de percepción de ruido alrededor de la vivienda .....	55
Tabla 17. Frecuencia de los efectos indirectos del ruido.....	56
Tabla 18. Horario de mayor sensación de intensidad de ruido.....	56
Tabla 19. Tipo de ruido percibido cerca de la vivienda .....	57
Tabla 20. Fuente de ruido asociado a fuentes móviles que percibe en la zona .....	57
Tabla 21. Tabla de contingencia entre tráfico vehicular y percepción de ruido .....	58
Tabla 22. Tabla de contingencia entre locales comerciales y percepción de ruido .....	59

## Listado de figuras

Figura 1. Medición de ruido en el punto 7 .....	23
Figura 2. Medición de ruido en el punto 16 .....	23
Figura 3. Medición de ruido en el punto 10 .....	23
Figura 4. Medición de ruido en el punto 12 .....	23
Figura 5. Ubicación de puntos de medición .....	24
Figura 6. Niveles de ruido ambiental jornada ordinaria diurna vs el nivel máximo permisible. 33	
Figura 7. Niveles de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna vs el nivel máximo permisible 35	
Figura 8. Niveles de ruido ambiental jornada dominical diurna vs el nivel máximo permisible. 37	
Figura 9. Niveles de ruido ambiental jornada dominical nocturna vs el nivel máximo permisible. 39	
Figura 10. Comparación de los niveles de ruido ambiental en el horario diurno .....	40
Figura 11. Comparación de los niveles de ruido ambiental en el horario nocturno .....	40
Figura 12. Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas .....	42
Figura 13. Gráfico de dispersión para jornada ordinaria y tránsito de carros .....	43
Figura 14. Gráfico de dispersión para jornada ordinaria y tránsito de motos .....	43
Figura 15. Gráfico de dispersión para jornada dominical y tránsito de carros .....	44
Figura 16. Gráfico de dispersión para jornada dominical y tránsito de motos .....	44
Figura 17. Mapa de ruido ambiental jornada ordinaria diurna .....	46
Figura 18. Mapa de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna .....	47
Figura 19. Mapa de ruido ambiental jornada dominical diurna .....	48
Figura 20. Mapa de ruido ambiental jornada dominical nocturna .....	49
Figura 21. Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada ordinaria diurna .....	50
Figura 22. Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna .....	51
Figura 23. Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada dominical diurno .....	52
Figura 24. Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada dominical nocturno .....	53
Figura 25. Percepción de ruido entre tráfico vehicular y cercanía a la vivienda .....	59
Figura 26. Percepción de ruido entre locales comerciales y cercanía a la vivienda .....	59

## **1. Introducción**

El ruido, como contaminante ambiental, se ha convertido en un problema significativo debido a sus efectos adversos en la salud de las personas (OMS, 2009). En el municipio de Garzón, esta problemática ha alcanzado tal magnitud que la comunidad ha interpuesto una acción de tutela contra varias instituciones municipales. El propósito de esta acción legal es proteger los derechos fundamentales a la vida, la salud y un ambiente sano, que se ven vulnerados por el funcionamiento de diversos establecimientos comerciales, específicamente bares y discotecas.

En Colombia, la resolución 627 de 2006 establece que las Autoridades Ambientales deberán realizar los mapas de ruido ambiental en los municipios con más de 100.000 habitantes (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2006). El municipio de Garzón, al tener una población proyectada en el año 2023 de 77.794 habitantes no cumple con los criterios poblacionales, por lo cual, no cuenta con mediciones de ruido ambiental.

Este trabajo de grado permitió: (1) determinar los niveles de ruido ambiental acorde a la normatividad ambiental colombiana, y (2) estimar la percepción de la comunidad que habita en las áreas priorizadas del casco urbano del municipio de Garzón. Para alcanzar los objetivos propuestos, se realizaron mediciones con un instrumento de medición en 19 puntos distribuidos en un área de 137 hectáreas.

Las mediciones se realizaron en horario diurno y nocturno, en días hábiles y dominicales, durante un tiempo de 15 minutos de captura de información por punto. La aplicación de un instrumento de medición permitió estimar la percepción de la molestia de los habitantes del área de estudio relacionada a los niveles de ruido ambiental.

## 2. Justificación

El ruido es cualquier sonido no deseado generado por las diferentes actividades humanas que pueden causar daño a la salud y calidad de vida de las personas. Es considerado un contaminante ambiental (Murphy, 2017), el cual es emitido por todas las fuentes, siendo la industria, la construcción, el tráfico de fuentes móviles, las vías de ferrocarril y el transporte aéreo, las fuentes de mayor relevancia y el causante de los mayores niveles de molestia por ruido en las personas (Organización Mundial de la Salud OMS, 1999). El tráfico de fuentes móviles es la principal fuente de ruido ambiental en las áreas urbanas y el principal causante de impactos negativos según el uso de suelo colindante (Olague-Caballero, *et al.*, 2012).

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) autoridad ambiental en el departamento del Huila, ha realizado los mapas de ruido ambiental en los municipios de Neiva y Pitalito conforme a lo establecido a los lineamientos dados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante resolución No 627 de 2006. La CAM ha determinado una correlación directamente proporcional entre el tráfico vehicular y los niveles de ruido ambiental. Por otro lado, los mapas de ruido ambiental han evidenciado que la regulación con respecto al uso de suelo permitió la disminución de niveles de ruido ambiental en el horario nocturno en zonas críticas de la ciudad de Neiva (CAM, 2017).

Cuellar y Pinto realizaron una actualización de los niveles de ruido ambiental de la comuna cuatro de la ciudad de Neiva, evidenciado que aproximadamente el 66% del área de la comuna presentó incumplimiento de los niveles de ruido en el horario diurno y un 99% en el horario nocturno (Cuellar & Pinto, 2019). En ese mismo año González y Soto determinaron los niveles de ruido de la comuna cinco en la ciudad de Neiva encontrado que, de los 12 puntos de medición establecidos en el área de estudio, nueve puntos en el horario diurno y 10 puntos en el horario

nocturno no cumplieron con los valores máximos permisibles establecidos por la normatividad colombiana (González & Soto, 2019).

Dentro de las consecuencias más directas de la exposición a altos niveles de ruido está el aumento del umbral de la audición o pérdida de la capacidad auditiva, que esporádicamente puede venir acompañada de Tinnitus, patología auditiva temporal que se manifiesta por la presencia de zumbido en los oídos (Takahata et al., 2020).

El ruido ambiental también puede enmascarar sonidos importantes para el diario vivir como señales de advertencia, como timbres, despertadores, alarmas contra incendios; e interferir en la comunicación mediante el habla, produciendo una incapacidad para comprender la idea de la conversación, provocando desventajas personales y cambios de comportamiento. La interrupción del sueño y del descanso a causa de la exposición al ruido trae consigo la disminución de la concentración, aumento de la fatiga y mengua del rendimiento (OMS, 1999).

La exposición prolongada a ruido en zonas residenciales cercanas a aeropuertos, zonas industriales y vías ruidosas puede tener un impacto en individuos sensibles los cuales pueden desarrollar efectos permanentes como hipertensión y cardiopatía isquémica asociada con altos niveles de ruido; la sensación de molestia en las horas de descanso causa efectos fisiológicos y mentales, ya que dormir es necesario para el normal funcionamiento del cuerpo humano (Seidler et al, 2016).

La exposición al ruido de fuentes móviles en zonas residenciales puede aumentar el riesgo de síntomas depresivos en adultos mayores y de mediana edad y se sugiere que personas con bajo nivel socioeconómico y menos educadas, presentan una fuerte asociación entre la exposición de ruido por fuente móviles y los síntomas depresivos altos y, por el contrario, hay una asociación negativa débil en personas educadas y de un buen nivel socioeconómico (Orban et al., 2016). Sin

embargo, el efecto más fuerte del ruido ambiental para la salud de niños y adultos es la molestia y el rendimiento cognitivo (Stansfeld & Matheson, 2003).

Dentro de la perspectiva económica, el ruido de fuentes móviles se considera una externalidad negativa que genera dos efectos percibidos por la sociedad, (1) el deterioro de la salud de las personas, y (2) la depreciación de los bienes inmuebles; tanto así que se plantea la tesis de estudiar zonas donde existan grupos de personas que declaren molestias y no necesariamente donde haya mayores niveles de ruido (Correa et al., 2018).

Así mismo, las personas estarían dispuestas a pagar por la ejecución de proyectos que busquen mitigar el ruido por tráfico vehicular, solo en la medida que ellos perciban molestias o como un acto altruista que busca contribuir con la reducción de la molestia a otras personas (Correa et al., 2015).

En Colombia el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, estableció mediante la resolución 627 de 2006, que las Autoridades Ambientales deberán realizar los mapas de ruido ambiental en los municipios con más de 100.000 habitantes. Además, la norma expresa que los niveles de ruido ambiental se deben expresar en decibeles corregidos por frecuencia en la escala de ponderación A, instalando el micrófono del sonómetro a cuatro metros medidos a partir del nivel del suelo y a una distancia equidistante de las fachadas, con un tiempo mínimo de medición de mínimo 15 minutos (MAVDT, 2006).

Garzón es un municipio ubicado en el centro del departamento del Huila a una distancia de 112 kilómetros de la ciudad de Neiva, la capital del departamento. Se encuentra a una altitud desde los 790 msnm hasta 900 msnm (en el área urbana) y tiene una temperatura promedio de 24 °C (Valenzuela, 2020). Según el DANE, Garzón tiene una población proyectada en 2023 de 77.794

habitantes (DANE, 2020), por eso la CAM no ha realizado mapas de ruido ambiental en este municipio.

En el municipio de Garzón, el problema por ruido ha llevado a que la comunidad presentara una acción de tutela con radicado 2016-00462-00, contra la Personería municipal, la CAM, el municipio de Garzón, la inspección de Policía y otros, para proteger los derechos fundamentales a la vida, la salud y el ambiente sano, que se veían vulnerados por el funcionamiento de diferentes establecimientos de comercio dedicados a la actividad de bares y discotecas, que generaban niveles de ruido superiores a los máximos permitidos por la legislación ambiental colombiana (Juzgado Primero Civil Municipal de Garzón, 2016).

Con base a las anteriores consideraciones, este trabajo de grado quiere responder a estas dos preguntas:

¿Cuáles son los niveles de ruido ambiental en el área priorizada del casco urbano del municipio de Garzón y su grado de cumplimiento de la normatividad vigente a nivel nacional?

¿Qué percepción tiene la comunidad que habita en el área priorizada del casco urbano del municipio de Garzón, respecto al ruido ambiental que se presenta en su entorno de vida?

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar los niveles de ruido ambiental y estimar la percepción que tiene la comunidad que habita en el área priorizada del casco urbano del municipio de Garzón – Huila.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Determinar los niveles de ruido ambiental según la normatividad ambiental vigente.

Identificar las principales fuentes de ruido ambiental.

Estimar la percepción que tiene la comunidad que habita en las en áreas priorizadas del casco urbano del municipio de Garzón relacionada a los niveles de ruido ambiental.

#### 4. Marco teórico

El sonido es un fenómeno físico del movimiento del aire emitido por una fuente emisora que produce ondas de presión sonora que al llegar al oído humano pueden interpretarse como sonidos entendibles (Zafra, 2019). El sonido se compone de un rango de frecuencias amplio y el oído humano sano tiene la capacidad de oír en un rango de frecuencias que va desde los 20 Hz hasta los 20.000 Hz y ambientalmente el sonido cobra mayor importancia, debido a la sensibilidad que tienen los humanos a los sonidos de baja frecuencia que está entre los 20 a 200 Hz (Murphy & King, 2014).

Los sonidos son complejos y contienen muchas frecuencias que se puede medir en una serie de intervalos llamados bandas de frecuencia, siendo la octava y bandas de octava fraccionadas, las más utilizadas. Las frecuencias centrales que se han estandarizado para mediciones acústicas son: 31.5Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz y 16kHz. Las bandas de un tercio de octava se forman dividiendo cada banda de octava en tres partes, permitiendo un análisis más detallado del sonido (Kang, 2007).

El oído humano no responde igualmente a los sonidos en diferentes frecuencias y los percibe a una frecuencia menor y menor intensidad. En 1933, Fletcher y Munson investigaron cómo las personas reaccionaban a los sonidos reproducidos en diferentes frecuencias con la misma intensidad. Por ejemplo, tocaron un tono a 1000 Hz, luego tocaron otro a 500 Hz y se le pidió a un sujeto de prueba que ajustara el segundo tono hasta que se percibiera que tenía la misma intensidad que el primero. Luego repitieron el experimento para una variedad de frecuencias e intensidades y desarrollaron contornos de igual intensidad para cada intensidad. Producto de esta experimentación, publicaron un conjunto de curvas de igual volumen que describen la manera en que el oído respondió al sonido a diferentes frecuencias (Fletcher & Munson, 1933).

El oído humano no percibe un sonido de 60 dB a 100 Hz a la misma intensidad que una señal de 1000 Hz reproducida a 60 dB. De hecho, el oído percibe el sonido a 100 Hz como casi 20 dB menor en magnitud que a 1000 Hz. Para dar cuenta de esto, la curva de ponderación A o escala de ponderación A, se utiliza en los estudios de ruido ambiental, para tratar de replicar el rendimiento del oído humano. (Murphy & King, 2014).

El ruido generalmente se define como un sonido no deseado que puede alterar negativamente la vida humana o animal. Pero algunos autores han disentido de la anterior definición, ya que argumentan que deja abierta la posibilidad de que algunos sonidos puedan ser considerado como un ruido simplemente por lo que significan, como un concierto de música o una manifestación o un evento cultural (Goldsmith, 2012).

El ruido ambiental es un sonido no deseado o dañino, generado por actividades humanas, incluido el tráfico rodado, los ferrocarriles, el transporte aéreo, la industria, la recreación y la construcción, y se percibe en el entorno doméstico, como dentro y cerca del hogar, en parques públicos y escuelas (Kang, 2006).

Dentro de indicadores usados para el análisis de ruido esta la tonalidad y la impulsividad. El ruido tonal se caracteriza por contener mucha energía concentrada en ciertas frecuencias, lo que resulta en un tono o tonos audibles y se pueden identificar mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava (Murphy & King, 2022). El ruido impulsivo es aquel que presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos y suelen ser breve y abrupto (MAVDT, 2006), el cual puede provocar mayores niveles de estrés y menor rendimiento en las personas (Radun et al., 2022).

El nivel de ruido no es el único factor objetivo que explica la molestia (Hongisto et al., 2019). Se ha evidenciado que la impulsividad (Vos & Smoorenburg, 1985) y la tonalidad (Oliva et al., 2017), generaron sensaciones de molestia, al menos en condiciones de laboratorio.

La intensidad del sonido en un receptor dado es la lectura en decibelios de un sonómetro. La lectura del equipo de medición corresponde a un valor de la presión del sonido integrado en el rango de frecuencia audible con una ponderación de frecuencia específica y un tiempo de integración (Kang, 2007). El sonómetro, generalmente es la combinación de un micrófono, un preamplificador, un procesador de señal y un dispositivo de presentación de resultados (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2019).

El sonómetro debe cumplir con los requisitos de un instrumento Clase 1 o mínimo Clase 2, según la IEC 61672-1. Debe medir el nivel equivalente de presión sonora con frecuencia de ponderación en A (LAeq), respuesta rápida (F), filtro de ponderación de impulsividad y disponer de filtro de tercios de octava. El equipo de medición debe contar con un pistófono o calibrador acústico, una pantalla antiviento, un trípode para su montaje y una extensión de micrófono que permita realizar las mediciones de ruido ambiental (MAVDT, 2006).

En Colombia, la resolución 627 de 2006 “*Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*”, consagro que los resultados obtenidos en las mediciones de ruido ambiental deben ser utilizados para realizar el diagnóstico del ambiente por ruido y determino los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A), de la siguiente manera: para las zonas residenciales o destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y centro de estudio, el estándar máximo permisible es de 65 dB(A) y 50 dB(A), para el horario diurno y nocturno respectivamente; y para las zonas comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos,

gimnasios, restaurantes, bares, discotecas, el estándar máximo permisible es de 70 dB(A) y 55 dB(A), para el horario diurno y nocturno respectivamente (MAVDT, 2006).

## 5. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos, se utilizó la siguiente metodología que se describe a continuación:

### 5.1 Equipos de medición

Se utilizó un sonómetro Clase 1 de la marca Casella 63X de propiedad de la CAM, que tiene la capacidad para medir el nivel equivalente de presión sonora con frecuencia de ponderación en A ( $L_{Aeq}$ ), respuesta rápida (F), filtro de ponderación de impulsividad y dispone de filtro de tercios de octava. A su vez, se utilizó un pistófono, una pantalla antiviento, un trípode para su montaje y una extensión de micrófono que permitió realizar las mediciones de ruido ambiental.

### 5.2 Puntos de medición

Para determinar el número de puntos de medición de ruido ambiental, se elaboró una cuadrícula sobre el área de estudio de 137 hectáreas, dejando una distancia máxima entre los vértices de 250 m. En la Tabla 1 y Figura 5, se puede evidenciar las coordenadas planas y la ubicación de los puntos, respectivamente.

**Tabla 1.** Ubicación puntos de medición

Punto	Este	Norte	Dirección
1	828032	734725	Carrera 5 entre calle 9 y 10
2	827899	734511	Carrera 5 calle 7
3	827770	734305	Carrera 5 Calle 4
4	827578	734425	Carrera 7 calle 4
5	827706	734637	Carrera 7 calle 7
6	827827	734839	Carrera 7 entre calle 9 y 10
7	827930	735036	Carrera 7 No 12 24
8	827721	735178	Carrera 10 calle 11

Punto	Este	Norte	Dirección
9	827589	734971	Carrera 10 Transversal 10
10	827472	734781	Carrera 10 calle 7
11	827341	734566	Carrera 10 calle 4
12	827204	734346	Carrera 10 calle 11
13	826996	734481	Carrera 12 calle 1
14	827116	734682	Carrera 12 calle 4
15	827261	734913	Carrera 12 calle 7
16	827386	735114	Carrera 12 calle 9
17	827051	735051	Carrera 15 calle 7
18	826911	734828	Carrera 15 calle 4
19	826788	734633	Carrera 15 calle 1

### 5.3 Medición de ruido

En cada punto de medición se realizó una captura de información de quince (15) minutos, para obtener así los respectivos niveles de ruido diurno ( $L_{Aeq,d}$ ) y nocturno ( $L_{Aeq,n}$ ). Se realizó una medición en un día hábil y una medición en un día no hábil, tanto para el horario diurno como para el nocturno. Además, se recolectó información relacionada con posibles focos generadores de ruido, conteo vehicular, situaciones ruidosas durante el día o la noche, en jornada hábil o festiva.

El micrófono del sonómetro se ubicó a 4 metros de altura desde el suelo y a una distancia equidistante de las fachadas o muros existentes a ambos lados del punto de medición, sin dejar que sea inferior a 1,5 metros. Además, el micrófono se ubicó en posición vertical hacia arriba con el fin de que ningún obstáculo reflectante incida sobre la propagación del sonido. De la Figura 1 a la Figura 4 se presentan imágenes de la jornada de medición.

**Figura 1.** Medición de ruido en el punto 7



**Figura 2.** Medición de ruido en el punto 16



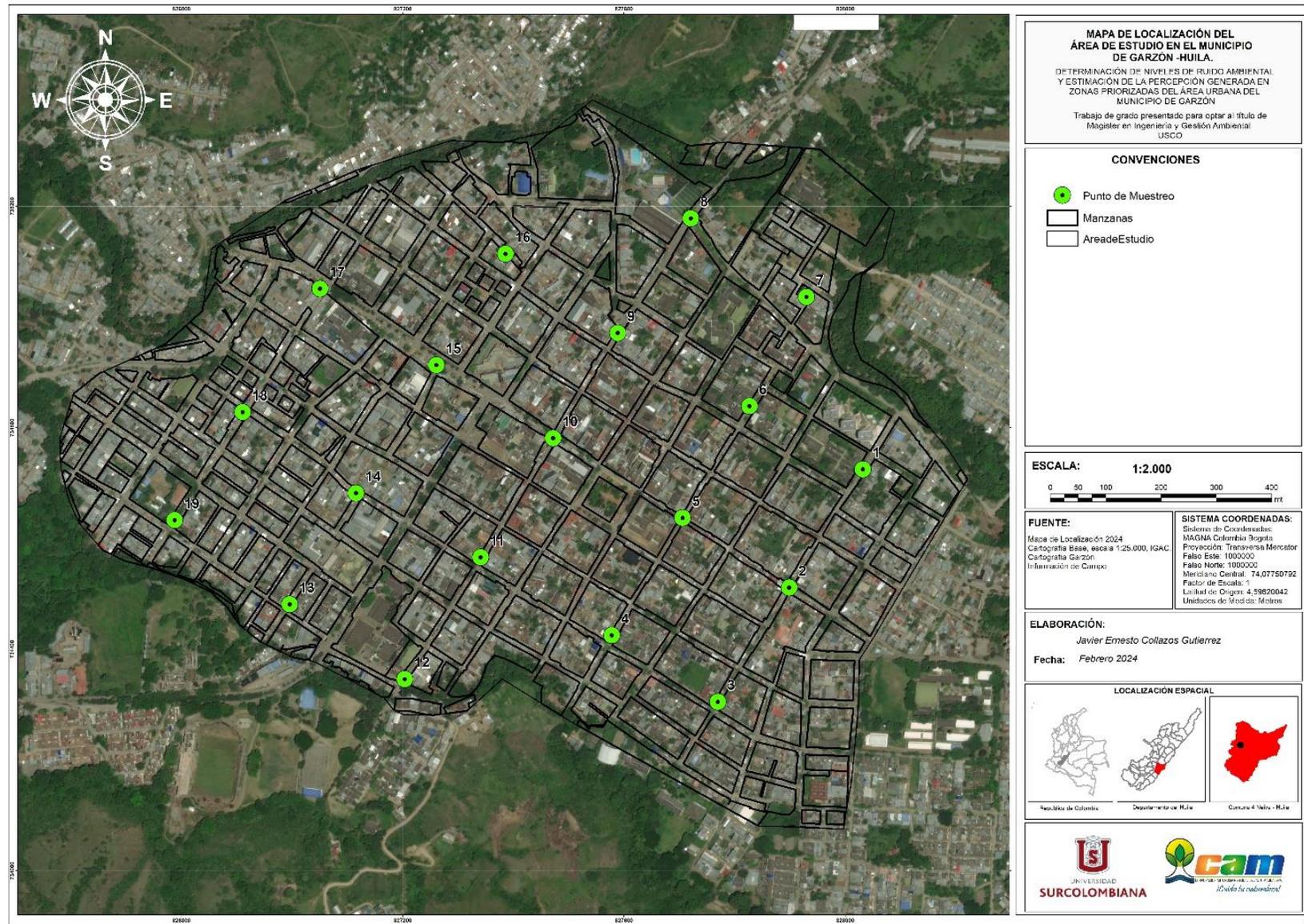
**Figura 3.** Medición de ruido en el punto 10



**Figura 4.** Medición de ruido en el punto 12



**Figura 5.** Ubicación de puntos de medición



#### 5.4 Ajuste y correcciones de niveles de ruido ambiental

Los resultados de las mediciones para determinar los niveles de ruido ambiental se corrigieron por impulsividad y tonalidad, de acuerdo con la ecuación 1 (MAVDT, 2006):

$$L_{RAeq} = L_{Aeq} + (K_I, K_T) \quad (1)$$

Donde:

$K_I$  es un ajuste por componentes impulsos (dB(A))

$K_T$  es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))

La determinación de los valores de ajuste para los diferentes  $K$  se efectuó de acuerdo con la metodología establecida en el Anexo 2 de la resolución No 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Para cada resultado de medición de ruido ambiental, se evaluó la presencia de componentes impulsivos siguiendo el siguiente procedimiento:

- (1) Se midió el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A ( $L_{AEQ}$ ), durante 15 minutos y se tomó el registro de nivel de presión sonora ponderado A con la característica temporal Impulso ( $L_{A1eq}$ )
- (2) Se calcula la diferencia que existe entre el nivel de presión sonora equivalente ponderando e impulsivo ( $L_i = L_{A1eq} - L_{AEQ}$ ) y se compara con las siguientes condiciones:
  - a. Si  $L_i < 3$  dB(A), no hay componentes impulsivos y se adicionan 0 dB(A)
  - b. Si  $L_i \geq 3$  dB(A) y  $\leq 6$  dB(A), hay percepción neta de componentes impulsivos y se adicionan 3 dB(A)

- c. Si  $L_i > 6 \text{ dB(A)}$ , hay percepción fuerte de componentes impulsivos y se adicionan 6 dB(A)

Para evaluar la presencia de componentes tonales, se aplicó la ecuación 2 así:

$$L = L_t - L_s \quad (2)$$

Donde:

$L$  = Componente tonal

$L_t$  = Nivel de presión sonora de la banda  $f$  que contiene el tono puro

$L_s$  = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de  $f$ .

Si la banda  $f$  que contiene el tono puro está en la frecuencia comprendida entre 20 a 125 Hz, se aplica las siguientes consideraciones:

Si  $L < 8 \text{ dB(A)}$ , no hay componentes tonales y se adicionan 0 dB(A)

Si  $L \geq 8 \text{ dB(A)}$  y  $\leq 12 \text{ dB(A)}$ , hay componente tonal neto y se adicionan 3 dB(A)

Si  $L > 12 \text{ dB(A)}$ , hay componente tonal fuerte y se adicionan 6 dB(A)

Si la banda  $f$  que contiene el tono puro está en la frecuencia comprendida entre 160 a 400 Hz, se aplica las siguientes consideraciones:

Si  $L < 5 \text{ dB(A)}$ , no hay componentes tonales y se adicionan 0 dB(A)

Si  $L \geq 5 \text{ dB(A)}$  y  $\leq 8 \text{ dB(A)}$ , hay componente tonal neto y se adicionan 3 dB(A)

Si  $L > 8 \text{ dB(A)}$ , hay componente tonal fuerte y se adicionan 6 dB(A)

Si la banda  $f$  que contiene el tono puro está en la frecuencia a partir de 500 Hz, se aplica las siguientes consideraciones:

Si  $L < 3 \text{ dB(A)}$ , no hay componentes tonales y se adicionan 0 dB(A)

Si  $L \geq 3 \text{ dB(A)}$  y  $\leq 5 \text{ dB(A)}$ , hay componente tonal neto y se adicionan 3 dB(A)

Si  $L > 5$  dB(A), hay componente tonal fuerte y se adicionan 6 dB(A)

### 5.5 Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas

El nivel de ruido ambiental equivalente durante 24 horas ( $L_{RAeq,dn}$ ) es un indicador que puede dar una idea del nivel de ruido a lo largo de las 24 horas del día. La normatividad colombiana establece el estándar máximo permisible de niveles de ruido ambiental para el día y la noche, pero no establece un nivel para 24 horas de exposición. Por consiguiente, este nivel equivalente se empleará para llevar a cabo un análisis detallado del conteo vehicular realizado durante las jornadas de medición. Al correlacionar los datos de nivel de ruido ambiental equivalente durante 24 horas con el flujo de tráfico vehicular registrado en diferentes momentos del día, será posible identificar patrones y tendencias significativas. Este enfoque permitirá comprender mejor la relación entre la actividad vehicular y los niveles de ruido ambiental a lo largo del día, lo que a su vez proporcionará información crucial para la formulación de políticas y medidas efectivas de control del ruido en el entorno urbano. Debido a la importancia que tiene el horario nocturno por ser el tiempo usualmente dedicado al descanso y dado que la molestia del ruido puede ser mayor en ese horario, se realiza una penalización de 10 dB para los niveles equivalentes medidos durante la noche, la cual ya queda inmersa en la ecuación 3 que se utiliza para determinar el  $L_{RAeq,dn}$  (Echeverri, 2009).

$$L_{RAeq,dn} = 10 \log \left( \frac{14 * 10^{\frac{L_{Req,d}}{10}} + 10 * 10^{\frac{L_{Req,n} + 10}{10}}}{24} \right) \quad (3)$$

Donde:

$L_{Req,d}$  = Nivel equivalente para el período diurno ajustado por  $K_L$ ,  $K_T$ .

$L_{Req,n}$  = Nivel equivalente para el período nocturno ajustado por  $K_L$ ,  $K_T$ .

## **5.6 Elaboración de mapas de ruido ambiental**

Los mapas de ruido ilustran los datos sobre una situación de ruido existente según el nivel de ruido equivalente corregido y en la que se refleja el cumplimiento de un estándar máximo permisible mediante mapas de conflicto. La modelación de los mapas se realizó utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW), el cual utiliza un método de interpolación basado en puntos, en donde los puntos de referencia alrededor del punto de interpolación se pueden utilizar para estimar el valor del ruido (Harman et al., 2016).

## **5.7 Elaboración, aplicación y validación del instrumento para la percepción de ruido ambiental**

Para evaluar la percepción subjetiva del ruido ambiental, se ha empleado el método de encuesta. El diseño de estas encuestas varía según los objetivos específicos de cada investigación, pero de manera general, se centran en estudiar el componente psicosocial del ruido (Llimpe, 2011).

Las preguntas diseñadas para la encuesta de percepción fueron sometidas a una “prueba piloto” para evaluar el grado de aceptación del público basado en las respuestas generadas. Se validaron considerando las opiniones de expertos en el tema a través de Sesiones Delphi, según la metodología usada por Castro y Ramírez (2009).

A través del reconocimiento de la zona de estudio, se realizó un conteo del número de manzanas que se encuentran en la zona objeto de estudio. Este dato se consideró como el tamaño de la población ( $N$ ). Para establecer el tamaño de la muestra y hacer el ajuste de este dato se utilizó la metodología del muestreo aleatorio simple como se muestra en la ecuación 4 y la ecuación 5 (Bencardino, 2019).

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{(n_o - 1)}{N}} \quad (4)$$

Donde:

$n$  = tamaño óptimo de la muestra

$n_o$  = tamaño de la muestra sin ajustar

$N$  = tamaño de la población

Y  $n_o$  siendo:

$$n_o = \frac{Z^2 * P * Q}{E^2} \quad (5)$$

Donde:

$n_o$  = tamaño de la muestra sin ajustar

$Z$  = Corresponde a 1.96 para un nivel de confianza del 95 %.

$P$  = Proporción de la población que posee las características de interés: 0.5

$Q = 1 - P$

$E$  = Error estándar o error tolerable para la medición del 3%

Para la validación del instrumento se utilizó el análisis de consistencia interna calculado por el coeficiente de Alfa de Cronbach. Este método para medir la confiabilidad de un instrumento se ha utilizado en investigaciones realizadas por Meliá, et al. (1990), Ledesma et al. (2002) y Oviedo et al. (2005), citados por Castro, Cerquera y Escobar (2015), para darle fiabilidad al instrumento de medición empleado en la recolección de la información.

El cálculo del Coeficiente de Alfa de Cronbach ( $\alpha$ ) viene dado por la ecuación 6:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) * \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{\sum s_t^2} \right) \quad (6)$$

Donde:

$s_i^2$  = La suma de varianzas de cada ítem.

$s_t^2$  = La varianza del total de filas (puntaje total de los encuestados)

$k$  = El número de preguntas

Los valores de confiabilidad del instrumento se contrastarán con lo expuesto por Christopher (2007) citado por Castro, Cerquera y Escobar (2015) y descrito en la Tabla 2:

**Tabla 2.** *Valores de criterio de confiabilidad*

Criterio	Valor
No es confiable	-1 a 0
Baja confiabilidad	0.01 a 0.49
Moderada confiabilidad	0.5 a 0.75
Fuerte confiabilidad	0.76 a 0.89
Alta confiabilidad	0.9 a 1

Fuente: Castro, Cerquera y Escobar (2015)

## 6. Resultados y discusión

### 6.1 Descripción de los puntos de medición

En la Tabla 3 se proporciona una descripción cualitativa de los puntos de medición donde se logró identificar diversas fuentes y actividades que podrían generar ruido y afectar los niveles de ruido ambiental. Se observó la presencia de actividades comerciales que emplean altavoces, así como talleres de motocicletas. Además, se identificó la presencia de bares y discotecas, así como el tránsito frecuente de motocicletas y automóviles.

**Tabla 3.** Descripción de los puntos de medición.

Punto	Dirección	Uso de suelo	Descripción
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	Residencial con bajo tráfico vehicular y una sede del SENA
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	Comercial con presencia de tienda y estancos. Presencia de viviendas
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	Zona residencial
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	Presencia de restaurante y vivienda. Tránsito de motos
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	Viviendas, tiendas y locales comerciales.
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	Existe un restaurante, tiendas y distribuidora de agroquímicos.
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	Viviendas y fábrica de muebles
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	Vía principal de ingreso al centro del municipio. Alto tráfico vehicular.
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	presencia de bares y discotecas. No se identifica medidas de insonorización.
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	Compraventa de café, restaurantes, locales comerciales.
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	Comercio de bajo impacto
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	Plaza de mercado y demás comercio de abarrotes, comercio agrícola y uso de altoparlante.
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	Presencia de actividad comercial, hoteles y zona residencial
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	Actividad comercial, venta de bienes y servicios.

Punto	Dirección	Uso de suelo	Descripción
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	Vía principal con presencia de actividad comercial, venta de ropa, restaurante y demás.
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	Presencia de talleres de motocicletas y uso de altoparlantes
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	Viviendas con presencia de actividad comercial
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	Residencial
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	Zona residencial con presencia de colegio y gimnasio.

## 6.2 Niveles de ruido ambiental

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en cuatro jornadas discriminadas así: (1) ordinario diurna, (2) ordinaria nocturna, (3) dominical diurna y (4) dominical nocturna

### 6.2.1 Jornada ordinaria diurna

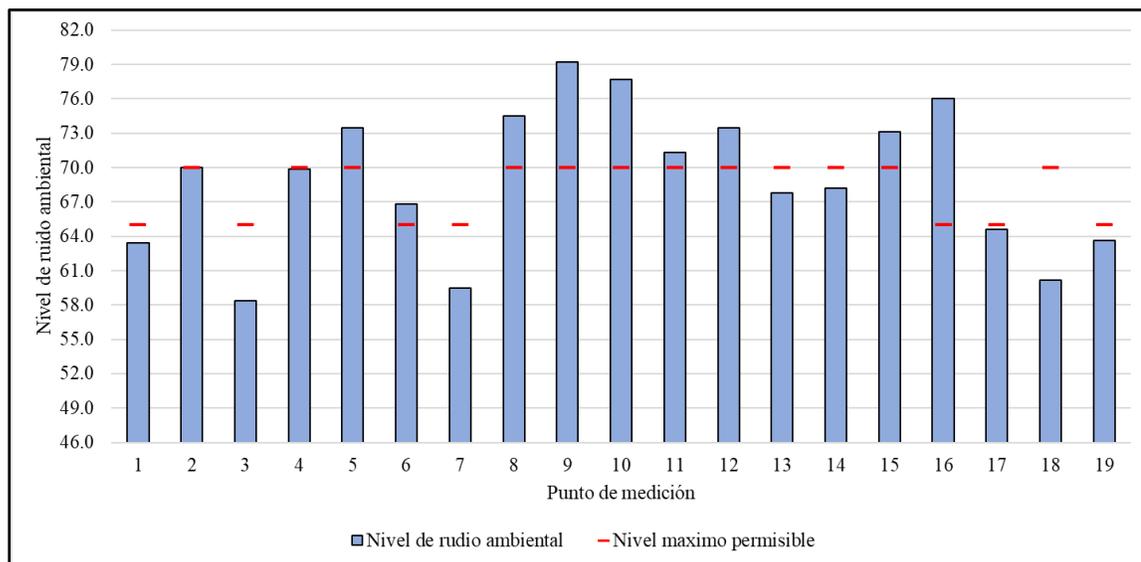
Esta jornada comprende los días de lunes a sábado en el horario de 7:01 a 21:00. En este horario se busca conocer los niveles de ruido en una jornada laboralmente activa y como las actividades cotidianas inciden en los niveles de ruido ambiental. En la Tabla 4, se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental para la jornada ordinaria diurna.

**Tabla 4.** Niveles de ruido ambiental para la jornada ordinaria diurna.

Punto	Dirección	Uso de suelo	$L_{Aeq}$	$L_{RAeq}$	Estándar máximo	Cumple
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	57.4	63.4	65.0	Si
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	67.0	70.0	70.0	Si
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	55.4	58.4	65.0	Si
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	63.9	69.9	70.0	Si
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	67.5	73.5	70.0	No
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	63.8	66.8	65.0	No
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	56.5	59.5	65.0	Si

Punto	Dirección	Uso de suelo	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>RAeq</sub>	Estándar máximo	Cumple
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	74.5	74.5	70.0	No
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	76.2	79.2	70.0	No
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	71.7	77.7	70.0	No
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	65.3	71.3	70.0	No
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	67.5	73.5	70.0	No
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	64.8	67.8	70.0	Si
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	65.2	68.2	70.0	Si
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	70.1	73.1	70.0	No
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	73.0	76.0	65.0	No
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	64.6	64.6	65.0	Si
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	60.2	60.2	70.0	Si
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	63.6	63.6	65.0	Si

**Figura 6.** Niveles de ruido ambiental jornada ordinaria diurna vs el nivel máximo permisible.



Como se puede observar en la Figura 6 y Tabla 4, se evidenció un incumplimiento del nivel de ruido ambiental en 9 puntos, equivalente al 47.4% de los puntos analizados. Los puntos 8, 9,

10 y 16, se encontraron altos niveles de ruido asociado el tráfico vehicular y el paso de tráfico pesado en los puntos 8 y 16. La actividad comercial presente en los mencionados puntos, influyen como fuente aportante de ruido.

### 6.2.2 Jornada ordinaria nocturna

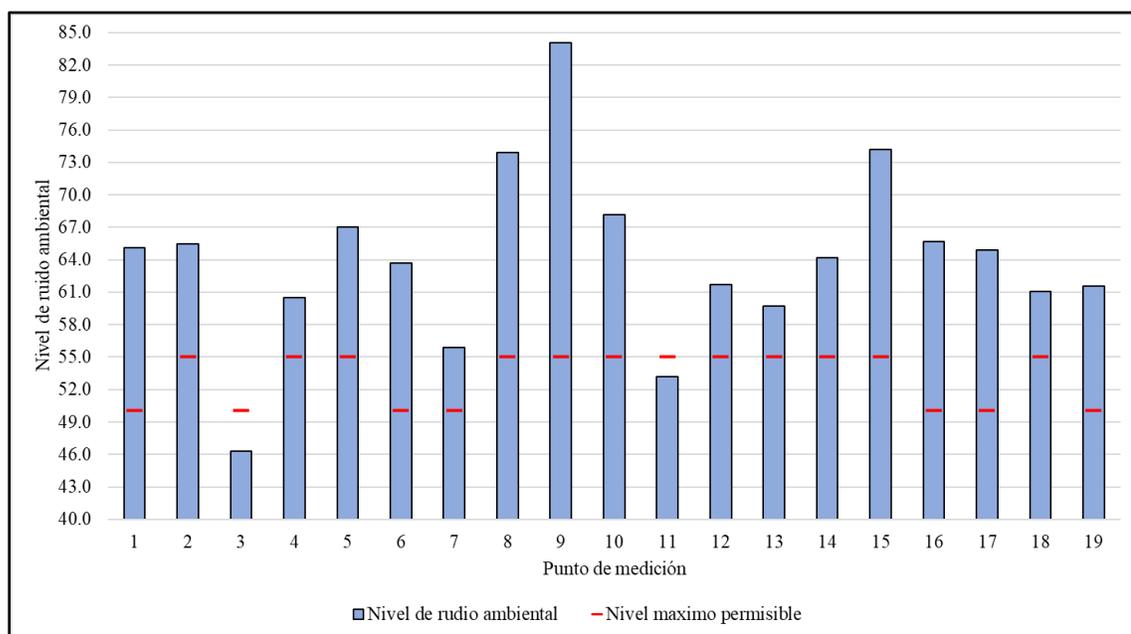
Esta jornada comprende los días de lunes a sábado en el horario de 21:01 a 7:00. En este horario se busca conocer los niveles de ruido en una jornada de descanso y como es el comportamiento de los niveles de ruido ambiental. En la Tabla 5, se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental para la jornada ordinaria nocturna.

**Tabla 5.** Niveles de ruido ambiental para la jornada ordinaria nocturna.

Punto	Dirección	Uso de suelo	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>RAeq</sub>	Estándar máximo	Cumple
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	59.1	65.1	50.0	No
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	62.5	65.5	55.0	No
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	46.3	46.3	50.0	Si
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	57.5	60.5	55.0	No
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	64.0	67.0	55.0	No
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	60.7	63.7	50.0	No
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	52.9	55.9	50.0	No
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	70.9	73.9	55.0	No
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	84.1	84.1	55.0	No
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	65.2	68.2	55.0	No
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	53.2	53.2	55.0	Si
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	55.7	61.7	55.0	No
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	56.7	59.7	55.0	No
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	58.2	64.2	55.0	No
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	68.2	74.2	55.0	No
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	65.7	65.7	50.0	No

Punto	Dirección	Uso de suelo	$L_{Aeq}$	$L_{RAeq}$	Estándar máximo	Cumple
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	64.9	64.9	50.0	No
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	58.1	61.1	55.0	No
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	58.6	61.6	50.0	No

**Figura 7.** Niveles de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna vs el nivel máximo permisible



Como se puede observar en la Figura 7 y Tabla 5, se evidenció un incumplimiento del nivel de ruido ambiental en 17 puntos, equivalente al 89.5% de los puntos analizados. Los puntos 8, 10, 14, 15, 16 y 17, se encontraron altos niveles de ruido asociado al paso de motocicletas a alta velocidad y la presencia de actividad comercial. En el punto 9, se observa la presencia de bares y discotecas que carecen de medidas de insonorización, lo que resulta en un nivel de ruido ambiental alcanzando los 84.1 dB(A). Por otro lado, en los puntos 1 y 2, se detecta la circulación de motocicletas a alta velocidad, contribuyendo así a los niveles de ruido en la zona.

### 6.2.3 Jornada dominical diurna

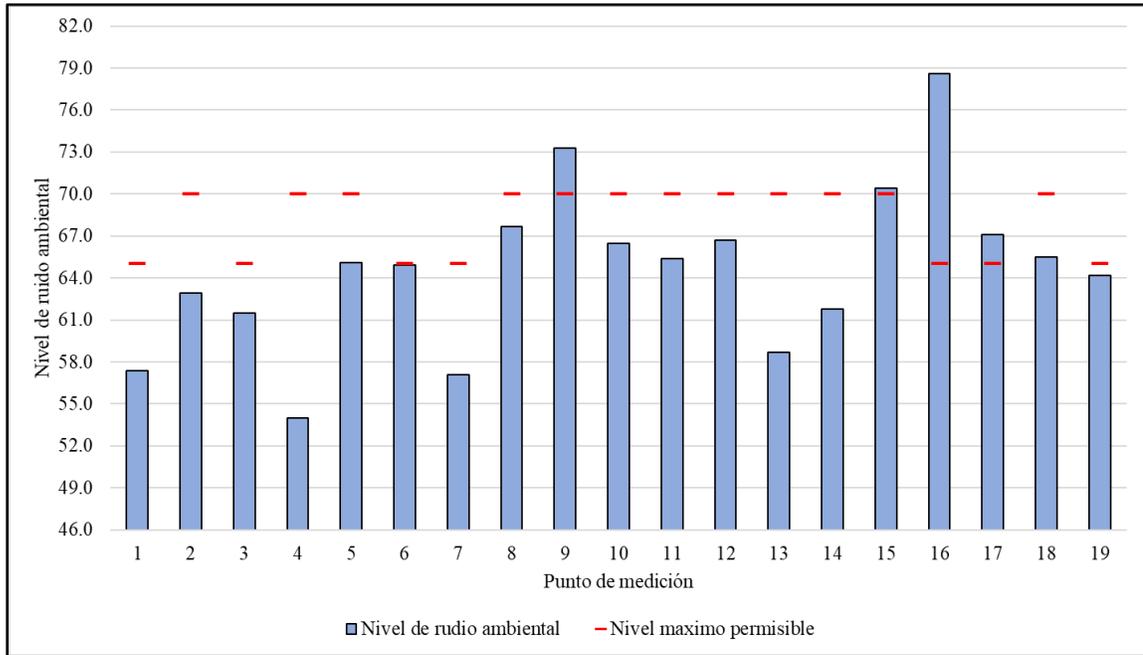
Esta jornada comprende los días de domingos y/o festivos en el horario de 7:01 a 21:00.

En este horario se busca conocer los niveles de ruido en una jornada de descanso y recreación y como las actividades cotidianas inciden en los niveles de ruido ambiental. En la Tabla 6, se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental para la jornada dominical diurna.

**Tabla 6.** Niveles de ruido ambiental para la jornada dominical diurna.

Punto	Dirección	Uso de suelo	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>RAeq</sub>	Estándar máximo	Cumple
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	54.4	57.4	65.0	Si
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	59.9	62.9	70.0	Si
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	61.5	61.5	65.0	Si
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	51.0	54.0	70.0	Si
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	65.1	65.1	70.0	Si
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	61.9	64.9	65.0	Si
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	51.1	57.1	65.0	Si
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	67.7	67.7	70.0	Si
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	70.3	73.3	70.0	No
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	63.5	66.5	70.0	Si
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	62.4	65.4	70.0	Si
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	60.7	66.7	70.0	Si
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	58.7	58.7	70.0	Si
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	58.8	61.8	70.0	Si
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	67.4	70.4	70.0	No
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	72.6	78.6	65.0	No
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	64.1	67.1	65.0	No
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	65.5	65.5	70.0	Si
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	61.2	64.2	65.0	Si

**Figura 8.** Niveles de ruido ambiental jornada dominical diurna vs el nivel máximo permisible.



Como se puede observar en la Figura 8 y Tabla 6, se evidenció un incumplimiento del nivel de ruido ambiental en 4 puntos, equivalente al 21.1% de los puntos analizados. En el punto 16 se presentó el mayor nivel de ruido ambiental, ya que en esta zona se evidenció el funcionamiento de dos establecimientos comerciales que usaban un altoparlante para reproducir música y se encontraban vendiendo cerveza a los asistentes. En este mismo punto también hace presencia talleres de motocicletas y una fábrica de ornamentación que se encontraba trabajando.

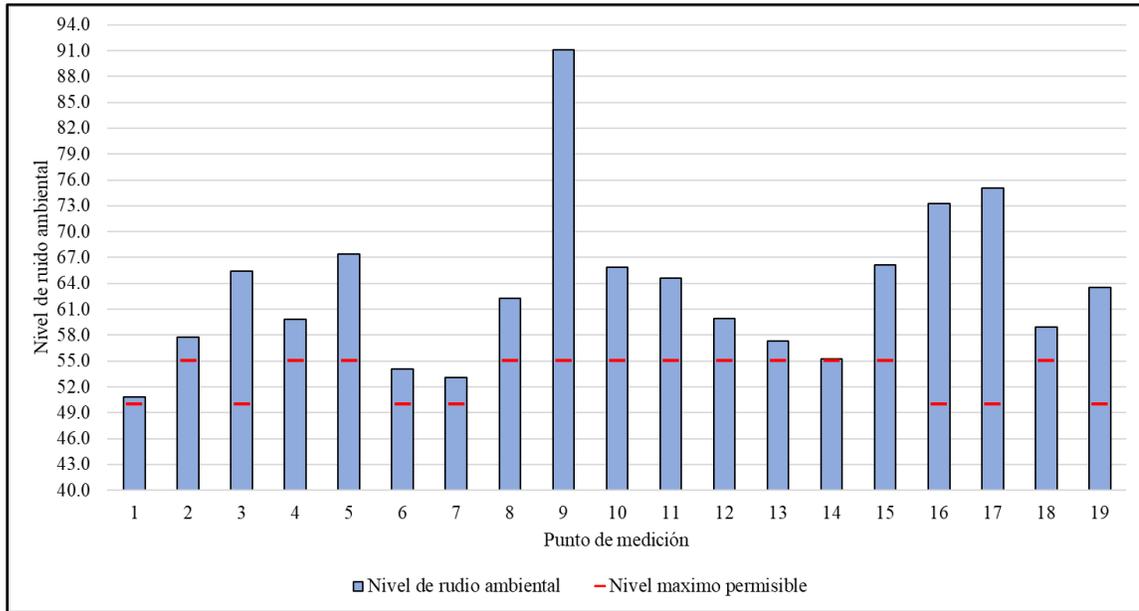
#### **6.2.4 Jornada dominical nocturna**

Esta jornada comprende los días de domingos y/o festivos en el horario de 21:01 a 7:00. En este horario se busca conocer los niveles de ruido en una jornada de descanso y como es el comportamiento de los niveles de ruido ambiental. En la Tabla 7, se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental para la jornada dominical nocturna.

**Tabla 7.** Niveles de ruido ambiental para la jornada dominical nocturna.

Punto	Dirección	Uso de suelo	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>RAeq</sub>	Estándar máximo	Cumple
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	47.8	50.8	50.0	No
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	57.8	57.8	55.0	No
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	62.4	65.4	50.0	No
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	53.8	59.8	55.0	No
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	64.7	67.4	55.0	No
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	48.1	54.1	50.0	No
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	47.1	53.1	50.0	No
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	62.3	62.3	55.0	No
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	85.1	91.1	55.0	No
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	65.9	65.9	55.0	No
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	61.6	64.6	55.0	No
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	56.9	59.9	55.0	No
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	54.3	57.3	55.0	No
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	52.2	55.2	55.0	No
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	66.1	66.1	55.0	No
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	73.3	73.3	50.0	No
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	72.1	75.1	50.0	No
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	52.9	58.9	55.0	No
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	60.5	63.5	50.0	No

**Figura 9.** Niveles de ruido ambiental jornada dominical nocturna vs el nivel máximo permisible.



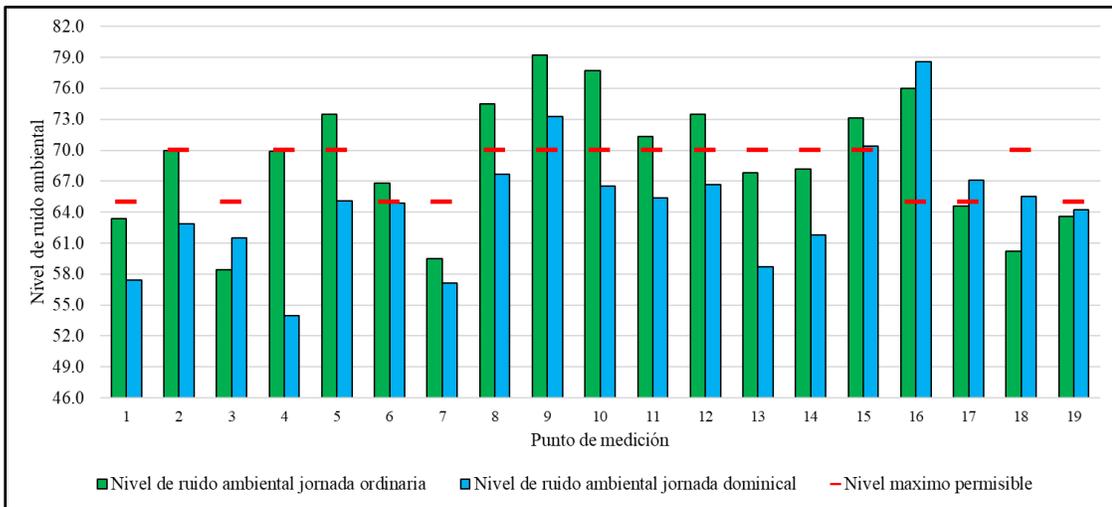
Como se puede observar en la Figura 9 y Tabla 7, se evidenció un incumplimiento del nivel de ruido ambiental en todos los puntos medición. El tránsito vehicular en especial el de motocicletas a alta velocidad, es la fuente más aportante de ruido, en especial en las zonas residenciales donde es más restrictivo en nivel de ruido. En el punto 9, donde hace presencia bares y discotecas de municipio de Garzón, es una zona critica de ruido ambiental. El funcionamiento de estos establecimientos sin medidas de insonorización, sumado a la presencia de motos y carros parqueados sobre la vía, hace que se presente un nivel de ruido de 91.1 dB(A).

### **6.3 Comparación de los niveles de ruido ambiental entre la jornada ordinaria y dominical**

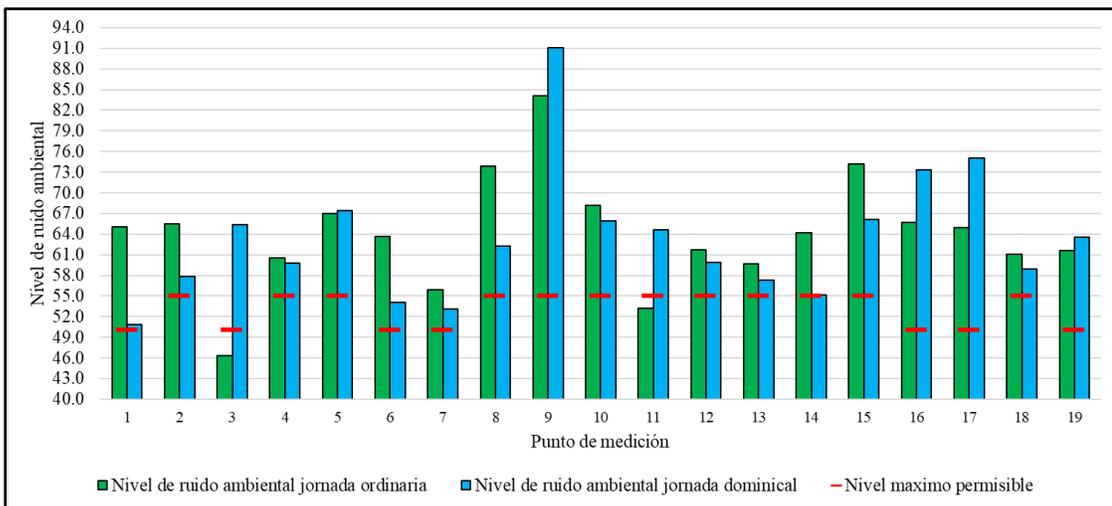
En las Figuras 10 y 11, se puede observar una comparación de los niveles de ruido ambiental entre la jornada ordinaria y dominical. En la Figura 10, se puede evidenciar que en 14 puntos de medición se presentó mayor nivel de ruido ambiental en los días ordinarios que el domingo. El mismo comportamiento se puede evidenciar en la Figura 11 para el horario nocturno, en donde 12 puntos de medición, presento mayor nivel de ruido ambiental en la jornada ordinaria.

Lo anterior se puede asociar a las actividades laborales, académicas y cotidianas que realizan durante el día los habitantes del municipio de Garzón en el área de estudio.

**Figura 10.** Comparación de los niveles de ruido ambiental en el horario diurno



**Figura 11.** Comparación de los niveles de ruido ambiental en el horario nocturno



#### 6.4 Niveles de ruido ambiental equivalente a 24 horas

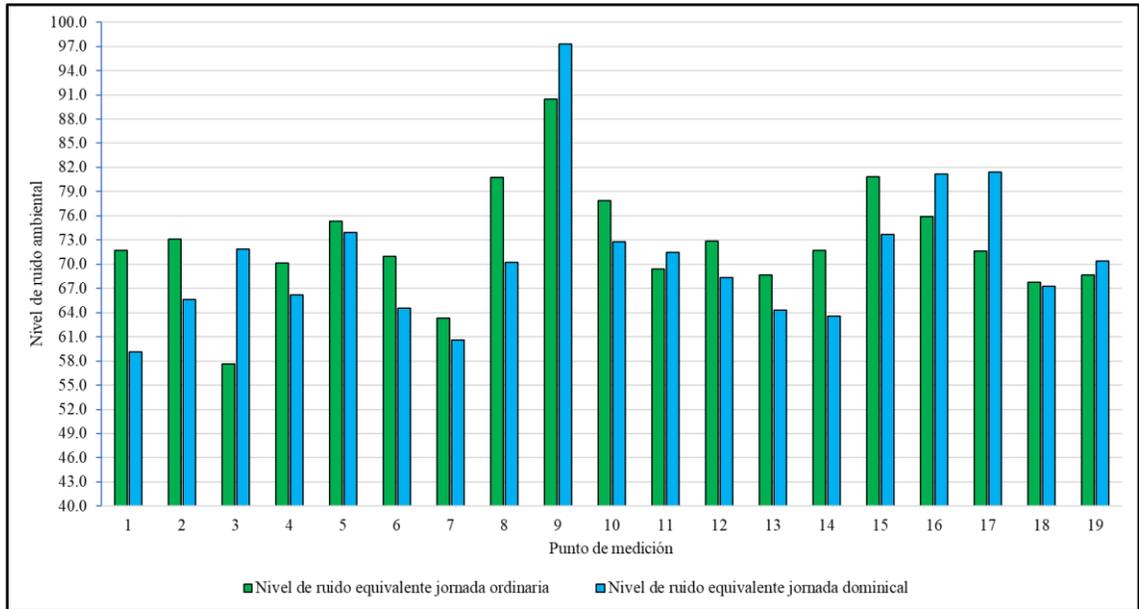
Como se puede apreciar en la Tabla 8 y la Figura 12, el indicador de nivel de ruido equivalente revela que en 13 puntos de medición, lo que equivale al 68.4%, se registró un nivel de ruido ambiental más alto durante la jornada ordinaria en comparación con la jornada dominical.

Además, se destaca que el punto 9 de medición, donde se concentran bares, discotecas y hay un constante tránsito de fuentes móviles, mostró el nivel equivalente más alto de ruido ambiental.

**Tabla 8.** Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas

Punto	Dirección	Uso de suelo	L <sub>RAeq, ordinario</sub>	L <sub>RAeq, dominical</sub>
1	Carrera 5 entre calle 9 y 10	Residencial	71.7	59.1
2	Carrera 5 calle 7	Comercial	73.1	65.6
3	Carrera 5 Calle 4	Residencial	57.6	71.8
4	Carrera 7 calle 4	Comercial	70.2	66.2
5	Carrera 7 calle 7	Comercial	75.3	73.9
6	Carrera 7 entre calle 9 y 10	Residencial	71.0	64.6
7	Carrera 7 No 12 24	Residencial	63.3	60.6
8	Carrera 10 calle 11	Comercial	80.7	70.2
9	Carrera 10 Transversal 10	Comercial	90.5	97.3
10	Carrera 10 calle 7	Comercial	77.9	72.7
11	Carrera 10 calle 4	Comercial	69.4	71.5
12	Carrera 10 calle 11	Comercial	72.8	68.3
13	Carrera 12 calle 1	Comercial	68.7	64.3
14	Carrera 12 calle 4	Comercial	71.7	63.5
15	Carrera 12 calle 7	Comercial	80.8	73.7
16	Carrera 12 calle 9	Residencial	75.9	81.2
17	Carrera 15 calle 7	Residencial	71.6	81.4
18	Carrera 15 calle 4	Comercial	67.8	67.2
19	Carrera 15 calle 1	Residencial	68.7	70.4

**Figura 12.** Nivel de ruido ambiental equivalente a 24 horas



### 6.5 Correlación entre el tránsito de fuentes móviles y los niveles de ruido ambiental

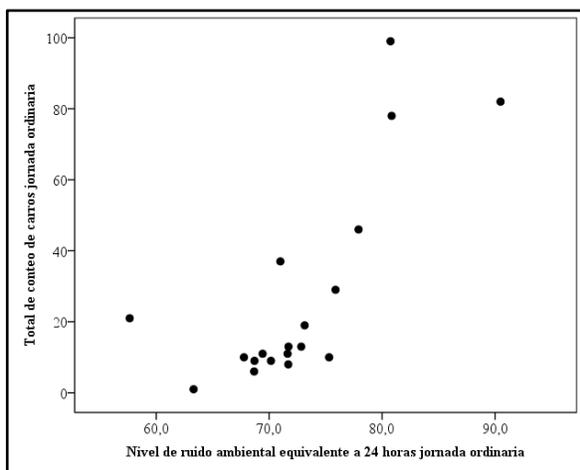
Con el objetivo de determinar si existe una correlación entre el tránsito de fuentes móviles y los niveles de ruido ambiental, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson y se elaboraron los gráficos de dispersión correspondientes. Para este análisis, se presentan los resultados del conteo vehicular realizado en cada jornada de medición en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Conteo de fuentes móviles

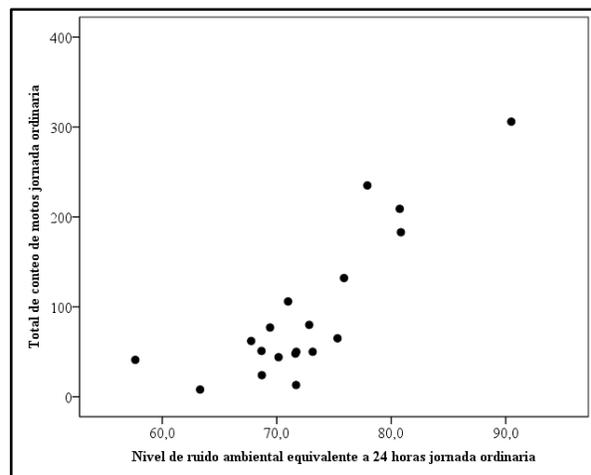
Punto	Jornada ordinaria diurna		Jornada dominical diurna		Jornada ordinaria nocturna		Jornada dominical diurna	
	Carros	Motos	Carros	Motos	Carros	Motos	Carros	Motos
1	7	9	3	12	1	4	1	6
2	14	36	7	37	5	14	4	11
3	19	31	4	11	2	10	1	8
4	7	32	4	24	2	12	2	10
5	7	47	9	31	3	18	4	25
6	32	85	4	21	5	21	7	18

Punto	Jornada ordinaria diurna		Jornada dominical diurna		Jornada ordinaria nocturna		Jornada dominical diurna	
	Carros	Motos	Carros	Motos	Carros	Motos	Carros	Motos
7	1	5	1	8	0	3	0	2
8	78	145	55	275	21	64	32	136
9	68	205	41	224	14	101	24	185
10	32	147	27	69	14	88	14	34
11	10	75	9	14	1	2	0	3
12	11	68	6	16	2	12	1	7
13	7	15	4	31	2	9	2	14
14	9	36	5	28	4	14	1	10
15	56	105	24	84	22	78	14	23
16	26	98	6	45	3	34	1	9
17	9	36	8	39	2	12	2	18
18	9	46	8	15	1	16	3	8
19	5	42	12	36	1	9	2	12

**Figura 13.** Gráfico de dispersión para jornada ordinaria y tránsito de carros



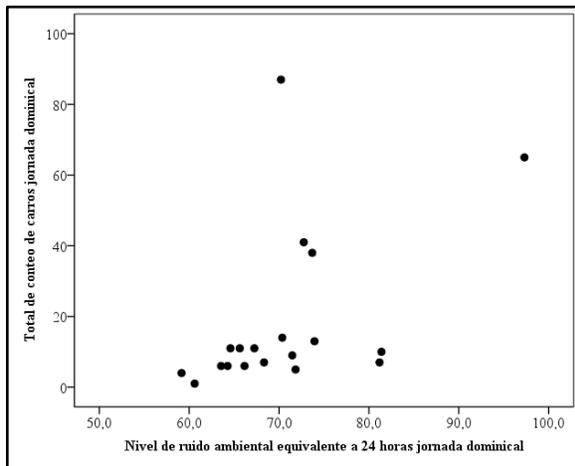
**Figura 14.** Gráfico de dispersión para jornada ordinaria y tránsito de motos



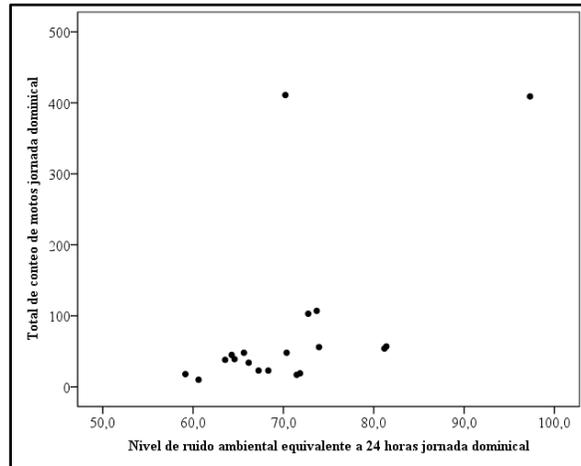
Durante la jornada ordinaria, resulta evidente, como se ilustra en la Figura 13 y la Figura 14, que el incremento en los niveles de ruido ambiental guarda una estrecha relación con el tráfico

vehicular. Este fenómeno se ve claramente reflejado en las correlaciones obtenidas, donde se observa una asociación significativa entre los niveles de ruido y el tránsito de automóviles ( $r = 0.751$ , IC 95% 0.376 a 0.928), siendo aún más pronunciada en el caso de las motocicletas ( $r = 0.840$ , IC 95% 0.565 a 0.952).

**Figura 15.** Gráfico de dispersión para jornada dominical y tránsito de carros



**Figura 16.** Gráfico de dispersión para jornada dominical y tránsito de motos



De acuerdo con lo representado en la Figura 15 y la Figura 16 para la jornada dominical, se observa que si bien el aumento de los niveles de ruido ambiental está correlacionado con el tránsito de automóviles ( $r = 0.485$ , IC 95% 0.55 a 0.884) y el tránsito de motocicletas ( $r = 0.583$ , IC 95% 0.75 a 0.921), no existe una asociación fuerte entre estas dos variables.

## 6.6 Mapas de ruido ambiental y mapas de conflicto

De la Figura 17 a la Figura 20 se presentan los mapas de ruido ambiental, mientras que de la Figura 21 a la Figura 24 se presentan los mapas de conflicto. En la Figura 17 y la Figura 21, correspondientes a la jornada ordinaria diurna, se observa que 110.4 hectáreas están afectadas por niveles elevados de ruido ambiental, concentrándose principalmente en la zona central del municipio. Sin embargo, algunas zonas residenciales en las periferias del área de estudio cumplen con los niveles de ruido ambiental establecidos.

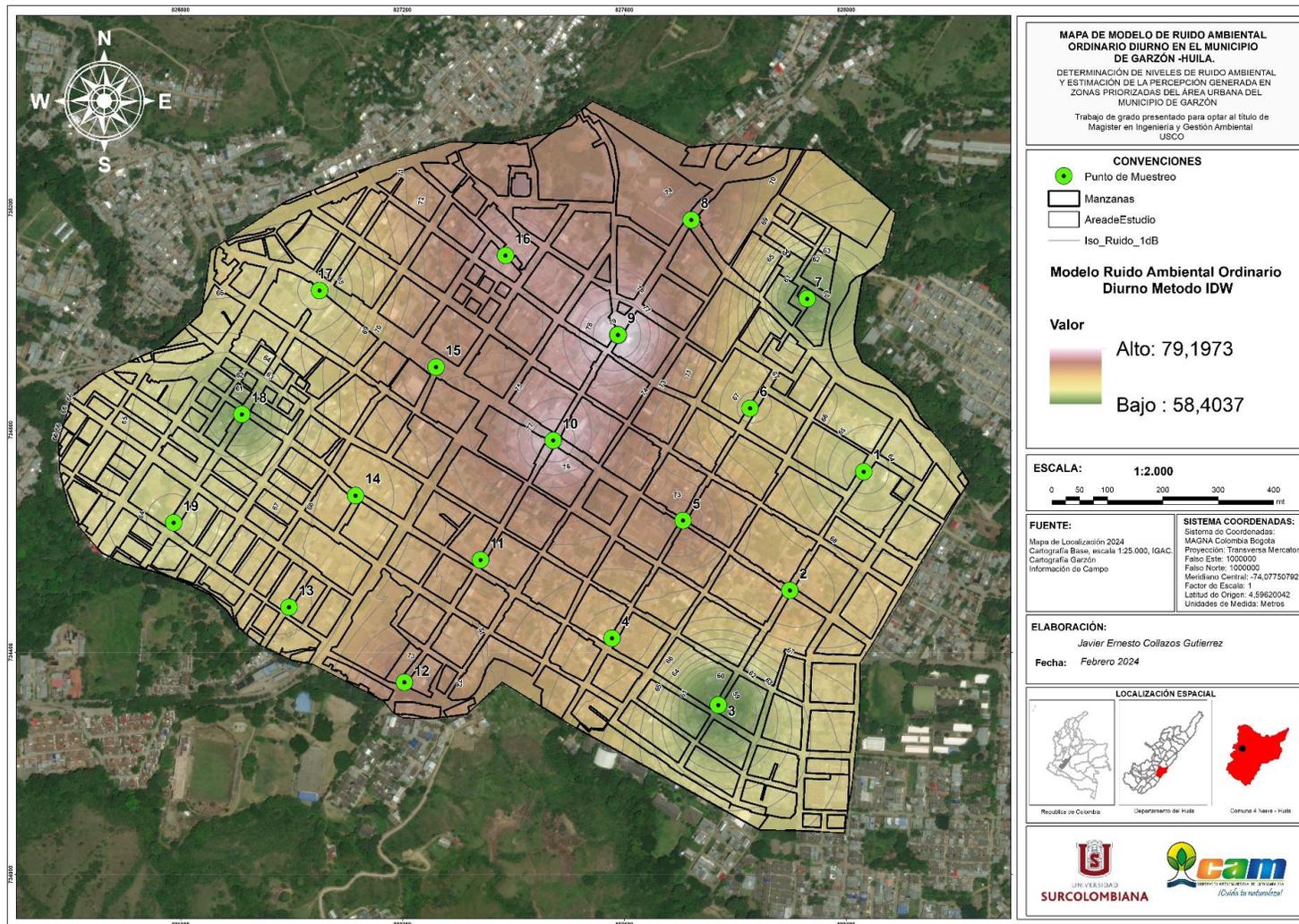
En los mapas de la Figura 18 y la Figura 22, para la jornada ordinaria nocturna, se determina que 135.3 hectáreas presentan niveles de ruido ambiental por encima de lo permitido. Se destaca el cumplimiento de los niveles de ruido ambiental en la zona donde se ubica la estación de Policía, donde se lleva a cabo el cierre de vías para evitar el tránsito de fuentes móviles, así como en la zona de la calle 4 con carrera 5, caracterizada por ser residencial.

En cuanto a la Figura 19 y la Figura 23, se establece que la jornada dominical diurna presenta el mejor escenario de ruido ambiental, con 84.7 hectáreas que cumplen con la normativa. Por el contrario, en la Figura 20 y la Figura 24, correspondientes a la jornada dominical nocturna, se evidencia que toda el área de estudio presenta niveles de ruido ambiental por encima de la normativa nacional.

### **6.7 Percepción de la comunidad frente al ruido ambiental**

Durante el proceso de medición de ruido ambiental, se identificaron 82 manzanas que conforman el área de estudio. Este valor se considera como el tamaño de la población (N). Para establecer el tamaño de la muestra, se utilizó la ecuación 4 y la ecuación 3, que permitió determinar el tamaño óptimo de la muestra en esta investigación, lo que resultó en aplicar 76 encuestas a razón de cuatro encuestas por cada punto de medición. Posteriormente se procedió a realizar la respectiva tabulación y se calcula el coeficiente de Alfa de Cronbach para la validación del análisis de consistencia interna, dando como resultado un valor de 0.76 que de acuerdo con lo mencionado en la Tabla 2, se encuentra en el intervalo correspondiente a “*fuerte confiabilidad*”, lo que indica que el instrumento aplicado es confiable y de elevada consistencia interna, encontrándose correlación de las preguntas con la información recolectada.

**Figura 17.** Mapa de ruido ambiental jornada ordinaria diurna



**Figura 18.** Mapa de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna

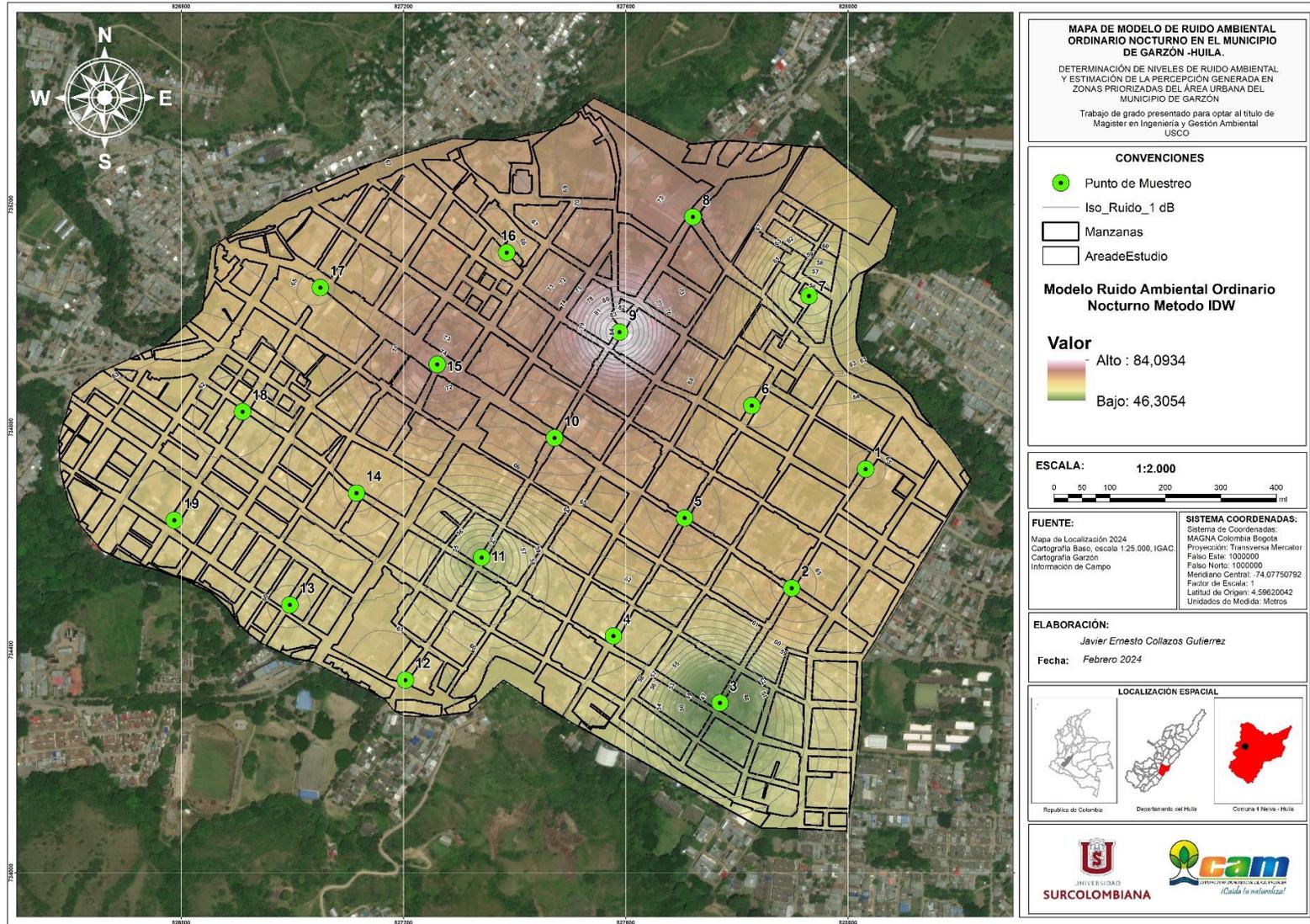
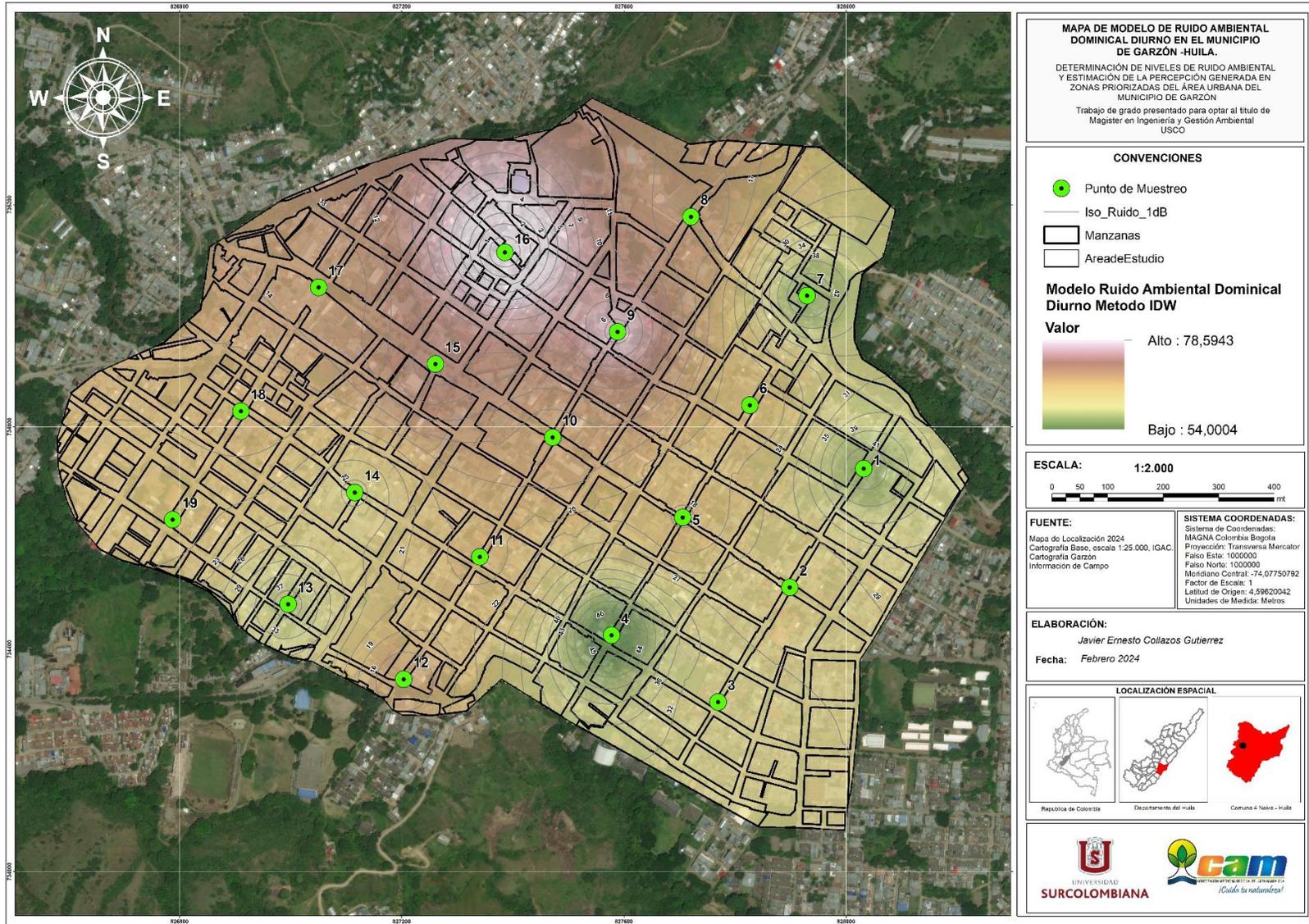
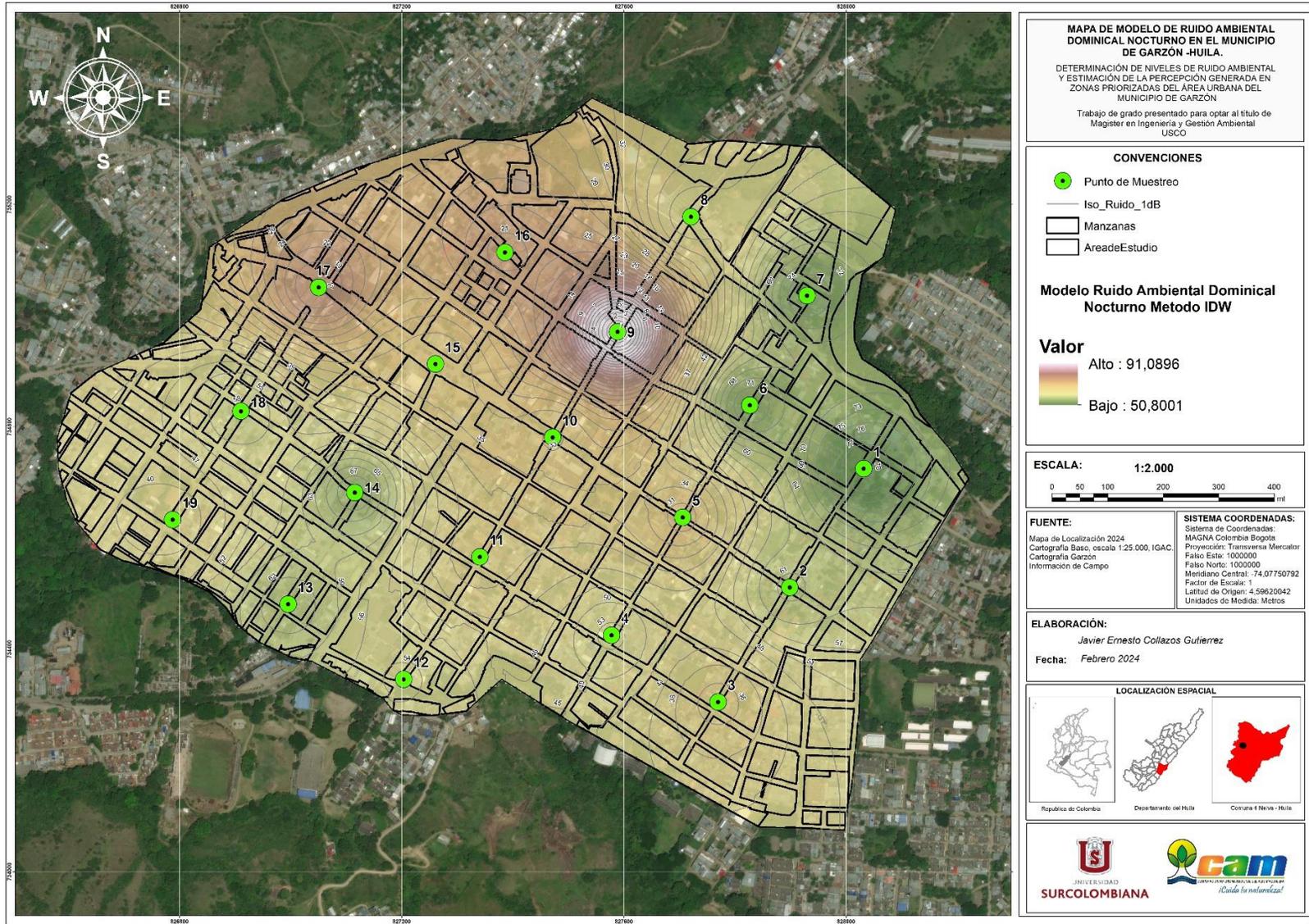


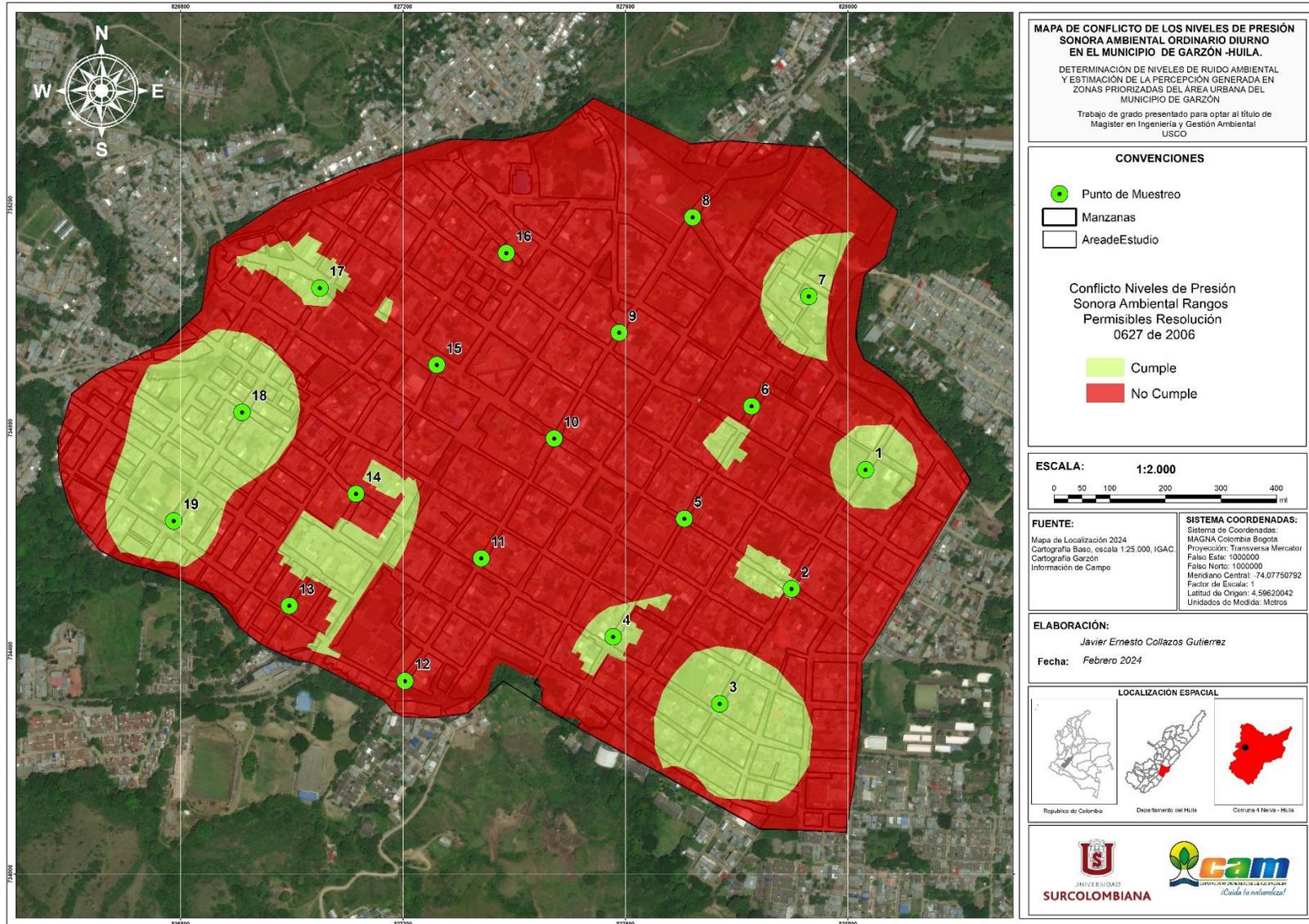
Figura 19. Mapa de ruido ambiental jornada dominical diurna



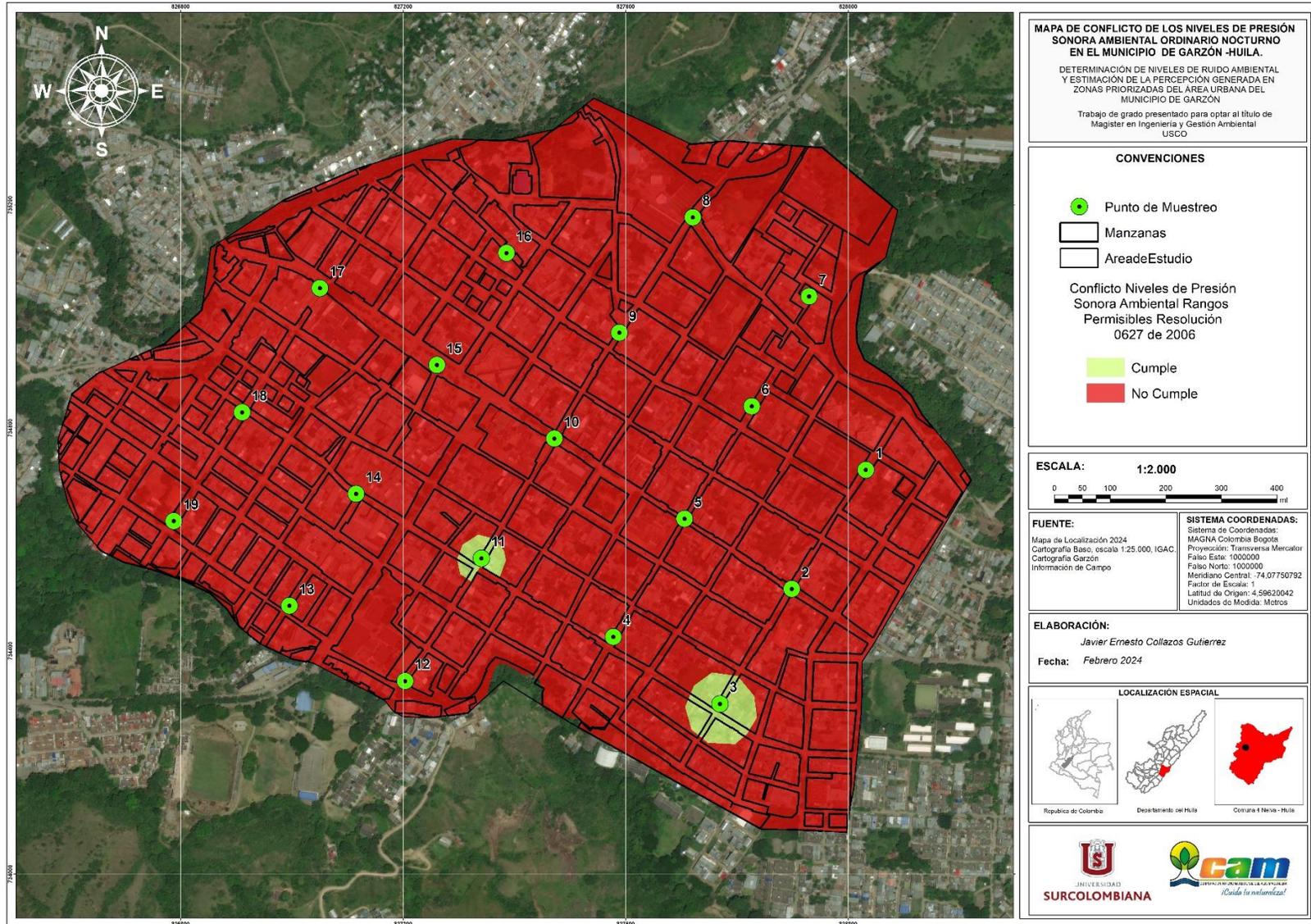
**Figura 20.** Mapa de ruido ambiental jornada dominical nocturna



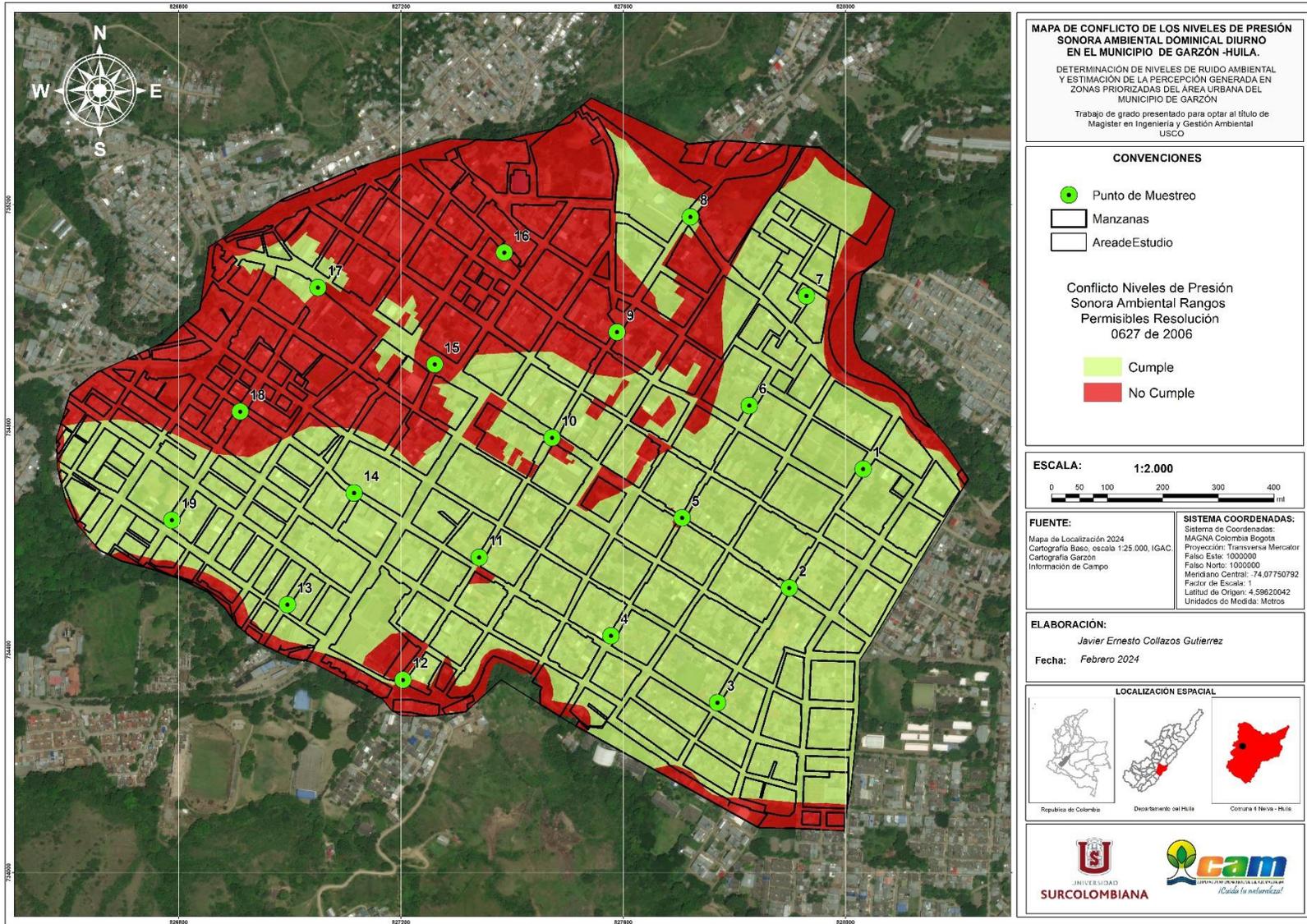
**Figura 21.** Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada ordinaria diurna



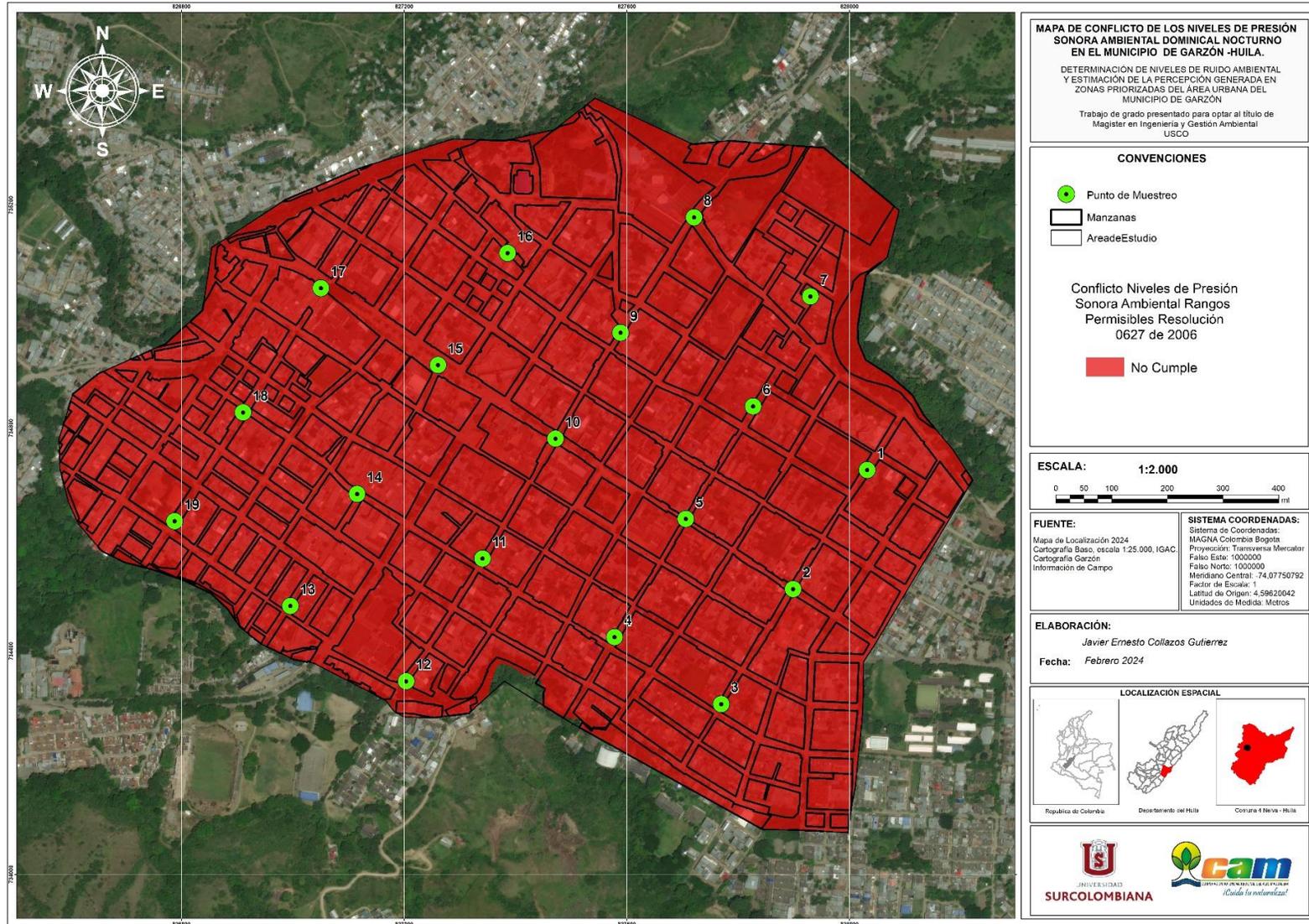
**Figura 22.** Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada ordinaria nocturna



**Figura 23.** Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada dominical diurno



**Figura 24.** Mapa de conflicto de ruido ambiental jornada dominical nocturno



La encuesta aplicada se dividió en cinco partes que son: (1) información general, (2) contaminación general y por ruido, (3) escala verbal de ruido, (4) efectos indirectos de la molestia y (5) descripción del ruido.

### 6.7.1 Información general

En este apartado se preguntó al encuestado por la edad, sexo, nivel educativo, se clasifica el predio y el tiempo de permanencia en la zona. Como se puede observar en la Tabla 10 y en la Tabla 11, de la población encuestada, el 72.4% correspondió a población entre los 21 y 50 años, y a su vez, el 71.1% cuanta con estudios de secundaria completa y técnico o universitario.

**Tabla 10.** Frecuencia rango de edad

Rango de edad	Frecuencia	Porcentaje
18 - 20 años	6	7.9%
21 - 30 años	19	25.0%
31 - 40 años	19	25.0%
41 - 50 años	17	22.4%
51 - 60 años	11	14.5%
61 - 70 años	4	5.35

**Tabla 11.** Frecuencia nivel educativo

Nivel educativo	Frecuencia	Porcentaje
Sin estudio	2	2.6%
Primaria incompleta	1	1.3%
Primaria completa	10	13.2%
Secundaria incompleta	9	11.8%
Secundaria completa	25	32.9%
Técnico-Universitario	29	38.2%

**Tabla 12.** Clasificación del predio

Clasificación del predio	Frecuencia	Porcentaje
Vivienda	42	55.3%
Finca de recreo	1	1.3%
Establecimiento publico	17	22.4%
Establecimiento comercial	10	13.2%
Otro	6	7.9%

**Tabla 13.** Tiempo de permanencia en la zona

Tiempo de permanencia en la zona	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 2 años	7	9.2%
2 y 5 años	12	15.8%
6 y 10 años	23	30.3%
11 y 20 años	16	21.1%
20 y 30 años	7	9.2%
Mas de 30 años	11	14.5%

Por otro lado, la Tabla 12 nos muestra que el 55.3% de las encuestas se aplicaron en viviendas y el 35.6% en establecimientos comerciales y públicos. La Tabla 13 podemos observar que el 46.1% de los encuestados llevan viviendo en la zona de estudio entre 2 y 10 años.

### 6.7.2 Contaminación general por ruido

En esta sección se preguntó al encuestado que tan sensible se considera al ruido, que tan fuerte cree que es el ruido alrededor de su vivienda y que con qué frecuencia percibe la contaminación por ruido.

**Tabla 14.** Como considera la contaminación ambiental cerca de su vivienda

Calificación	Frecuencia	Porcentaje
Sin ninguna gravedad	4	5.3%
Poco grave	17	22.4%
Moderadamente grave	30	39.5%
Grave	17	22.4%
Muy grave	8	10.5%

**Tabla 15.** Que tan fuerte cree que es el ruido alrededor de su vivienda

Calificación	Frecuencia	Porcentaje
Leve	9	11.8%
Inconfundible	16	21.1%
Fuerte	38	50.0%
Muy fuerte	13	17.1%

**Tabla 16.** Frecuencia de percepción de ruido alrededor de la vivienda

Periodicidad	Frecuencia	Porcentaje
Una o menos de una vez por mes	7	9.2%
Dos a tres veces por mes	10	13.2%
Una vez por semana	7	9.2%
Dos a tres veces por semana	17	22.4%
Casi todos los días	35	46.1%

En la Figura 15, se puede evidenciar que el 67.1 % de los encuestados considera que el ruido alrededor de su vivienda es fuerte y muy fuerte; y según la Tabla 16, el 22.4 % siente ruido alrededor de sus viviendas de dos a tres veces por semana y el 46.1 % casi todos los días.

### 6.7.3 Efectos indirectos de la molestia por ruido

En esta sección se preguntó al encuestado acerca de los efectos indirectos del ruido y en que horario siente con mayor intensidad el ruido.

**Tabla 17.** Frecuencia de los efectos indirectos del ruido

Que tan a menudo el ruido	Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Casi siempre
Evita llegar a la casa	61.8%	13.2%	17.1%	3.9%	3.9%
Lo perturba en una conversación	10.5%	22.4%	38.2%	22.4%	6.6%
Le impide conciliar el sueño	36.8%	21.1%	26.3%	10.5%	5.3%
Le causa dolor de cabeza	17.1%	40.8%	31.6%	9.2%	1.3%
Le produce irritabilidad	18.4%	15.8%	35.5%	25.0%	5.3%
Le causa desconcentración	15.8%	19.7%	32.9%	22.4%	9.2%
Lo despierta en la noche	36.8%	22.4%	22.4%	7.9%	10.5%

Al preguntar a los encuestados por los efectos indirectos que puede tener el ruido en cada uno, los resultados de la Tabla 17 muestran que el 35.5 % aseguro que a veces el ruido le causa irritabilidad, seguido de un 25 % donde manifestaron que suelen presentarse el mismo efecto. Un escenario similar se presenta cuando el ruido causa desconcentración, en donde el 32.9% manifestó que algunas veces se desconcentran de sus actividades por causa del ruido y el 22.4% siente ese mismo efecto frecuentemente. La perturbación de una conversación fue uno de los efectos que también señalaron los encuestados, en donde el 38.2% manifestaron que algunas veces se presentaba esta situación y el 22.4% frecuentemente el ruido causaba el mismo efecto.

**Tabla 18.** Horario de mayor sensación de intensidad de ruido

Horario	Frecuencia	Porcentaje
Entre 6:00 am y 12:00 m	5	6.6%
Entre 12:00 m y 6:00 pm	24	31.6%
Entre 6:00 pm y 10:00 pm	12	15.8%
Entre 10:00 pm y 6:00 am	12	15.8%
Todo el Tiempo	23	30.3%

La Tabla 18 refleja que el 31.6 % de la población encuestada indica que, en la tarde, representada entre las 12:00 m y 6:00 pm, siente la mayor sensación de ruido; y el 30.3 % manifestó que todo el día se presenta sensación fuerte de ruido.

#### 6.7.4 Descripción de las fuentes de ruido

En esta sección se preguntó al encuestado sobre la presencia de fuentes de ruido y el ruido asociado a fuentes móviles.

**Tabla 19.** Tipo de ruido percibido cerca de la vivienda

¿Cerca de su vivienda se percibe esta fuente de ruido?	Si	Porcentaje	No	Porcentaje
El tráfico vehicular	69	90.8%	7	9.2%
La gente en la calle	62	81.6%	14	18.4%
Los vecinos	39	51.3%	37	48.7%
Los locales comerciales	42	55.3%	34	44.7%
Las fabricas	17	22.4%	59	77.6%
Las construcciones	31	40.8%	45	59.2%

Según la percepción de los residentes del área de estudio, en la Tabla 19 se puede indicar que el 90.8% de los encuestados manifestaron que el tráfico vehicular es la fuente de ruido que más se percibe cerca de sus viviendas, seguido del tránsito de la gente en la calle, con un 81.6%. Además, el 55.3% de los encuestados señalaron que los locales comerciales son una fuente de ruido cercana a sus viviendas.

**Tabla 20.** Fuente de ruido asociado a fuentes móviles que percibe en la zona

Tipo de ruido que se presenta en la zona	Si	Porcentaje	No	Porcentaje
Carros pesados	36	47.4%	40	52.6%
Transporte público	31	40.8%	45	59.2%
Motocicletas	71	93.4%	5	6.6%
Alarma de los carros	48	63.2%	28	36.8%
Pito de los carros	55	72.4%	21	27.6%
Sirenas de ambulancias	25	32.9%	51	67.1%
Vehículos acelerando bruscamente	44	57.9%	32	42.1%
Carros frenando bruscamente	22	28.9%	54	71.1%
Freno de motor en carros pesados	22	28.9%	54	71.1%
Car audio	23	30.3%	53	69.7%
Perifoneo	55	72.4%	21	27.6%
Carros en mal estado	27	35.5%	49	64.5%

Durante las jornadas de medición de ruido ambiental se logró evidenciar que el tránsito de vehículos, en especial el de motocicletas, aumentaba los niveles de ruido. Lo anterior puede ser validado a través de los encuestados, ya que la Tabla 20 refleja que el 93.4% manifestó que las motocicletas son una fuente de ruido que se percibe en la zona. Seguido de esto se encuentra el perifoneo y el pito de los carros con un 72.4%, y la alarma de los carros con un 63.2%.

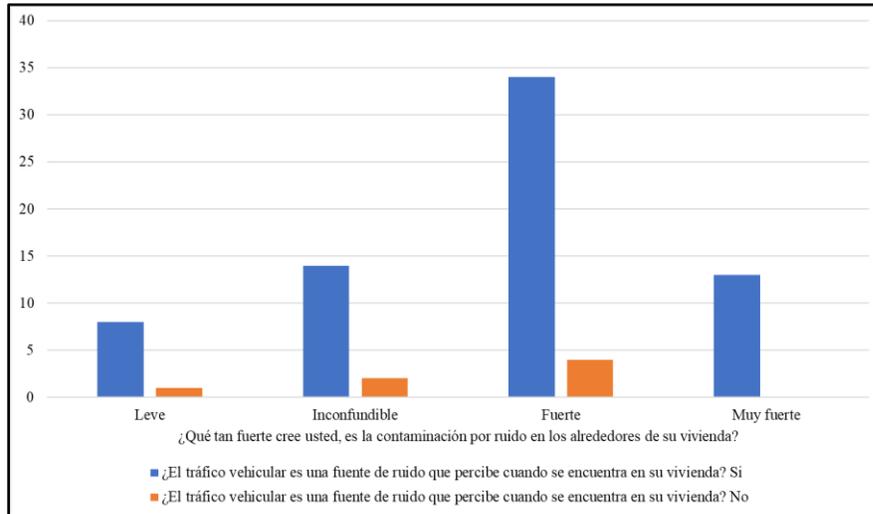
Al identificar el tráfico de fuentes móviles y los locales comerciales como las principales fuentes de ruido, se lleva a cabo un análisis cruzado con la percepción de ruido alrededor de las viviendas para estimar la percepción de la comunidad en el área de estudio. Este análisis permite entender cómo la presencia y actividad de estas fuentes afectan la percepción del ruido por parte de los residentes, ofreciendo una visión más completa de la situación y posibilitando la implementación de medidas adecuadas para abordar las preocupaciones de la comunidad en relación con el ruido ambiental.

**Tabla 21.** Tabla de contingencia entre tráfico vehicular y percepción de ruido

		¿El tráfico vehicular es una fuente de ruido que percibe cuando se encuentra en su vivienda?			
		Si	Porcentaje	No	Porcentaje
¿Qué tan fuerte cree usted, es la contaminación por ruido en los alrededores de su vivienda?	Leve	8	10.5%	1	1.3%
	Inconfundible	14	18.4%	2	2.6%
	Fuerte	34	44.7%	4	5.3%
	Muy fuerte	13	17.1%	0	0.0%
Total		69	90.8%	7	9.2%

Como se puede observar en la Tabla 21 y la Figura 25, se determina que el 90.8% de los encuestados perciben el tráfico vehicular como una fuente de ruido cercana a su vivienda. Además, se destaca que el 61.8% de las personas que reportaron percibir este ruido lo calificaron como Fuerte o Muy fuerte.

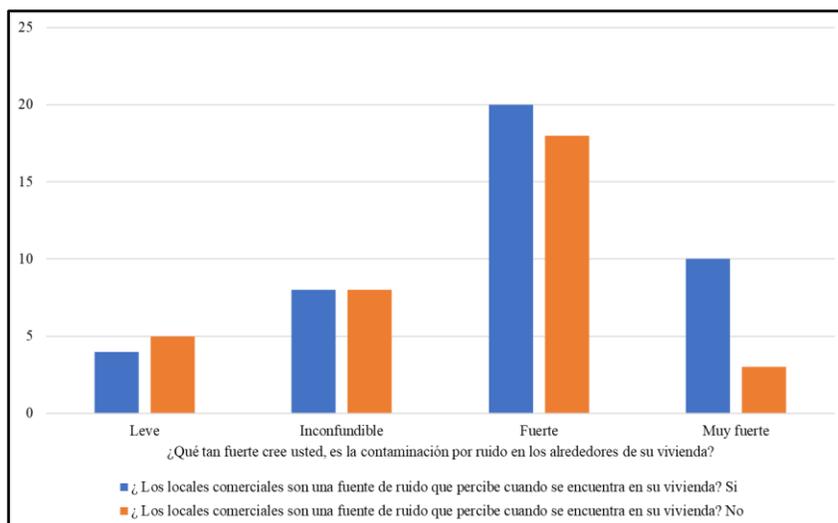
**Figura 25.** Percepción de ruido entre tráfico vehicular y cercanía a la vivienda



**Tabla 22.** Tabla de contingencia entre locales comerciales y percepción de ruido

		¿ Los locales comerciales son una fuente de ruido que percibe cuando se encuentra en su vivienda?			
		Si	Porcentaje	No	Porcentaje
¿Qué tan fuerte cree usted, es la contaminación por ruido en los alrededores de su vivienda?	Leve	4	5.3%	5	6.6%
	Inconfundible	8	10.5%	8	10.5%
	Fuerte	20	26.3%	18	23.7%
	Muy fuerte	10	13.2%	3	3.9%
Total		42	55.3%	34	44.7%

**Figura 26.** Percepción de ruido entre locales comerciales y cercanía a la vivienda



Dado que el área de estudio combina usos de suelo comercial y residencial, la percepción del ruido proveniente de los locales comerciales está dividida. La Figura 26 y la Tabla 22 refleja que el 55.3% de los encuestados indicaron que sí perciben los locales comerciales como fuentes de ruido, mientras que el 44.7% restante no perciben el ruido de esta fuente. Sin embargo, entre las personas que afirmaron percibir los locales comerciales como una fuente de ruido, solo el 39.5% manifestaron que este ruido es Fuerte o Muy fuerte. Esto sugiere que la problemática asociada a los locales comerciales se concentra en un sector específico previamente identificado.

## 7. Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo de grado ha sido abordar de manera integral la problemática del ruido ambiental en el municipio de Garzón. A lo largo de su desarrollo, se ha llevado a cabo un exhaustivo análisis para determinar los niveles de ruido presentes en diversas zonas, identificar las principales fuentes de esta contaminación acústica y evaluar la percepción de la comunidad en relación con estos niveles. Durante este proceso, se ha recopilado información detallada que ha permitido comprender cómo diferentes actividades humanas contribuyen a la generación de ruido en el entorno urbano.

La comprensión de los niveles de ruido ambiental es fundamental para entender las dinámicas sociales en un área específica, particularmente en el municipio de Garzón, donde esta información previamente no estaba disponible. Evaluar los componentes tonales e impulsivos añade una dimensión importante al reflejar con mayor precisión los niveles de ruido, permitiendo así una comparación más efectiva con las normativas ambientales. La presencia de altos niveles de ruido ambiental y su evidente incumplimiento genera afectaciones a la calidad de vida de las personas. Este enfoque proporciona una medida cuantitativa más precisa de la molestia percibida, lo que contribuye a una mejor comprensión de los impactos del ruido en la calidad de vida de los residentes.

Identificar las fuentes de ruido ambiental es crucial para comprender la dinámica del ruido en un entorno determinado. La principal fuente de ruido identificada fue el tránsito de fuente móviles, seguido del funcionamiento de establecimientos de comercio, en especial los establecimientos nocturnos de la zona rosa del municipio de Garzón. Al conocer qué actividades o elementos generan ruido, podemos enfocarnos en abordar esas fuentes para reducir su impacto y mejorar las condiciones ambientales. Este enfoque no solo promueve una disminución del ruido,

sino que también contribuye a una mejor calidad de vida para los residentes al crear entornos más tranquilos y saludables.

La aplicación de un instrumento específico ha sido fundamental para capturar las percepciones subjetivas de la comunidad respecto al ruido ambiental. Este enfoque cualitativo ha proporcionado datos que complementan la información cuantitativa obtenida. La aplicación de la encuesta reveló que, según la comunidad, la principal fuente de ruido es el tránsito de motocicletas, seguido del uso del pito y el perifoneo. Se ha evidenciado que el ruido generado por el tráfico de vehículos y otras fuentes móviles, así como por el funcionamiento de los locales comerciales, constituyen aspectos significativos en la percepción de la población respecto al ambiente sonoro en el municipio.

Este documento representa un recurso invaluable para el municipio de Garzón, ya que puede ser utilizado como una herramienta clave en la gestión ambiental urbana. Su contenido proporciona una comprensión detallada de la dinámica de las actividades generadoras de ruido en el municipio. Al analizar estas actividades y sus impactos acústicos, se abre la puerta a soluciones concretas para abordar las problemáticas planteadas por la comunidad, las cuales se reflejan en las numerosas quejas presentadas ante la Alcaldía Municipal. La aplicación de las conclusiones y recomendaciones derivadas de este trabajo puede contribuir significativamente a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a promover un entorno urbano más saludable y sostenible.

La Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental se posiciona como un aliado estratégico en la generación de información pertinente para el desarrollo regional. Muchas veces, estas entidades gubernamentales carecen de los recursos humanos especializados y de los equipos necesarios para llevar a cabo investigaciones o informes técnicos detallados sobre cuestiones ambientales específicas. En este sentido, la colaboración entre la academia y las administraciones locales se

vuelve indispensable para abordar eficazmente los desafíos ambientales y promover un desarrollo sostenible en las comunidades locales. Esta colaboración entre la academia y las instituciones locales constituye un ejercicio esencial para el progreso social y ambiental de la comunidad huilense. Al trabajar de la mano, se pueden identificar problemas ambientales, diseñar soluciones innovadoras y promover políticas efectivas que contribuyan a un desarrollo sostenible en la región. A su vez, los resultados obtenidos no solo consolidan nuestro conocimiento actual, sino que también abren nuevas perspectivas para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

## **8. Recomendaciones**

Para lograr una disminución efectiva de los niveles de ruido ambiental, es crucial que la administración municipal, el sector privado, las juntas de acción comunal, las ONG y otros actores interesados trabajen de manera coordinada y colaborativa. Se sugiere desarrollar una estrategia integral que aborde tres áreas clave: educación ambiental, transporte y movilidad, y el sector comercial y de servicios.

En cuanto a la educación ambiental, se recomienda la implementación de campañas de sensibilización sobre el tema del ruido, la capacitación de líderes comunitarios y la inclusión del tema del ruido en eventos como la semana ambiental de Garzón y los Proyectos Ambientales Escolares y Ciudadanos.

En el ámbito del transporte y la movilidad, se sugiere llevar a cabo actividades orientadas al control del ruido generado por las motocicletas, el cumplimiento de los límites de velocidad y el uso adecuado de silenciadores. Además, se pueden organizar campañas de sensibilización dirigidas a los conductores y promover el uso de medios de transporte alternativos como la bicicleta.

En relación con el sector comercial, se recomienda ofrecer jornadas de capacitación para desincentivar el uso de perifoneo y altavoces en la promoción y venta de productos y servicios. Asimismo, se sugiere promover la insonorización de establecimientos como bares y discotecas para reducir la emisión de ruido hacia el entorno urbano.

## Bibliografía

- Castro, J., Cerquera, N., & Escobar, F. (2016). ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY STRATEGIES FOR COUNTERACTING EROSION EFFECTS AND SOIL DEGRADATION IN THE TATACOA DESSERT. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(23), 13477–13485.
- Castro, J., & Ramirez, V. E. (2009). Diagnóstico de los Niveles de Gestión de la Higiene y de la Calidad en Empresas del Sector Agroalimentario del Departamento del Huila. Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM. (2017). *Mapas de ruido ambiental y plan de descontaminación por ruido del municipio de Neiva*. Neiva.
- Correa, F. J., Osorio, J. D., & Carreño, C. A. (2018). Estimación de la relación entre el ruido y la molestia generada por el tráfico vehicular: una aplicación en la ciudad de Medellín, Colombia. *Revista de Estudios Regionales*(111), 181-213.
- Correa, F. J., Osorio, J. D., & Patiño, B. A. (2015). Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia). *Semestre Económico*, 18(37), 11-50.
- Cuellar, C., & Pinto, W. (2019). Monitoreo de los niveles de presión sonora en la comuna cuatro de la ciudad de Neiva, departamento del Huila. Neiva.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (febrero de 2020). Proyecciones de Población 2018-2020. *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Bogotá. doi:<https://www.dane.gov.co/files/censo2018/proyecciones-de-poblacion/anexos-proyecciones-poblacion-desagregacion-2018-2020.xls>
- Echeverri, C. A. (2009). Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el Área Metropolitana del valle de Aburrá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(14), 21-38.
- Echeverri, C. A., & González, A. E. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 51-60.
- Fletcher, H., & Munson, W. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. *Bell System Technical Journal*, 377-430. Obtenido de <https://archive.org/details/bstj12-4-377/page/n29/mode/2up>
- Goldsmith, M. (2012). *Discord: The Story of Noise*. Oxford University Press.
- González, L., & Soto, M. (2019). DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA EN LA COMUNA CINCO “ZONA ORIENTAL” DE LA CIUDAD DE NEIVA, HUILA”. Neiva.

- Harman, B. I., Köseoğlu, H., & Yiğit, C. Ö. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, *112*, 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.05.024>
- Hongisto, V., Saarinen, P., & Oliva, D. (2019). Annoyance of low-level tonal sounds – A penalty model. *Applied Acoustics*, *145*, 358-361. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.09.023>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2019). *NTC-ISO 1996-2:2019 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora*. Bogotá: ICONTEC.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC. (2019). *NTC-IEC 61672-1:2019 Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones*. Bogotá: ICONTEC.
- Juzgado Primero Civil Municipal de Garzón, 2016-00462-00 (Sentencia de Tutela 24 de noviembre de 2016).
- Kang, J. (2007). *Urban Sound Environment*. Taylor & Francis.
- Ledesma, R., Molina, G., & Valero, P. (2002). Análisis de consistencia interna mediante Alfa de Cronbach: un programa basado en gráficos dinámicos. *PsicoUSF*, *7*(2), 143–152.
- Llimpe C. (2011). Resultados del estudio subjetivo del ruido y de las mediciones de los niveles de presión sonora en el distrito de Miraflores, Lima. Perú.
- Maese-Núñez, J., Alvarado, A., Valles, D., & Báez, Y. (2016). Coeficiente alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de un cuestionario difuso. *Cultura Científica Y Tecnológica*, *59*, 146–156.
- Martínez Bencardino, C. (2019). *Estadística básica aplicada: (5 ed.)*. Ecoe Ediciones.
- Meliá, J., Pradilla, J., Martí, N., Sancerni, M., Oliver, A., & Tomás, J. (1990). ESTRUCTURA FACTORIAL, FIABILIDAD Y VALIDEZ DEL CUESTIONARIO DE SATISFACCION S21/26 : UN INSTRUMENTO CON FORMATO DICOTOMICO ORIENTADO AL TRABAJO PROFESIONAL. *Revista de Psicología Universitas Tarraconensis*, *12*, 25–39.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (07 de abril de 2006). Resolución 627 de 2006. *Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*. Bogotá.
- Murphy, E. (2017). What To Do About Environmental Noise? *Acoustics Today*, *13*, 18-25.
- Murphy, E., & King, E. (2014). *Environmental Noise Pollution* (Primera ed.). Elsevier.
- Murphy, E., & King, E. A. (2022). Principles of Environmental Noise. En *Elsevier eBooks* (pp. 9-51). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820100-8.00002-6>

- Olague-Caballero, C., Wenglas-Lara, G., & Duarte-Rodríguez, J. (2012). Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. *CienciaUAT*, 101-115.
- Oliva, D., Hongisto, V., & Haapakangas, A. (2017). Annoyance of low-level tonal sounds – Factors affecting the penalty. *Building And Environment*, 123, 404-414. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.017>
- Orban, E., McDonald, K., Sutcliffe, R., Hoffmann, B., Fuks, K., Dragano, N., . . . Moebus, S. (2016). Residential Road Traffic Noise and High Depressive Symptoms after Five Years of Follow-up: Results from the Heinz Nixdorf Recall Study. *Environmental Health Perspectives*, 124, 578-585.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (1999). *Guidelines for Community Noise*. Geneva: Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud OMS. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. Copenhagen: Organización Mundial de la Salud.
- Oviedo, H., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.
- Radun, J., Maula, H., Rajala, V., Scheinin, M., & Hongisto, V. (2022). Acute stress effects of impulsive noise during mental work. *Journal Of Environmental Psychology*, 81, 101819. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101819>
- Seidler, A., Wagner, M., Schubert, M., Dröge, P., Römer, K., Pons-Kühnemann, J., Swart, E., Zeeb, H., & Hegewald, J. (2016). Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease—A case-control study based on secondary data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(8), 749-758. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.012>
- Stansfeld , S., & Matheson, M. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68, 243-257.
- Takahata, S., Mizutari, K., Morita, I., Matsuo, H., Nakayama, A., Shimizu, S., Ueno, M., Ito, T., Shinomiya, N., & Shiotani, A. (2020). The influence of a noisy environment on hearing impairment and tinnitus: The hearing outcomes of 50-year-old male Japan ground self-defense force personnel. *Auris Nasus Larynx*, 16-43. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2020.05.010>
- Valenzuela, L. (marzo de 2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 . Garzón, Huila, Colombia.
- Vos, J., & Smoorenburg, G. F. (1985). Penalty for impulse noise, derived from annoyance ratings for impulse and road-traffic sounds. *Journal Of The Acoustical Society Of America*, 77(1), 193-201. <https://doi.org/10.1121/1.392257>

Zafra, J. (2019). *Ingeniería de sonido. Conceptos, fundamentos y casos prácticos*. Bogotá: Ediciones de la U.

## **Anexos**