



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO  
URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE,  
TRONCAL DE LA SIERRA – E-30 - E35, DE LA PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA. 2025”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Cepeda Martínez Carlos Andrés

**Tutor:**

Ágreda Oña José Luis

**LATACUNGA – ECUADOR**

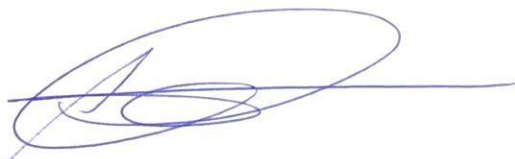
**Agosto 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cepeda Martínez Carlos Andrés, con cédula de ciudadanía No. 1850274067, declaro ser el autor del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA – E30 - E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”** siendo el Mg. José Luis Ágreda Oña. Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 25 de Julio del 2025



Carlos Andrés Cepeda Martínez  
Estudiante  
C.C: 1850274067

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CEPEDA MARTINEZ CARLOS ANDRES**, identificado con cédula de ciudadanía **1850274067** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Dra. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: **“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA – E30 - E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: abril 2017 – agosto 2017

Finalización de la carrera: abril 2025 – agosto 2025

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Tema: **“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA – E30 - E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”**

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA. -** Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 25 días del mes de Julio del 2023.



Cepeda Martínez Carlos Andrés

**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

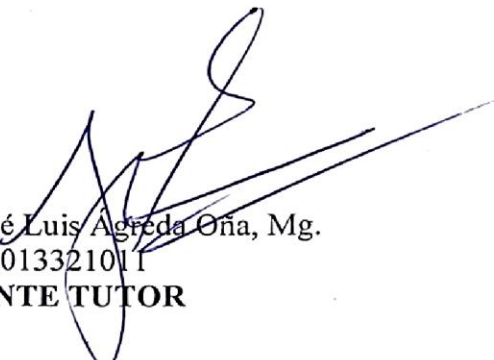
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA–E-30-E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”** de Cepeda Martínez Carlos Andres de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 25 de julio del 2025



Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.  
C.C: 04013321011  
**DOCENTE TUTOR**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Cepeda Martínez Carlos Andres, con el título de Proyecto de Investigación **“DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA – E-30 - E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 25 de julio del 2025



Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, Mg.  
C.C: 0501518955

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Vincent Benjamín Velastegui Tapia, Mg.  
C.C: 0502547649

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Lic. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.  
C.C: 0501444582

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco profundamente a Dios, por darme la fortaleza, salud y perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.*

*A mi padre, por su amor incondicional, sacrificios y por ser mi mayor fuente de inspiración. Su ejemplo y apoyo desde lo más alto han sido fundamentales en cada paso de este camino.*

*A mi familia, por sus palabras de aliento y su confianza constante en mí.*

*A mi tutor de tesis, Ing. José Luis Agreda, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones durante todo el desarrollo de este trabajo. Su experiencia y compromiso han sido claves para alcanzar este logro.*

*A mis docentes y compañeros de carrera, quienes, con sus enseñanzas, consejos y experiencias compartidas, contribuyeron a mi formación académica.*

*Finalmente, a todas las personas que han estado en toda esta etapa importante de mi vida un más sincero agradecimiento.*

*Carlos Andrés Cepeda Martínez*

## **DEDICATORIA**

*A ti, papá, que estás en lo más alto del cielo...*

*Dedico este logro a tu memoria, porque, aunque ya no estás físicamente a mi lado, tu presencia vive en cada uno de mis pasos, en cada decisión, en cada esfuerzo. Tu amor, tus enseñanzas y tu ejemplo han sido la base de mi vida y la fuerza silenciosa que me ha sostenido en los momentos más difíciles.*

*No hay día en que no piense en ti, en lo orgulloso que estarías de verme llegar hasta aquí. Este trabajo es también tuyo, porque tu voz sigue resonando en mi corazón, guiándome con sabiduría y amor.*

*Gracias por haber sido el padre que fuiste. Hoy te honro con este logro, sabiendo que, desde donde estás, me miras con una sonrisa. Te extraño y te amo, siempre.*

*Carlos Andrés Cepeda Martínez*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO:** “DETERMINACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO, ZONA PANAMERICANA NORTE, TRONCAL DE LA SIERRA – E-30 - E35, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA. 2025”

**AUTOR:**

Cepeda Martínez Carlos Andrés

### **RESUMEN**

El crecimiento urbano acelerado y el aumento constante del parque automotor han generado impactos ambientales negativos en los entornos urbanos, siendo la contaminación acústica una problemática relevante en ciudades intermedias como Ambato. La investigación aplicó una metodología mixta, cualitativa y cuantitativa. En la fase cuantitativa se utilizó un sonómetro para recolectar datos, y el software ArcGis para la elaboración de mapas. Además, se realizó una encuesta entre trabajadores, residentes y usuarios del sector, donde el 90 % afirmó que el ruido afecta negativamente su calidad de vida. Al interpretar los mapas de ruido elaborados, se emplearon los datos recolectados en campo para realizar la interpolación mediante el método IDW, que permitió estimar de manera precisa la distribución continua de los niveles sonoros durante los meses de febrero a mayo. Esta técnica incrementó la precisión espacial mediante una simulación 3D que facilitó la visualización de los puntos críticos de acumulación (PCA), donde se identificaron zonas que superaron los niveles acústicos permitidos. Los puntos más conflictivos se relacionaron con áreas de alta circulación vehicular, alcanzando valores críticos de hasta 109,7 dB. Como resultado, la dispersión acústica fue desarrollada en el software especializado SoundPlan, que permitió modelar y analizar la distribución espacial del ruido ambiental. El 74 % de los encuestados indicó afectaciones en su concentración o descanso, y el 76 % percibió una falta de acción por parte de las autoridades. En conclusión, el tramo analizado de la Panamericana Norte presenta una contaminación acústica grave, persistente y desatendida, donde entre el 60 % y el 70 % de los puntos elevados superan los niveles máximos permitidos. Esta situación representa un riesgo para la salud auditiva y la calidad de vida, lo que exige atención urgente mediante acciones coordinadas, sostenibles y prioritarias desde la gestión pública.

**Palabras Clave:** percepción ciudadana, zonificación urbana, movilidad vehicular, calidad de vida, gestión ambiental

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TITLE:** "DETERMINATION OF AMBIENT NOISE IN THE URBAN CENTER OF

**AUTHOR:**

Cepeda Martínez Carlos Andrés

**ABSTRACT**

Accelerated urban growth and the constant increase in the vehicle fleet have caused negative environmental impacts in urban areas, with noise pollution being a relevant issue in intermediate cities such as Ambato. The research applied a mixed methodology, both qualitative and quantitative. In the quantitative phase, a sound level meter was used to collect data, and ArcGIS software was used for map creation. Additionally, a survey was conducted among workers, residents, and users of the area, where 90% stated that noise negatively affects their quality of life. To interpret the noise maps, field data were used to perform interpolation using the IDW method, which made it possible to accurately estimate the continuous distribution of sound levels from February to May. This technique increased spatial accuracy through a 3D simulation that enabled the visualization of critical accumulation points (CAPs), where areas exceeding permitted noise levels were identified. The most problematic points were related to high-traffic zones, reaching critical values up to 109.7 dB. As a result, noise dispersion was developed in the specialized software SoundPlan, which allowed modeling and analyzing the spatial distribution of environmental noise. 74% of respondents reported effects on their concentration or rest, and 76% perceived a lack of action by the authorities. In conclusion, the analyzed section of the Panamericana Norte presents serious, persistent, and unattended noise pollution, where between 60% and 70% of the elevated points exceed the maximum permitted levels. This situation poses a risk to hearing health and quality of life, requiring urgent attention through coordinated, sustainable, and prioritized public management actions.

**Keywords:** citizen perception, urban zoning, vehicular mobility, quality of life, environmental management.

**ÍNDICE GENERAL**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR .....	III
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	IV
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	V



8.5. Niveles de ruido .....	11
8.6. Escala de medición .....	11
8.7. Fuente Emisora de Ruido (FER).....	11
8.8. Fuente Fija de Ruido (FFR) .....	11
8.9. Fuente Móvil de Ruido (FMR) .....	11
8.10. Niveles máximos de emisión de ruido para FFR, FMR .....	12
8.10.1.Niveles máximos de emisión de ruido para FFR .....	12
8.10. 2.Niveles máximos de emisión de ruido para FMR .....	12
8.11. Decibel (dB).....	13
8.12. Puntos críticos de afectación (PCA) .....	14
8.13. Factores que influyen en los efectos de la exposición .....	14
8.14. Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq) .....	14
8.15. Efectos del ruido .....	14
8.15.1.Efectos del ruido en la salud .....	15
8.15.2.Efectos del ruido en el ambiente .....	15
8.15. 3.Efectos del ruido en la sociedad .....	15
8.16. Equipos de medición.....	15
8.16.1.Sonómetro .....	15
8.16.2.Ponderaciones de frecuencias .....	16
8.16. 3.Ponderaciones de tiempo .....	17
8.17. Calibrador .....	17
8.18. Medición .....	18
8.19. Mapas de ruido .....	18
8.20. ArcGis.....	19
8.21. Kobo Toolbox .....	19
8.22. SoundPlan .....	19

8.23. Gestión de ruido .....	19
8.24. Medidas de control .....	20
9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA .....	20
10. ÁREA DE ESTUDIO .....	21
11. METODOLOGÍA .....	22
11.1. Enfoque de investigación .....	22
11.2. Tipos de Investigación .....	22
11.2.1. Investigación Descriptiva .....	22
11.2. 2. Investigación Explicativa .....	23
11.3. Diseño de la investigación .....	23
11.4. Modalidad de la investigación .....	24
11.4.1. De campo .....	24
11.4.2. Bibliográfica documental .....	24
11.4. 3. Proyectiva .....	24
11.5. Métodos de la investigación .....	24
11.5.1. Comparativo .....	24
11.5. 2. Deductivo .....	25
11.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	25
11.6.1. Monitoreo sonométrico .....	25
11.6.2. Encuesta .....	25
11.6.3. Observación directa.....	25
11.6.4. Población.....	26
11.6. 5. Software .....	26
11.7. Materiales y Software .....	26

11.8. Manejo específico de la investigación .....	27
11.8.1. Procedimiento para el monitoreo del ruido ambiental .....	27
11.8.2. Ubicación del Sonómetro .....	27
11.8. 3. Determinación de puntos de muestreo .....	27
11.9. Cálculos del ruido .....	30
11.10. Elaboración de los mapas de ruido .....	31
12. COMPROBACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA .....	31
13. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	33
13.1. Resultados de las encuestas .....	33
13.2. Determinación de los puntos de monitoreo .....	40
13.3. Resultados del monitoreo mensual .....	41
13.4. Representación de los niveles de ruido en mapas .....	45
13.5. Modelamiento de dispersión de ruido .....	49
13.6. Comparativa entre los escenarios con y sin barrera acústica .....	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	52
14.1. Conclusiones .....	52
14.2. Recomendaciones .....	53
15. BIBLIOGRAFÍA .....	54

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Descripción de los beneficiarios directos .....	4
Tabla 2. Descripción de los beneficiarios directos .....	4
Tabla 3. Actividades y sistemas de tareas en relación con los componentes. ....	7
Tabla 4. Niveles máximos de emisión de ruido (L <sub>keq</sub> ) para fuentes fijas de ruido .....	12
Tabla 5. Niveles máximos de emisión para fuentes móviles de ruido .....	13
Tabla 6. Ponderaciones de Frecuencia .....	16
Tabla 7. Ponderaciones de Tiempo .....	17
Tabla 8. Límites máximos permisibles de presión sonora según normativa internacional y nacional .....	20

Tabla 9. Cronograma para diagnóstico de situación actual y monitoreo de ruido. ....	29
Tabla 10. Puntos de monitoreo y coordenadas geográficas .....	40
Tabla 11. Monitoreo del mes de febrero .....	41
Tabla 12. Monitoreo del mes marzo .....	42
Tabla 13. Monitoreo del mes de abril .....	43
Tabla 14. Monitoreo del mes de mayo .....	44

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio .....	21
Figura 2. ¿En qué medida usted percibe ruido ambiental en su entorno diario dentro de esta zona? .....	33
Figura 3. ¿En qué grado considera que el ruido ambiental afecta negativamente su calidad de vida? .....	34
Figura 4. ¿Cuánto le molesta el ruido generado por el tráfico vehicular durante el día? .....	34
Figura 5. ¿En qué horario percibe que el ruido es más intenso? (Puede marcar más de uno) .	35
Figura 6. ¿En qué medida cree usted que los niveles de ruido han aumentado en los últimos años? .....	36
Figura 7. ¿Cuánto le dificulta el ruido ambiental concentrarse o descansar? .....	36
Figura 8. ¿En qué medida cree que las autoridades locales han gestionado adecuadamente el control del ruido? .....	37
Figura 9. ¿En qué grado el ruido ambiental le ha causado estrés, irritabilidad o problemas de salud? .....	38
Figura 10. ¿Ha modificado sus hábitos, como cerrar ventanas o usar dispositivos de cancelación de ruido, para reducir la exposición a la contaminación acústica? .....	38
Figura 11. ¿Considera que el ruido ambiental afecta el rendimiento escolar o laboral? .....	39
Figura 12. Ubicación de los puntos de monitoreo .....	40
Figura 13. Mapa de ruido mensual de febrero .....	45
Figura 14. Mapa de ruido del mes de marzo .....	46
Figura 15. Mapa de ruido ambiental del mes de abril.....	47
Figura 16. Mapa de ruido ambiental del mes de mayo .....	48
Figura 17. Mapa diurno sin barrera de ruido .....	49
Figura 18. Mapa diurno con barrera de ruido .....	50



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“Determinación del ruido ambiental en el casco urbano del cantón Ambato, zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35, de la provincia de Tungurahua. 2025”

**Fecha de inicio:** febrero 2025

**Fecha de finalización:** agosto 2025

**Lugar de ejecución:** Sector Parque Industrial- Cantón Ambato- Provincia Tungurahua

### **Facultad que auspicia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Ambiental

### **Equipo de Trabajo:**

**Tutor:** Ing. José Luis Ágredda Oña, Mg.

**Lector 1:** Ing. Marco Antonio Rivera-Moreno, Mg.

**Lector 2:** Ing. Vincent Benjamín Velastegui Tapia. Mg.

**Lector 3:** Lic. Patricio Clavijo Cevallos Ph.D.

### **Coordinador del Proyecto:**

Nombre: Carlos Andrés Cepeda Martínez

Teléfonos: 0985433375

Correo electrónico: carlos.cepeda4067@utc.edu.ec

**Área de Conocimiento:** Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

### **Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

### **Línea de vinculación de la carrera:**

Línea 1 - Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano social.

## 2. INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es un problema ambiental importante en las áreas urbanas y es reconocida por las instituciones mundiales debido a sus efectos en la salud pública. Consolidándose de esta manera como la segunda causa ambiental de problemas de salud después de la contaminación del aire Organización Mundial de la Salud OMS (2018). El ruido por encima de los niveles seguros perturba a las personas, interfiere con sus actividades diarias y daña su salud. Nuevos estudios encuentran que la exposición constante a ruidos superiores a 70 decibelios puede causar enfermedades cardiovasculares, alteraciones del sueño, daño cognitivo y estrés crónico (Otxotorena, 2024)

En Ecuador, la gestión del ruido en el ambiente es parte de la política de desarrollo del país, con una regulación que establece los límites máximos de emisión por diferentes fuentes. En ciudades con más de 250,000 habitantes, la simplificación propuesta en el Artículo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A y TULSMA se ocupa de definir las directrices para la formación de mapas de ruido como un instrumento para proporcionar planificación urbana, entre otras formas de control del ruido MAATE (2015). Frente actual problemática, la ejecución de estas medidas es deficiente, esto debido a que las medidas aplicadas a nivel local son insuficientes mientras que la ausencia de un mecanismo de supervisión estructurado y el bajo entendimiento público de los riesgos del ruido, así como las debilidades institucionales, socavan la implementación en algunas partes del país.

Debido a este desarrollo urbano e industrial a lo largo del eje E30-E35, particularmente en la zona del Parque Industrial, en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, ha habido un crecimiento permanente. El resultado ha sido una escalada continua del ruido. Aunque tal fenómeno es notable, ninguno de los estudios disponibles proporciona información actual del ambiente acústico de la región. Los máximos registrados de hasta 78.99 en el centro de la ciudad superan tanto las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como las establecidas en las normas legales ecuatorianas, como se observa en estudios previos (por ejemplo (Arcos & Narváez, 2020).

El presente estudio se plantea como una investigación referente a los niveles de ruido ambiental en el área industrial del cantón Ambato, especialmente en el sector de la Panamericana Norte, eje E30 – E35. Para este propósito, se utilizan mediciones directas, análisis estadísticos y metodologías de sistemas de información geográfica. De esta manera, es posible determinar zonas de mayor impacto acústico, verificar el cumplimiento legal y hacer recomendaciones para disminuir el impacto del ruido. Además, también se busca crear conocimiento técnico que sirva para diseñar estrategias que mitiguen efectivamente la exposición de estos espacios urbanos industriales al mismo en el país.

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El ruido se considera uno de los tipos de contaminación ambiental más perjudiciales y tiene un impacto directo en la calidad de vida y la salud pública. Con el pasar del tiempo se ha ido evidenciando que tal contaminación es un factor desfavorable que impide la vida, además de ser un agente tóxico no material. AEMPPI-Ecuador (2018) Debido a que existe continuamente en los paisajes urbanos y arruina la calidad de vida de la población que está expuesta a él, es una estimulación no deseada que rompe el equilibrio acústico para el desarrollo saludable de las actividades humanas. Navarrete (2021) Tales efectos no solo impactan directamente al individuo, sino que también ejercen presión sobre los sistemas de salud pública al elevar la necesidad de atención médica y deprimir el valor social general en las comunidades. (ROMAN, 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud, el ruido es la segunda mayor amenaza para la salud ambiental, justo después de la contaminación del aire. Este asunto adquiere más importancia en el ámbito urbano, donde el número de fuentes emisoras es tal que provoca que los niveles de ruido superen los límites sin ningún tipo de control y monitoreo.

Partiendo desde esa perspectiva la presente investigación permitirá determinar el ruido ambiental del casco urbano del cantón Ambato, específicamente en el sector del Parque Industrial, zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra - E30 – E35, de la provincia de Tungurahua, esta investigación contribuirá al conocimiento existente sobre la contaminación acústica, elaborara un mapa sonoro para poder conocer los puntos crítico de los niveles sonoros y se analizará los efectos del ruido que buscará ampliar la comprensión sobre cómo este tipo de contaminación afecta en el ámbito social, ambiental, económico y en la salud de los usuarios del sector.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La determinación de la contaminación acústica en el cantón Ambato en el sector del Parque Industrial correspondiente a la zona de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35 se benefician directamente los habitantes, trabajadores, empresas y negocios, mediante el análisis de los niveles críticos de la contaminación de ruido, mediante mapas sonoros podremos a futuro tener un plan de mitigación ante la contaminación de ruido, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector.

##### 4.1. Beneficiarios directos

La determinación de la contaminación acústica en el cantón Ambato en el sector del Parque Industrial correspondiente a la zona de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35 se benefician directamente los habitantes, trabajadores, empresas y negocios.

**Tabla 1.**

Descripción de los beneficiarios directos

Descripción	Cantidad
Hombres	11079
Mujeres	11139
Total	22 218 habitantes
Empresas o locales en Izamba (aproximado)	150 a 200 negocios

**Nota:** Información extraída del Instituto Nacional de Estadística de Censos (INEC, 2010).

##### 4.2. Beneficiarios indirectos

La determinación de la contaminación acústica en el cantón Ambato en el sector del Parque Industrial correspondiente a la zona de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35 se benefician indirectamente los habitantes del cantón Ambato.

**Tabla 2.**

Descripción de los beneficiarios directos

Descripción	Cantidad
Habitantes del cantón Ambato	188 338 habitantes
Empresas registradas en Ambato	40 550 empresas

**Nota:** Información extraída del Instituto Nacional de Estadística de Censos (INEC, 2022)

- **Beneficiarios directos:** 22, 218 habitantes • **Beneficiarios indirectos:** 188, 338 habitantes • **Total, de beneficiarios:** 210, 556 habitantes

Los beneficiarios directos corresponden a los 22,218 habitantes de la parroquia de Izamba los mismo que se beneficia al saber cómo afecta la contaminación acústica a su vida cotidiana y en un futuro poder establecer algún plan de mitigación, por otro lado, este proyecto beneficia de manera indirecta a los habitantes del cantón de Ambato que corresponde a las 188,338 personas al igual que a las empresas y los negocios del lugar, conjuntamente este proyecto ayuda a 210,556 personas, ajustando a la iniciativa del Plan de Desarrollo 2025 que es el mismo que promueve un territorio sostenible y libre de contaminación acústica.

## 5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A nivel internacional, numerosas investigaciones abordan el análisis y la mitigación del ruido ambiental en relación con la contaminación y las condiciones de vida de las personas. Este tipo de contaminación, ya considerada como una amenaza para la calidad de vida, tiene fuentes tanto estacionarias como móviles. Las fuentes estacionarias, como el equipo de fábrica o los sistemas de ventilación, afectan primero a las personas más cercanas a ellas. Por otro lado, a nivel urbano, el ruido es generado principalmente por fuentes móviles, es decir, vehículos de transporte pesado, autobuses y automóviles (Vásconez, 2018).

En Ecuador, se han realizado diversos trabajos de investigación para monitorear los niveles de ruido en diferentes zonas urbanas, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos con las normas ambientales existentes. Tales trabajos tienen como objetivo sugerir propuestas de acciones que resulten en una mejora en la gestión del ambiente acústico. Lema & Carrillo (2022) La base para esto es el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente), Anexo 5 (modificado por el Acuerdo Ministerial 061) y los anexos técnicos del Acuerdo Ministerial 097-A, obligatorios para toda la nación.

Situada en la región andina, Ambato es una ciudad con un alto grado de desarrollo urbano, con una población aproximada de 329,856 habitantes (INEC, 2010) Esta expansión demográfica ha afectado el nivel de ruido ambiental. Las normas técnicas nacionales determinan que los municipios con una población estimada de más de 250,000 deben elaborar mapas de ruido como un instrumento para la gestión de la planificación espacial y la gestión de la contaminación acústica (Ambiente, 2015).

Desde la Universidad Tecnológica Indoamérica se determinó que oscilan entre 58.99 dB(A) y 78.99 dB(A), siendo que el sonido en el área central de la ciudad de Ambato supera

los 55 dB(A), que es el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud. Estas frecuencias muestran un hábitat acústico que puede ser potencialmente dañino para la salud de la población expuesta (Arcos & Narváez, 2020).

En cuanto al Parque Industrial de Ambato, no existen estudios oficiales sobre el nivel real de contaminación acústica. Pero la evidencia empírica basada en múltiples experiencias de campo y la naturaleza de la industria más de 100 plantas en un área de 80 hectáreas indica niveles significativos de ruido ambiental que podrían estar afectando a los trabajadores y habitantes de la zona circundante. Contexto dentro del cual la investigación realizada por Vásconez (2018) reporta valores tan altos como 83 dB en promedio durante las horas pico de tráfico, lo que excede los límites admisibles y demanda una respuesta técnica.

Por lo tanto, la generación de mapas de ruido se presenta como un medio técnico básico para indicar áreas con alta presión sonora. Este método se presenta como una herramienta para caracterizar el comportamiento espacial del ambiente acústico urbano y contribuir a la toma de decisiones desde una perspectiva integrada atendiendo a aspectos económicos, sociales y técnicos Peris (2020). La falta de provisión de estas herramientas restringe la capacidad de las autoridades para evaluar efectivamente los efectos del ruido y desarrollar planes de acción en cumplimiento con los mandatos legales.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

Determinar el ruido ambiental en el casco urbano del cantón Ambato, zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35, de la provincia de Tungurahua.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Realizar la identificación de las principales fuentes generadoras de ruido de la zona de estudio para determinar los puntos monitoreo.
- Analizar los niveles de ruido ambiental utilizando un sonómetro, considerando la normativa del control de sonido y la aplicación de encuestas.
- Simular la dispersión de ruido ambiental utilizando los mapas georreferenciados con el punto crítico a lo largo del tramo Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30-E35.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 3.** Actividades y sistemas de tareas en relación con los componentes.

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<b>O1.</b> Realizar la identificación de las principales fuentes generadoras de ruido de la zona de estudio para determinar los puntos monitoreo.	<b>A1.</b> Ubicación de la zona de estudio. <b>A2.</b> Establecer las diferentes fuentes generadoras de ruido. <b>A3.</b> Análisis y determinación de patrones de ruido	<b>M1.</b> Visita de campo <b>M2.</b> Recolección de datos de la zona de estudio.	<b>R1.</b> Mapa la zona de estudio. <b>R2.</b> Registro manual o digital de campo. <b>R3.</b> Registro de fotografías y anexos.
<b>O2.</b> Analizar los niveles ambientales de un considerar utilizar sonómetro de aplicación en las encuestas. Controlar el ruido y la de	<b>A1.</b> Selección e identificación de los puntos de muestreo. <b>A2.</b> Toma de datos de los niveles de sonido en los puntos de muestreo en diferentes horas y días. <b>A3.</b> Ingreso de los datos de la encuesta en el aplicativo Kobo Toolbox <b>A4.</b> Registro e interpretación de los datos obtenidos por el sonómetro. <b>A5.</b> Tabulación de datos en Excel.	<b>M1.</b> Monitoreo de los puntos de muestreo mediante el uso del sonómetro. <b>M2.</b> Mediciones frecuentes en dos periodos del día diurno y nocturno, en los días lunes, miércoles y jueves. <b>M3.</b> Aplicación y levantamiento de encuestas en los diferentes negocios del sector mediante el aplicativo Kobo Toolbox. <b>M4.</b> Revisión bibliográfica del ruido ambiental.	<b>R1.</b> Base de datos en Excel obtenidos de los niveles de ruido. <b>R2.</b> Mapas de nivel de ruido. <b>R3.</b> Mapa de los puntos de monitoreo. <b>R4.</b> Gráficos estadísticos. <b>R5.</b> Formularios Kobo Toolbox <b>R6.</b> Registro fotográfico y anexos.

<b>O3.</b> Simular la dispersión de ruido ambiental utilizando los mapas georreferenciados con el punto crítico a lo	<b>A1.</b> Tabulación de datos de los niveles de ruido obtenidos de la medición de los puntos de muestreo.	<b>M1.</b> Procesamiento de datos acústicos en Excel y exportación a formatos compatibles con SoundPlan.	<b>R1.</b> Mapas tridimensionales de dispersión del ruido generados en SoundPlan.
largo del tramo Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30-E35	<b>A2.</b> Ingreso de los datos georreferenciados en el software SoundPlan	<b>M2.</b> Ejecución de la simulación 3D considerando condiciones meteorológicas estándar y normativa vigente.	<b>M3.</b> Análisis visual e interpretativo de los resultados del modelo.
	<b>A3.</b> Simulación tridimensional de la dispersión de ruido ambiental.		

**Nota:** Elaboración propia.

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

El estudio del ruido ambiental ha cobrado relevancia en los últimos años, especialmente en zonas urbanas con alta concentración vehicular como la ciudad de Ambato. Para garantizar el control y gestión de este contaminante físico, se han desarrollado investigaciones que aplican herramientas de simulación y se apoyan en normativas nacionales e internacionales, tales como el Acuerdo Ministerial 097-A y la norma ISO 9613-2. A continuación, se presentan antecedentes recientes que aportan al marco técnico y legal de la presente investigación.

Un estudio científico realizado por la Dirección de Gestión Ambiental de Ambato, de acuerdo con el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente, mostró que los niveles de ruido en calles como la Ave. Indoamérica y la Panamericana Norte son superiores a 75 dB en horas pico de congestión vehicular. Este escenario, relevado según fuentes sonoras fijas y móviles, estimuló el interés en el problema acústico en el marco de la planificación municipal que persigue la zonificación territorial y la gestión ambiental (GADMA, 2022).

En 2021, la Universidad Técnica de Ambato creó una simulación computacional en la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental para estudiar la propagación del ruido a través de la ciudad. A través de la metodología de mapeo auditivo y modelado según la norma ISO 96132, se modeló la distribución tridimensional del sonido en áreas comerciales dentro del centro de la

ciudad. Los hallazgos indicaron que la configuración de los edificios y las condiciones de desnivel del terreno tienen un impacto distintivo en la transmisión del ruido. Resultado el cual reafirma la necesidad de mapas predictivos que serían instrumentos técnicos para la gestión del ruido urbano (Alvarez & Toaquiza, 2021).

En Quito, un estudio técnico aplicó también la ISO 9613-2 para simular el ruido ambiental en una zona de influencia de la Av. Simón Bolívar. Los investigadores concluyeron que esta norma internacional permite una mayor precisión al calcular la atenuación del sonido en función de la topografía, temperatura, humedad y obstáculos, recomendando su adopción en proyectos de planificación urbana en todo el país (Moreno et al., 2020).

En Cuenca, se desarrolló un modelo de gestión del ruido urbano bajo parámetros del Reglamento Ambiental de Actividades del Ministerio del Ambiente (RAA), en combinación con la norma ISO 1996-1 e ISO 9613-2. El proyecto propuso la zonificación acústica como instrumento de planificación, incorporando mapas estratégicos de ruido, similares a los exigidos en la Unión Europea, adaptados a la realidad ecuatoriana (Calderón & Cabrera, 2022).

Finalmente, en 2023 el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER) promovió un proyecto piloto en la Sierra centro que incluyó simulaciones acústicas para evaluar el impacto del transporte pesado sobre poblaciones urbanas.

Contaminación sonora

Es la presencia excesiva de sonido ambiental que altera las condiciones normales de un entorno y genera perjuicios en la salud y calidad de vida. Aunque los sonidos no se acumulan como contaminantes químicos, su persistencia y elevación por encima de los umbrales permitidos los convierte en perjudiciales. Según la OMS, niveles cercanos a 70 dB(A) representan un riesgo de daño auditivo y malestar psicológico; para zonas residenciales al aire libre, se consideran seguros valores  $\leq 55$  dB(A). (Cuesta & Cobo, 2018)

### **8.1.Ruido**

El ruido es producto de una o más vibraciones que perturban mecánicamente las partículas de un medio elástico, creando una onda que puede ser detectada por el oído humano. En este sentido físico, el ruido es un tipo de sonido que se considera desagradable/perjudicial, o es un sonido no deseado. Siendo una descarga de energía vibratoria que, aunque el sistema auditivo humano es capaz de percibirla, lleva sensaciones negativas con dicha emisión, ya que se categoriza como una molestia o un teatro (CEDEX, 2021).

## 8.2. Ruido vs Sonido

La distinción fundamental entre sonido y ruido radica en la percepción y función. El sonido transmite información o es armónico; el ruido, en cambio, resulta molesto, disruptivo y no deseado. Esta subjetividad define cuándo un sonido se convierte en contaminación: cualquier emisión que moleste, dificulte la comunicación o interrumpa actividades rutinarias puede considerarse ruido. (Cohen & Castillo, 2022)

### 8.2.1. Tipos de ruido

Existen diversos tipos de ruido, clasificados según su origen, características y forma de propagación. A continuación, se presentan las categorías más relevantes:

- **Ruido Aéreo:** Se propaga a través del aire y es el tipo de ruido más común que percibimos en nuestro entorno cotidiano (Construmatica, 2021).
- **Ruido Blanco:** Posee energía uniforme en todas las frecuencias audibles. Su nivel aumenta 3 dB por octava y está relacionado con sonidos como el tráfico (Jaymee-lee, 2020).
- **Ruido de Impacto:** Proviene del choque entre objetos sólidos y se transmite a través de estructuras, como el sonido de un martillo golpeando una superficie.
- **Ruido Rosa:** Contiene la misma cantidad de energía en cada banda de octava, disminuyendo 3 dB por octava; comúnmente asociado a sonidos cotidianos como conversaciones o música (UNIZAR, 2023).

## 8.3. Fuentes de ruido

Según la TULSMA que es la Ley de Regulación y Control de la Contaminación Acústica en Ecuador, las principales fuentes de ruido se pueden clasificar en varias categorías, que abarcan tanto fuentes fijas como móviles (Fao, 2012).

- **Tráfico Vehicular:** Este es uno de los mayores contribuyentes al ruido en áreas urbanas, con niveles que a menudo superan los límites permisibles, especialmente en vías principales y zonas comerciales.
- **Transporte Aéreo:** Los aeropuertos y las rutas de vuelo generan un ruido significativo, afectando las áreas circundantes, especialmente durante el despegue y aterrizaje.
- **Obras de Construcción:** Las actividades de construcción, que incluyen el uso de maquinaria pesada, son fuentes temporales pero intensas de ruido.

- **Industrias:** Las fábricas y plantas industriales emiten ruidos continuos o intermitentes debido a maquinaria y procesos operativos.
- **Actividades Comerciales:** Las áreas comerciales generan ruido por el movimiento constante de personas y vehículos, así como por el funcionamiento de equipos y maquinaria.
- **Eventos Públicos:** Conciertos, ferias y otros eventos al aire libre pueden producir niveles elevados de ruido durante su desarrollo.

#### **8.4.Niveles de ruido**

Según la Organización Mundial de la Salud, un ambiente sonoro saludable no debería registrar más de 65 decibelios. Este umbral puede estar sujeto a la aplicabilidad de las leyes locales en cada jurisdicción. En este contexto, se prescribe que, en el caso de las regulaciones europeas, en ningún momento se debe registrar un nivel de sonido superior a 55 dB (día) o 45 dB (noche). Además, los sonidos por encima de 120 dB pueden causar dolor físico, como se observa en el uso de sirenas de ambulancia. La OMS también clasifica los niveles de ruido según su fuente, el trabajo que los genera, las consecuencias, las sensaciones y los efectos que producen en la población expuesta (Hernández, 2024).

#### **8.5.Escala de medición**

La intensidad del sonido se expresa logarítmicamente en dB o decibelios, lo que hace que sea muy conveniente expresar los niveles de presión sonora. Esta es una escala en la que la intensidad de una categoría a la siguiente se percibe como diez veces mayor. Por ejemplo, un sonido a 20 dB es 100 veces más intenso que un sonido a 0 dB, y un sonido a 30 dB es 1,000 veces más intenso (Scott, 2019).

#### **8.6.Fuente Emisora de Ruido (FER)**

Toda actividad, operación o proceso que genere o pueda generar emisiones de ruido al ambiente, incluyendo ruido proveniente de seres vivos.

#### **8.7.Fuente Fija de Ruido (FFR)**

De acuerdo con las regulaciones actuales, la fuente de ruido fija es cualquier emisor de sonido electrónico perteneciente ya sea a un solo objeto o a varios objetos cuyo territorio se encuentra en un lugar geográfico y catastral determinado. Dicha fuente está fija en un lugar de manera permanente. Los lugares comunes son talleres de metalurgia, lavaderos de autos, fábricas, estaciones de autobuses y lugares de entretenimiento nocturno, como discotecas.

### 8.8.Fuente Móvil de Ruido (FMR)

Son instalaciones o conjuntos de elementos que generan ruido de manera constante desde un lugar específico. Este tipo de fuentes se asocian comúnmente con actividades industriales, comerciales o de servicios que pueden emitir contaminación acústica hacia el exterior, afectando el ambiente y la salud de las personas (Saracho, 2017).

### 8.9.Niveles máximos de emisión de ruido para FFR, FMR

#### 8.9.1. Niveles máximos de emisión de ruido para FFR

El nivel de presión sonora continuo equivalente ajustado (LKeq, en decibelios) es el valor resultante del examen del ruido emitido por una fuente fija representativa (FFR). Este valor no deberá exceder los valores máximos establecidos en la Tabla 2, dependiendo del uso del suelo en el que se realice dicha medición. Además, se establecen los niveles sonoros equivalentes máximos por zona territorial que no deben ser superados. Las clases específicas con sus respectivos valores se presentan en la tabla a continuación.

**Tabla 4.**

Niveles máximos de emisión de ruido (Lkeq) para fuentes fijas de ruido

Tipo de zona según uso del suelo	Nivel de presión sonora equivalente NPS LKeq(dB)	
	Periodo Diurno (07:01 hasta 21:00 horas)	Periodo Nocturno (21:01 hasta 07:00 horas)
Residencial 1, 2, 3 y Múltiple	55	45
Equipamiento de Servicios Sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de Servicios Públicos (EQ2)	60	50
Comercial y Servicio (CMS)	60	50
Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/ID2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Doble zonificación	Cuando existan usos de suelo combinados se utilizará el LKeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación. Ejemplo: Uso de suelo: Residencial+ID2 LKeq para este caso =Diurno 55dB y Nocturno 45dB	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales (RN)	La determinación de LKeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo al procedimiento descrito.	

**Nota:** Tabla elaborada a partir de la información extraída del Registro oficial del Ministerio de Ambiente 2015.

### 8.9.2. Niveles máximos de emisión de ruido para FMR

El nivel máximo de emisión de ruido emitido por FMR, expresado en dB(A) no podrá exceder los niveles que se fijan en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

Niveles máximos de emisión para fuentes móviles de ruido

Categoría de vehículo	Descripción	Leq [dB(A)]
Motocicletas o similares	Hasta 200 c.c	80
	Entre 200 y 500 c.c	85
	Mayores a 500 c.c.	86
Vehículo	Transporte de personas hasta 9 asientos incluido el conductor y peso no mayor a 3.5 toneladas	81
	Transporte de personas hasta 9 asientos incluido el conductor y peso mayor a 3.5 toneladas	82
	Transporte de personas hasta 9 asientos incluido el conductor y peso mayor a 3.5 toneladas y potencia de motor mayor a 200 HP	85
Vehículos para carga mediana y pesada (incluye Buses, busetas, articulados)	Peso máximo hasta 3.5 toneladas	81
	Peso máximo de 3.5 toneladas hasta 12 toneladas	86
	Peso máximo mayor a 12 toneladas	88

**Nota:** Tabla elaborada a partir de la información extraída del Registro oficial del Ministerio de Ambiente 2015.

### 8.10. Decibel (dB)

El nivel de intensidad sonora de una señal se mide en decibelios (dB), utilizado como unidad de referencia para los niveles de alguna cantidad o nivel de intensidad de la señal: potencia, voltaje u otras magnitudes asociadas con el sonido. Es una unidad relativa que fue

diseñada para mantener niveles de presión sonora muy diferentes comparables de manera sencilla. El uso de una operación logarítmica en la representación significa que la escala puede usarse para sumar o restar niveles de señal, un proceso que es útil en muchas aplicaciones técnicas (REYES, 2020).

### **8.11. Puntos críticos de afectación (PCA)**

Es definido como un sitio donde se prevé que las actividades generen niveles significativos de ruido, que podrían afectar a la salud pública o al entorno circundante. La identificación de estos puntos se realiza mediante un análisis detallado que considera factores como la proximidad a fuentes de ruido y el uso del suelo en áreas adyacentes (MAE, 2015).

### **8.12. Factores que influyen en los efectos de la exposición**

La evaluación de las molestias inducidas por el ruido es muy difícil, ya que están implicados elementos subjetivos, que son diferentes para cada individuo. Sin embargo, hay patrones generales que pueden identificarse al intentar determinar las causas clave de tal malestar. Uno de ellos es la duración de la exposición, porque cuanto más tiempo, más negativa es la actitud hacia el sonido. Otro aspecto importante es la energía del sonido que se mide por el nivel de presión sonora; cuanto mayor es la energía, más incomodidad crea (MAE, 2015)

Las propiedades acústicas del sonido también tienen un gran impacto, con el ritmo, las variaciones en la frecuencia y cuán amplio es el espectro sonoro de algo, todo ello influyendo. Otro factor relevante es el trabajo que realiza la persona expuesta al ruido. Por ejemplo, el efecto del sonido no es el mismo durante la jornada laboral y las horas de descanso. De manera similar, la percepción del sonido puede diferir de un individuo a otro, dependiendo del contexto social, cultural o fisiológico, y una fuente de sonido puede ser aceptable mientras que para otra puede ser extremadamente molesta.

### **8.13. Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (Leq)**

El nivel equivalente continuo es un nivel constante de presión sonora que, en el mismo período de tiempo contiene tanta energía sonora como el ruido realmente registrado. Este nivel se calcula según una fórmula que depende de diez veces el logaritmo decimal del cuadrado de la relación entre el valor cuadrático medio para un intervalo de tiempo y el valor de referencia estándar de presión sonora. En el cálculo se incluye una ponderación de frecuencia que se normaliza para dar una representación correcta de la respuesta del oído humano.

## **8.14. Efectos del ruido**

El ruido tiene efectos significativos que van más allá del daño auditivo; impacta profundamente la salud física y mental, el medio ambiente, las relaciones sociales y la economía global.

### **8.14.1. Efectos del ruido en la salud**

La constante exposición a ruidos elevados, se encuentra relacionada con enfermedades físicas y psicológicas desde hace muchos años. Algunos de los posibles efectos son hipertensión, enfermedades cardiovasculares y trastornos digestivos. También se ha asociado con problemas de sueño, trastornos de ansiedad, estrés crónico y síntomas depresivos. La Organización Mundial de la Salud estima que en Europa 12,000 muertes prematuras y 48,000 nuevos casos de cardiopatía isquémica se deben al ruido ambiental anualmente. La exposición crónica al ruido en la infancia está vinculada a dificultades de aprendizaje, particularmente en la lectura, y deterioro cognitivo (Otxotorena, 2024).

### **8.14.2. Efectos del ruido en el ambiente**

El ruido afecta no solo a los humanos, sino también a la fauna y flora. Las especies animales pueden modificar su comportamiento reproductivo y social debido al estrés acústico. Por ejemplo, algunas aves han cambiado sus patrones de canto para adaptarse a ambientes ruidosos. Las grandes ciudades son las más afectadas por el ruido, lo que altera las condiciones naturales de los ecosistemas y puede llevar a un desplazamiento de especies hacia áreas más tranquilas (MAATE, El ruido: un contaminante ambiental que afecta la salud de las personas y de la naturaleza, 2020).

### **8.14.3. Efectos del ruido en la sociedad**

El ruido genera molestias significativas que afectan la calidad de vida. Un estudio indica que uno de cada cinco europeos está expuesto a niveles nocivos de ruido. La exposición al ruido se ha relacionado con un menor rendimiento laboral y escolar. Los trabajadores pueden experimentar una disminución en su productividad debido a dificultades para concentrarse.

## **8.15. Equipos de medición**

### **8.15.1. Sonómetro**

Un sonómetro (o sound level meter) es un instrumento preciso para medir la presión sonora en decibelios (dB), especialmente con ponderación A y diversas respuestas temporales. Es fundamental en estudios de contaminación acústica y monitoreo ambiental, cumpliendo

estándares internacionales como ISO 9613-2 para garantizar precisión de  $\pm 1$  dB (Clase 1) o  $\pm 1.5$  dB (Clase 2) (Mróz, 2024).

Un sonómetro completo consta de una serie de componentes básicos que permiten una lectura precisa del nivel de ruido. Entre sus componentes se encuentran el micrófono, el preamplificador, el amplificador y un sistema de grabación, que puede ser analógico o digital. Este instrumento adquiere el sonido ambiental, procesa la señal entrante y muestra los resultados de forma continua o en horarios predefinidos, lo que permite evaluar el rendimiento acústico en situaciones variables (Gilabert et al., 2019).

### 8.15.2. Ponderaciones de frecuencias

La ponderación de frecuencia más común es la A, ya que simula la sensibilidad del oído humano, siendo adecuada para evaluar el impacto del ruido en la salud. La red de ponderación C, en cambio, es más útil cuando se requiere analizar sonidos de alta intensidad o con fuerte componente de baja frecuencia, mientras que la Z representa una ponderación plana (sin corrección) en todo el espectro audible. En cuanto a la ponderación temporal, la opción Fast (125 ms) es recomendable para captar variaciones rápidas del sonido, mientras que Slow (1 s) es preferida para ambientes con ruido fluctuante. La opción Impulse se utiliza principalmente para analizar eventos impulsivos como explosiones o impactos. (Audio, 2021).

**Tabla 6.**

Ponderaciones de Frecuencia

Ponderaciones de frecuencia	Caracterización
<b>A</b>	Es la red de ponderación más comúnmente utilizada para la valoración de daño auditivo e inteligibilidad de la palabra. Empleada inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, es hoy, prácticamente, la referencia que utilizan las leyes y reglamentos contra el ruido producido a cualquier nivel.
<b>B</b>	Fue creada para modelar la respuesta del oído humano a intensidades medias. Sin embargo, en la actualidad es muy poco empleada. De hecho, una gran cantidad de sonómetros ya no la contemplan.

<b>C</b>	En sus orígenes se creó para modelar la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. En la actualidad, ha ganado prominencia en la evaluación de ruidos en la comunidad, así como en la evaluación de sonidos de baja frecuencia en la banda de frecuencias audibles. En sus orígenes se creó para modelar la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. En la actualidad, ha ganado prominencia en la evaluación de ruidos en la comunidad, así como en la evaluación de sonidos de baja frecuencia en la banda de frecuencias audibles.
<b>D</b>	Esta red de compensación tiene su utilidad en el análisis del ruido provocado por los aviones.
<b>U</b>	Es una red de ponderación de las más recientes. Se aplica para medir sonidos audibles en presencia de ultrasonidos.

**Nota:** Tabla elaborada a partir de la información extraída de la investigación de determinación del ruido ambiental en dos zonas del cantón Latacunga 2022.

### 8.15.3. Ponderaciones de tiempo

**Frecuencia:** las ponderaciones A y C se utilizan según el tipo de ruido que mides: A para ruido ambiental y exposición humana; C o Z para eventos con baja o alta energía en graves.

#### Tiempo:

- Usa Fast (125 ms) para capturar picos y transitorios con rapidez.
- Usa Slow (1 s) cuando el ruido varía mucho y necesitas lecturas estables.
- Impulse solo en casos especiales (p.ej., estudios de explosiones).
- Peak para asegurar que aprehendes el valor máximo instantáneo

**Tabla 7.**

Ponderaciones de Tiempo

Ponderación	Constante de tiempo ( $\tau$ )	Tiempo de subida ( $\approx 63\%$ )	Tiempo de bajada	Uso típico
<b>Fast (F)</b>	125 ms	$\approx 0.6$ s	Decae <sup>a</sup> 34.7 dB/s	Ruidos transitorios, niveles máximos
	1s	$\approx 5$ s	Decae <sup>a</sup> 4.3 dB/s	Ruidos fluctuantes, mediciones ambientales estables
<b>Impulse (I)</b>	35 ms subida / 1.5 s bajada	$\approx 0.3$ s subida, >9 s bajada	Asimétrica	Ruidos impulsivos (explosiones, golpes)
<b>Peak (Pk)</b>	-	Lectura de pico verdadero	-	Captura instantánea del máximo, picos transitorios

**Nota:** Tabla elaborada a partir de la información extraída de la investigación de determinación del ruido ambiental en dos zonas del cantón Latacunga 2022.

### **8.16. Calibrador**

El uso adecuado del sonómetro requiere una calibración previa utilizando un calibrador acústico, generalmente configurado a 94 dB a 1 kHz. Esta verificación debe realizarse antes y después de cada jornada de medición para garantizar la precisión del equipo, manteniendo un margen de error dentro de  $\pm 1.5$  dB en el caso de los sonómetros de clase 2, conforme a la norma ISO 9613-2. Durante la calibración, se coloca el calibrador sobre el micrófono, se activa y se ajusta el sonómetro hasta que coincida con el nivel de referencia. Esta práctica asegura la fiabilidad de los datos obtenidos, especialmente en estudios ambientales donde la exactitud es fundamental (Londoño & Fernández, 2022).

### **8.17. Medición**

Para llevar a cabo una medición adecuada, el operador debe sostener el sonómetro a una distancia aproximada de 1.2 a 1.5 metros del suelo y alejado de superficies reflectantes, paredes u objetos que puedan alterar el campo sonoro. Es recomendable utilizar una cubierta antiviento en el micrófono si la medición se realiza en exteriores. Una vez configurado el equipo con la ponderación y el tiempo de respuesta adecuados, se inician las lecturas, que pueden capturar parámetros como el nivel equivalente continuo ( $L_{eq}$ ), el nivel máximo ( $L_{max}$ ) y el nivel pico ( $L_{peak}$ ). Estas mediciones pueden realizarse de forma manual o automática, dependiendo del modelo del dispositivo.

Es importante destacar que los resultados obtenidos con el sonómetro permiten caracterizar la exposición sonora a la que está sometida una población o un trabajador, lo que a su vez sirve de base para la implementación de medidas correctivas o de protección auditiva. El análisis de datos debe considerar tanto el contexto de la medición como las normativas locales e internacionales vigentes, como las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, que establece límites de exposición sonora para proteger la salud pública. Un uso riguroso del sonómetro, siguiendo procedimientos técnicos estandarizados, garantiza que los datos obtenidos sean fiables y útiles para la toma de decisiones en materia de control del ruido ambiental (Zhou, Wang, & Liu, 2020).

### **8.18. Mapas de ruido**

Los mapas de ruido son una herramienta de ingeniería que se puede utilizar para proporcionar la distribución espacial de los niveles de ruido a los que está expuesta una parte

de la población. Este tipo de geoinformación apoya la evaluación de la situación acústica al tiempo que proporciona la estimación del tamaño de la población expuesta a varios niveles de ruido. Estos mapas no solo sirven para caracterizar el entorno acústico, sino que también desempeñan un papel estratégico en el campo de la gestión ambiental, ya que brindan apoyo para la toma de decisiones en cuestiones relacionadas con la planificación territorial y el uso del suelo (Murillo, 2017).

Dentro del sector técnico y profesional, un mapa de ruido se considera una herramienta utilizada con el objetivo de caracterizar y presentar información detallada sobre la distribución de los niveles de sonido en un área determinada. Se emplea una multitud de técnicas para condicionarlo, pero la más prevalente es mediante el uso de software dedicado a la predicción de ruido. Esto incluye la captura de factores urbanos como la configuración del entorno construido y la información del tráfico, que es incidentalmente una de las principales fuentes de ruido en los entornos urbanos (MMAC, 2023).

### **8.19. ArcGis**

Es un sistema de información geográfica (SIG) desarrollado por Esri (2021) que permite visualizar, analizar, editar y gestionar datos geoespaciales. Se utiliza ampliamente en estudios ambientales para generar mapas temáticos, como mapas de ruido, mediante la integración de datos obtenidos en campo y herramientas de interpolación espacial.

### **8.20. Kobo Toolbox**

Es una plataforma digital gratuita y de código abierto diseñada para la recolección de datos en campo mediante formularios estructurados. Desarrollada por el Harvard Humanitarian Initiative, es ampliamente utilizada en investigaciones sociales y ambientales, permitiendo recopilar información desde dispositivos móviles con o sin conexión a internet. (Harvard, 2020)

### **8.21. SoundPlan**

SoundPlan es un software especializado en modelado y simulación acústica tridimensional que permite analizar, predecir y visualizar la propagación del ruido en entornos urbanos, industriales y viales. Su funcionamiento se basa en algoritmos de cálculo desarrollados bajo normas y el Acuerdo Ministerial 097-A y otras directrices europeas de referencia. Este programa permite integrar datos geoespaciales, información topográfica, características del tráfico y edificaciones para generar mapas de ruido detallados, tanto en escenarios reales como simulados. Además, facilita la evaluación de medidas de mitigación sonora, como la implementación de barreras acústicas, pavimentos absorbentes o rediseño de trazados viales,

siendo ampliamente utilizado en estudios de planificación urbana, impacto ambiental y diseño de infraestructura sostenible (García & López, 2022).

### 8.22. Gestión de ruido

La gestión del ruido se centra mucho en la acústica o el control del ruido. Esto incluye el diseño de sistemas de aislamiento, medidas para confinar el ruido y la consideración de infraestructuras como plantas industriales para reducir la emisión de sonido. Sin embargo, la mayoría de los problemas asociados con el exceso de ruido pueden mitigarse sin procesos costosos o complicados. Los principios simples de control acústico permiten controlar diversas fuentes de contaminación acústica en la vida diaria (Álvarez et al., 2017)

### 8.23. Medidas de control

La evaluación del grado y tipo de ruido depende completamente de la escala del problema detectado en el área de investigación y su aplicación. Por esta razón, es importante tener en cuenta algunos aspectos básicos que hacen posible minimizar y prevenir los riesgos de la exposición al sonido. Existen medidas de control que deben imponerse en jerarquía para prevenir la salud y seguridad de las personas expuestas. Estas intervenciones consisten en controlar el ruido en su fuente, eliminar o aislar los emisores, utilizar equipos de protección personal (EPP) según corresponda, y aplicar intervenciones organizativas colectivas y redistribución de actividades (Minera, 2013).

El ruido ambiental está cobrando importancia a nivel internacional ya que afecta la salud humana, el entorno social y la calidad del medio ambiente. La Organización Mundial de la Salud define directrices sobre el nivel de ruido que no debe superarse. En su publicación Directrices sobre Ruido Ambiental para la Región Europea indica que para las áreas residenciales las cargas de ruido no deben ser superiores a 53 dB(A) durante el día y 45 dB(A) durante la noche.

**Tabla 8.**

Límites máximos permisibles de presión sonora según normativa internacional y nacional

Tipo de zona	Horario diurno (06:00 – 22:00)	Horario nocturno (22:00 – 06:00)	Fuente normativa
Zona residencial	55 dB	45 dB	TULSMA – Libro VI (Ministerio del Ambiente, 2015)
Zona comercial	65 dB	55 dB	TULSMA – Libro VI
Zona industrial	70 dB	60 dB	TULSMA – Libro VI

Zonas tranquilas (hospitales, escuelas, etc.)	50 dB	40 dB	TULSMA – Libro VI
Recomendación general OMS	$\leq 53$ dB	$\leq 45$ dB	OMS (2018) Environmental Noise Guidelines

**Nota:** Tabla elaborada a partir de la información extraída de la página de la Organización Mundial de la Salud OMS 2022.

## 9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

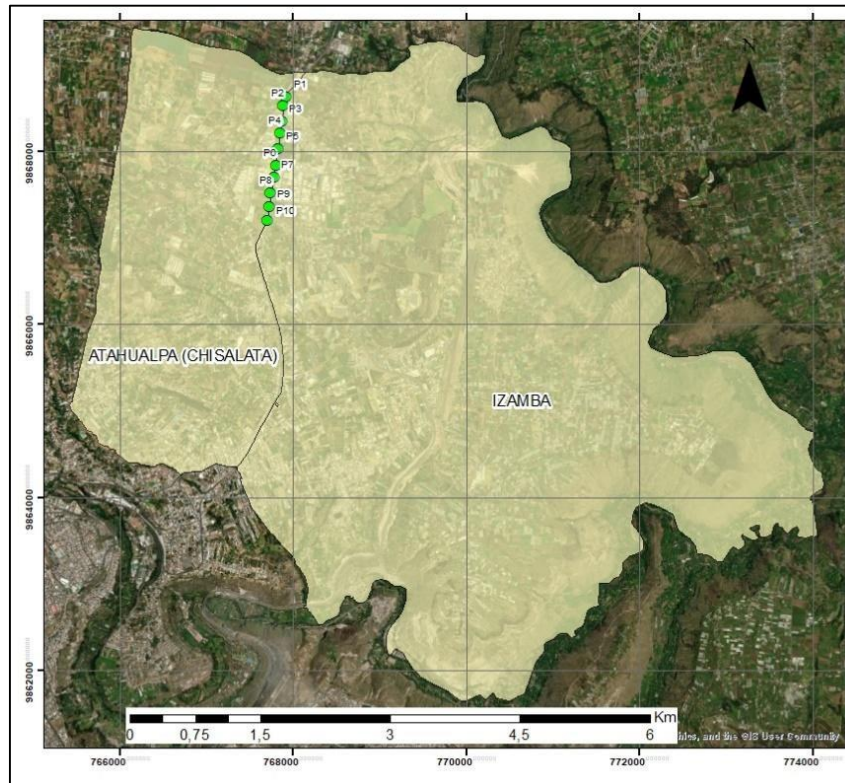
¿Cómo pueden determinarse los niveles de ruido ambiental generados por el tráfico vehicular en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 - E35, del cantón Ambato, durante el año 2025, ¿mediante la elaboración de mapas georreferenciados y simulaciones tridimensionales para su comparación con la normativa ecuatoriana vigente?

## 10. ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se lleva a cabo en la zona urbana del cantón Ambato, provincia de Tungurahua, Ecuador, ubicada en el sector de la Panamericana Norte, con respecto a la Troncal de la Sierra – E35. El estudio se realiza en el año 2025 y está exclusivamente centrado en este sitio, seleccionado por su alto volumen vehicular y alto movimiento comercial. La Troncal de la Sierra -E35 es un eje interprovincial de tráfico continuo que implica mucha exposición a altos niveles de presión sonora. Por lo tanto, el sitio elegido es un punto crítico con el cual medir el ruido ambiental según lo determinado por las normas tanto en el país como en el extranjero. Al Norte tenemos la Intersección con la Avenida Indoamérica, cerca del ingreso al sector de Izamba, al Sur el cruce con la Avenida Atahualpa, en dirección hacia el centro de Ambato, al Este los límites colindantes con zonas residenciales y comerciales de la parroquia Atocha – Ficoa y al Oeste las Áreas próximas al margen del río Ambato y zonas industriales adyacentes a la vía Panamericana.

### Figura 1.

Mapa de ubicación



**Nota:** Elaboración propia

## 11. METODOLOGÍA

### 11.1. Enfoque de investigación

La presente investigación adopta un enfoque metodológico mixto, ya que combina elementos cuantitativos y cualitativos para abordar de manera integral el fenómeno del ruido ambiental en el casco urbano del cantón Ambato, específicamente en la zona de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 y E-35. Esta elección responde a la necesidad de no solo medir los niveles sonoros a través de instrumentos técnicos, sino también de recoger la percepción ciudadana frente a la exposición continua a este contaminante físico.

Desde el enfoque cuantitativo, se realizaron mediciones in situ utilizando un sonómetro digital para registrar los niveles de presión sonora en diferentes puntos y horarios del área de estudio. Se consideran variables como el ruido ambiental y la percepción social. Estas incluyen dimensiones como el nivel sonoro, tipo de fuente emisora, tiempo de exposición, impacto en la salud y bienestar ciudadano. Los indicadores permiten evaluar los decibelios registrados, los horarios críticos y el conocimiento sobre la normativa vigente. Estos datos fueron tabulados, analizados estadísticamente y representados mediante mapas georreferenciados elaborados en sistemas de información geográfica (ArcGIS). Posteriormente, se empleó el software especializado SoundPlan para realizar una simulación tridimensional de la dispersión del ruido,

con base al Acuerdo Ministerial 097-A. Este procedimiento permitió modelar la propagación acústica de manera visual y técnica, identificando zonas de alta exposición y riesgo.

Desde el enfoque cualitativo, se diseñaron y aplicaron encuestas dirigidas a habitantes, residentes, comerciantes y transeúntes del sector, con el fin de conocer sus percepciones, molestias y nivel de conciencia sobre el impacto del ruido en su salud y bienestar. Las encuestas fueron sistematizadas mediante el aplicativo Kobo Toolbox, lo que facilitó su análisis e interpretación. De esta manera, se integraron los resultados técnicos con las experiencias subjetivas de la población, fortaleciendo la comprensión del problema desde un enfoque interdisciplinario.

## **11.2. Tipos de Investigación**

La investigación es de tipo descriptiva y explicativa. Este tipo de investigación aporta no solo un diagnóstico sino también una comprensión profunda del fenómeno analizado.

### **11.2.1. Investigación Descriptiva**

La investigación descriptiva tiene como propósito principal la caracterización y registro detallado de los niveles de ruido ambiental en el casco urbano del cantón Ambato, específicamente en la zona Panamericana Norte. Esta modalidad permite identificar las fuentes generadoras de ruido, cuantificar sus niveles y mapear su distribución espacial en el área de estudio. A través de mediciones sonométricas y herramientas de georreferenciación, se obtiene una fotografía clara y precisa del fenómeno acústico en condiciones naturales, sin intervención sobre las variables.

### **11.2.2. Investigación Explicativa**

La investigación explicativa se enfoca en analizar las causas y relaciones que originan los niveles de ruido ambiental detectados, así como en interpretar sus efectos en el contexto normativo y social. Busca comprender cómo factores como el tráfico vehicular, la configuración urbana y el uso del suelo contribuyen a la propagación del ruido y su posible incumplimiento de los límites permitidos por la normativa ecuatoriana. Además, incorpora la percepción de la población para explicar las posibles consecuencias sociales y ambientales derivadas del problema.

## **11.3. Diseño de la investigación**

La presente investigación se realizará bajo un diseño no experimental, utilizando un enfoque de diseño transversal. El mismo fue elegido debido a que las variables no se manipulan

de ninguna manera activa; más bien se reconocen y tratan en su contexto normal. También permite observar que los datos se obtienen dentro de un período de tiempo finito, es decir, durante el día desde febrero hasta mayo de 2025, lo que caracteriza a estos datos como transversales al recopilar información en un solo punto en el tiempo.

Este estudio se enfoca en describir los niveles de ruido ambiental registrados en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30–E35 del cantón Ambato, y explicar las causas asociadas a los niveles elevados de decibeles, así como sus posibles impactos en la salud y bienestar de la población local. Para ello, se consideraron variables como el ruido ambiental y la percepción social. El ruido ambiental fue medido a través de indicadores como el nivel sonoro por punto de monitoreo, el tiempo de exposición y el tipo de fuente emisora (vehicular, industrial o comercial), mientras que la percepción social se evaluó mediante encuestas aplicadas a los habitantes y trabajadores del sector.

Los datos cuantitativos fueron obtenidos mediante mediciones sonométricas, procesados y representados en mapas de calor a través del software ArcGIS, mientras que los datos cualitativos, provenientes de encuestas, fueron levantados con el aplicativo Kobo Toolbox y analizados para interpretar la percepción ciudadana respecto al ruido. Finalmente, se elaboró una simulación tridimensional de la dispersión del ruido ambiental en los puntos críticos utilizando el software especializado SoundPlan, lo cual permitió reforzar el análisis explicativo del comportamiento del ruido en la zona de estudio.

#### **11.4. Modalidad de la investigación**

##### **11.4.1. De campo**

La investigación empleará una modalidad de campo al efectuar la recolección de datos directamente en el entorno donde ocurre el fenómeno observado. Para este fin, se realizarán visitas técnicas a lo largo de la sección Panamericana Norte, en el cantón Ambato, con el objetivo de registrar los niveles de ruido ambiental mediante el uso del sonómetro. Además, se efectuarán encuestas hacia residentes y comerciantes del vecindario, lo cual permitirá obtener datos actualizados y representativos sobre el estado acústico de la zona.

##### **11.4.2. Bibliográfica documental**

Se emplea también la modalidad bibliográfica-documental, pues la investigación se sustenta en el análisis de fuentes científicas, normativas ambientales nacionales, especialmente el Acuerdo Ministerial 097-A, y estudios académicos realizados en contextos similares dentro

del territorio ecuatoriano. Esta modalidad permitió contrastar los datos obtenidos en campo con referentes teóricos actualizados y relevantes.

### **11.4.3. Proyectiva**

Se integra la modalidad proyectiva, ya que el estudio contempla la simulación tridimensional de los niveles de ruido a través del software SoundPlan. Este recurso técnico permitió predecir el comportamiento acústico del área evaluada, generando una base para futuras acciones de mitigación y planificación urbana más sostenible en el sector.

## **11.5. Métodos de la investigación**

### **11.5.1. Comparativo**

El método comparativo se utiliza para analizar los resultados y compararlos con estándares normativos, recomendaciones actuales e investigaciones previas. En esta investigación, se empleará para comparar los niveles potenciales de ruido del área evaluada con los límites máximos permitidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, regulación que rige la emisión sonora en Ecuador. Tal enfoque será fundamental en la comparación de variación, superposición y posible aberración, proporcionado de esta manera una evaluación del nivel de legalidad alcanzado y la necesidad de intervención.

### **11.5.2. Deductivo**

El método deductivo parte de principios generales, teorías y normativas para aplicarlos a casos específicos con el fin de explicar fenómenos concretos. En esta investigación, se fundamenta en el marco teórico y la legislación vigente sobre contaminación acústica para interpretar los resultados específicos del ruido ambiental en el casco urbano de Ambato. A partir de las normas y conceptos generales, se deduce cómo las variables medidas (niveles de decibelios, fuentes de ruido, percepción ciudadana) afectan la calidad ambiental y la salud pública en el área de estudio.

## **11.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Para llevar a cabo esta investigación se emplearon diversas técnicas que permitieron abordar el fenómeno del ruido ambiental desde una perspectiva integral.

### **11.6.1. Monitoreo sonométrico**

La técnica de monitoreo sonométrico, consistió en la medición directa y sistemática de los niveles de ruido en decibelios utilizando un sonómetro calibrado. Esta técnica proporcionó datos objetivos y precisos sobre la intensidad sonora en puntos estratégicos de la zona de

estudio, en diferentes horarios y días, lo que permitió establecer un diagnóstico claro y fundamentado del nivel de contaminación acústica.

### **11.6.2. Encuesta**

Se implementará una encuesta estructurada para la recolección de datos, tal encuesta está conformada por diez preguntas y fue validada por profesores de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ver anexo 5, quienes garantizaron que es coherente con los objetivos descritos. Utilizando dicho instrumento, se recopilieron datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre la percepción de los residentes y trabajadores respecto al ruido ambiental y su impacto en la calidad de vida, las molestias derivadas y el conocimiento de los sujetos sobre las regulaciones existentes en el municipio. Se utilizó la herramienta Kobo Toolbox, que facilitó la organización, almacenamiento y análisis de los datos recopilados, para implementar la encuesta.

### **11.6.3. Observación directa**

El uso de la técnica de observación directa complementó las anteriores, permitiendo identificar visualmente las principales fuentes generadoras de ruido y registrar las condiciones ambientales del entorno. Esta observación se apoyó en el uso de dispositivos GPS para la georreferenciación precisa de los puntos de monitoreo, así como en el registro fotográfico de las zonas y actividades que contribuyen a la contaminación acústica.

### **11.6.4. Muestreo estratificado**

Es una técnica de uso probabilístico donde se dividen a la población o un grupo grande en estratos o grupos que son seleccionados de manera aleatoria o que tengan una sola característica, asegurando que la muestra este identificada proporcionalmente, asegurando que los resultados sean más confiables y precisos.

### **11.6.5. Población**

La población estuvo conformada por los negocios de la zona urbana de la Panamericana Norte, a lo largo del tramo que conecta las troncales E30 y E35, en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Esta área presenta una alta carga vehicular, así como actividad industrial y comercial, lo que la convierte en un sector crítico para el estudio del ruido ambiental.

#### **11.6.5.1. Tamaño de muestra**

Para el tamaño de muestra se consideró a 100 comerciantes pertenecientes a los negocios ubicados a lo largo trayecto de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30 – E35, los cuales se aplicó la encuesta, considerando la accesibilidad al ser encuestados, su disposición

para participar y su presencia directa en el área de influencia del estudio. La encuesta fue validada por expertos de la Universidad Técnica de Cotopaxi y contenía un total de 10 preguntas estructuradas, orientadas a identificar la percepción social y ambiental frente al ruido generado por el tránsito vehicular.

#### **11.6.6. Software**

Se emplearon diferentes softwares especializados para el análisis espacial y simulación acústica. El programa ArcGIS fue utilizado para procesar y georreferenciar los datos sonométricos, generando mapas de ruido que visualizan la distribución espacial del fenómeno. Por su parte, la simulación tridimensional realizada con el software SoundPlan permitió modelar la dispersión del ruido en los puntos críticos, facilitando una comprensión más profunda de su comportamiento.

#### **11.7. Materiales y Software**

- Sonómetro
- GPS
- ArcGIS
- Excel
- Microsoft Word
- Computadora
- Cargadores
- Celular
- Kobo Toolbox
- SoundPlan

#### **11.8. Manejo específico de la investigación**

##### **11.8.1. Procedimiento para el monitoreo del ruido ambiental**

En base al Acuerdo Ministerial 097-A y metodología de medición para fuentes fijas y fuentes móviles de ruido, se establece el procedimiento que se siguió para realizar las mediciones pertinentes. (MAATE, 2015)

##### **11.8.2. Ubicación del Sonómetro**

Para obtener una medición representativa, el sonómetro deberá montarse en un trípode a una altura de al menos 1,5 metros del nivel del suelo. La inclinación del micrófono con respecto a la fuente de ruido debe estar entre 45 y 90 grados del plano. Durante las mediciones,

el operador debe estar al menos a un metro de distancia del equipo para minimizar la interferencia con las mediciones.

### **11.8.3. Determinación de puntos de muestreo**

La elección de las estaciones de monitoreo se llevó a cabo de acuerdo con las leyes ecuatorianas vigentes, las cuales no establecen un valor para el número mínimo obligatorio de mediciones. Teniendo en cuenta esta flexibilidad, se discutieron los diversos aspectos del sitio de estudio y su necesidad de control acústico. Por lo tanto, se estableció una distancia de 150 m entre dos sitios de medición consecutivos, con tres días de referencia y varios horarios vespertinos durante cuatro meses sucesivos. Este proceso permitió la existencia de 10 puntos de muestreo para el desarrollo de la investigación.

Con respecto a los ruidos residuales, se tomaron en los mismos puntos previamente establecidos, mediante un reporte de 3 muestras de 5 segundos en cada punto (en este caso se seleccionaron 10 puntos en la zona), según el método que dicta la norma y tomando en cuenta que este tipo de ruido incida mínimamente en el ruido total, con una adecuada dirección del micrófono del sonómetro. (MAATE, 2015)

#### **11.8.3.1. Horarios de medición**

De acuerdo con la legislación vigente, las mediciones de sonido se llevarán a cabo cuando, en funcionamiento normal, la fuente fija (FFR) o la fuente móvil (FMR) con el nivel de presión sonora más alto esté presente en los diversos puntos de medición. Los puntos se muestrearon después de que se hayan determinado los tiempos de emisión sonora máxima y mínima.

En el presente estudio, se emplearon encuestas para determinar cuándo la actividad acústica era mayor. Los hallazgos mostraron que los intervalos entre las 13:00 y las 15:00 y luego entre las 17:00 y las 18:00 son los períodos en los que se genera el mayor ruido. Por lo tanto, estos intervalos fueron elegidos como los más apropiados para realizar tanto el monitoreo de ruido dirigido como el monitoreo de ruido residual/de fondo.

#### **11.8.3.2. Métodos para la toma de muestras de ruido**

La normativa contempla dos métodos para la medición del ruido total y residual, los cuales pueden aplicarse en función de las condiciones específicas de cada caso. Uno de estos es el método de 5 segundos (Leq 5s), que consiste en la obtención de un mínimo de diez muestras,

cada una con una duración de cinco segundos. Los valores registrados deben ser reportados conforme a los procedimientos establecidos para garantizar la representatividad de los datos.

#### **11.8.3.3. Consideraciones para el muestreo**

Para la determinación tanto del ruido total como del residual se utilizará la técnica Leq 5s. Este método implica muestrear cada cinco segundos. En donde los datos obtenidos son válidos solo cuando la diferencia entre el valor más grande y el más pequeño de la serie no es mayor de 4 decibelios. Este requisito proporciona consistencia y fiabilidad en los resultados del monitoreo acústico.

#### **11.8.3.4. Protocolo de medición y determinación del LK<sub>eq</sub>**

Se utilizó el “Método para calcular LK<sub>eq</sub> en el caso de ruido específico sin características impulsivas y alto contenido de energía de baja frecuencia”. El procedimiento incluyó el promedio del ruido total y el ruido residual de quince muestras de cinco segundos cada una, registradas desde los puntos de monitoreo designados. Para ello se midieron los niveles de presión sonora (SPL) y Leq utilizando las ponderaciones A y C durante el proceso. Luego, se midió la diferencia entre el ruido total y el residual, y la correspondiente “corrección del nivel de ruido”. El nivel de presión sonora continua equivalente corregido (LK<sub>eq</sub>) se estimó a partir de estos datos y se comparó con los límites establecidos por la legislación vigente.

#### **11.8.3.5. Condiciones ambientales en la medición**

En base a lo establecido por el Acuerdo Ministerial No. 097-A (2015), las mediciones deben realizarse bajo condiciones ambientales adecuadas, de modo que no existan variables de condicionamiento para los resultados de las mediciones. En cumplimiento de esta normativa, se consideró que la lluvia o el trueno no eran propicios para tomar mediciones y, por lo tanto, se evitaron. Además, el micrófono fue protegido del viento con una pantalla de espuma, y las mediciones se realizaron a una velocidad del viento que no excediera los 5 metros por segundo.

#### **11.8.3.6. Diagnostico actual del ruido y monitoreo ambiental**

Durante el curso del monitoreo ambiental, se siguió un calendario sistemático para lograr los objetivos propuestos en el proyecto. Como parte de la primera etapa de diagnóstico, se realizó un reconocimiento de la zona de estudio (sector Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 – E35).

#### **Tabla 9.**

Cronograma para diagnóstico de situación actual y monitoreo de ruido.

Actividad	Semanas	Fecha	Día	Horario	Duración	
Recorrido del área	S0	29/01/2025	Lunes	13:pm-15:00pm	2 horas	
Puntos de muestreo	S0	31/01/2025	Miércoles	13:pm-15:00pm	2 horas	
	S1-S4	02/2025		16:00pm – 18:pm	2 horas	
	S5-S8	03/2025	Lunes	13:pm-15:00pm	2 horas	
	S9-S12	04/2025	Miércoles		2 horas	
	S9-S12	04/2025	Viernes	16:00pm – 18:pm	2 horas	
Monitoreo del ruido ambiental	S13-S16	05/2025		13:pm-15:00pm	2 horas	
	Aplicación de encuestas	S17	15/06/2025	Lunes	13:pm-15:00pm	2 horas
		S17	17/06/2025	Miércoles	12:00pp-15:00pm	3 horas
S17		19/06/2025	Viernes	13:pm-15:00pm	2 horas	

**Nota:** La tabla muestra el cronograma que se realizó para el monitoreo de ruido respectivamente con fecha, hora y días.

### 11.9. Cálculos del ruido

Para el cálculo de los Niveles de Presión Sonora Equivalente se tomó en cuenta el Acuerdo Ministerial 097-A y la ISO 9613-2. Para entender el procedimiento realizado para obtener los niveles de presión sonora equivalentes a partir de los datos levantados en la fase de campo, es necesario comprender algunos acrónimos involucrados en los cálculos:

#### Tipos de ruido

- t= total
- r= residual
- e= específico

#### General

- L= nivel de presión sonora
- eq= equivalente
- p= promedio de las muestras

### Ecuación 1 - Leq (promedio logarítmico)

$$Leq \text{ Promedio} = 10 \log(10^{L_{eqn1}} + 10^{L_{eqn2}} + \dots + 10^{L_{eqni}})$$

Para el cálculo del Leq en un intervalo de tiempo en este caso de 5s por repetición, se aplicó la ecuación 2 que es específicamente para una sola fuente de ruido de interés, que es el nivel de evaluación del nivel sonoro continuo.

### Ecuación 2 – Nivel de presión sonora

$$Leq = 10 \log\left(\frac{1}{T_n} \sum_{LRE} 10^{10}\right)$$

Donde:

Tn: es el tiempo de 5 segundos

Para la corrección del ruido específico debido a la contribución por ruido residual K, se aplican las siguientes ecuaciones

### Ecuación 3 – Diferencia de nivel sonoro

$$\Delta L_r = L_{Aeq A} - L_{Aeq C}$$

Donde:

L<sub>AeqA</sub>: Nivel equivalente medido en el punto A (por ejemplo, receptor o zona sensible).

L<sub>AeqC</sub>: Nivel equivalente medido en el punto C (fuente o punto de mayor exposición).

$\Delta L_r$ : Representa cuánto se ha reducido (o no) el ruido al pasar de un punto a otro.

### Ecuación 4 - Corrección del ruido específico por ruido residual

$$K = -10 \log(1 - 10^{-0,1 \Delta L})$$

Donde:

$\Delta L$ : Diferencia de nivel sonoro entre dos puntos (por ejemplo, con y sin barrera).

K: Valor de corrección que se aplica al cálculo del nivel de ruido para representar la pérdida de energía acústica no perceptible directamente por el oído.

La corrección  $K_r$  hace referencia a la “Corrección por ruido residual para el caso de mediciones del  $L_{Aeq}$ ”. Además, la diferencia de nivel ( $\Delta L$ ) es válida si es un valor mayor o igual a 3 dB. En el caso de que el ruido específico ( $L_{Aeq,p}$ ) sea más alto que el ruido residual ( $L_{Aeq,rp}$ ), la corrección  $K_r$  tendría una reducción máxima de 3 decibeles del ruido total, por lo cual se puede evitar ejecutar mediciones de ruido residual, debido a que la FFR puede aceptar que el ruido total sea el ruido específico.

#### **11.10. Elaboración de los mapas de ruido**

Los mapas de ruido ambiental fueron obtenidos mediante el uso del sonómetro para registrar los niveles de ruido en los 10 puntos de monitoreo, también se utilizó un Sistema de Información Geográfica (SIG), con la herramienta de interpolación para representar gráficamente los datos recopilados, para esta investigación se usó el Software ArcGIS donde los mapas deben mostrar áreas con diferentes niveles de ruido.

### **12. COMPROBACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA**

¿Cómo pueden determinarse los niveles de ruido ambiental generados por el tráfico vehicular en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 - E35, del cantón Ambato, durante el año 2025, ¿mediante la elaboración de mapas georreferenciados y simulaciones tridimensionales para su comparación con la normativa ecuatoriana vigente?

La determinación de los niveles de ruido ambiental en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 - E35, del cantón Ambato, durante el año 2025, se realiza mediante la elaboración de mapas georreferenciados y simulaciones tridimensionales, lo que permite representar de forma clara y detallada la distribución espacial y temporal de los niveles sonoros en el área de estudio. Este proceso emplea tecnologías de monitoreo acústico, como el uso de sonómetros para la recolección de datos en campo, dispositivos GPS para la georreferenciación de puntos de muestreo, y software especializado como SoundPlan para la generación de modelos en 3D. Estas herramientas técnicas permiten observar el comportamiento del ruido generado por el tráfico vehicular, tomando en cuenta variables como el flujo vehicular, la topografía del terreno, la presencia de edificaciones, la dirección del viento y las condiciones climáticas, lo cual aporta a un análisis más integral del fenómeno acústico.

Los datos obtenidos permiten identificar los niveles de presión sonora en decibelios (dB) por cada punto de medición y por franjas horarias, registrándose picos de ruido que en algunos sectores superan los 85 dB, especialmente en horarios de alto flujo vehicular, lo cual excede los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, que para zonas urbanas

determina un rango máximo de 70 dB para el período diurno y 60 dB para el nocturno. Al comparar los resultados con esta normativa ecuatoriana vigente, se evidencian sectores con afectación crítica, principalmente en el entorno del Parque Industrial y en intersecciones cercanas a la Av. Indoamérica. Además, mediante el uso de encuestas validadas por expertos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se identificaron percepciones ciudadanas que reflejan molestias relacionadas con la exposición continua al ruido, como alteraciones del sueño, dificultad para concentrarse y presencia de estrés, lo cual reafirma la importancia de abordar esta problemática no solo desde lo físico, sino también desde una perspectiva social y de salud pública.

Por lo tanto, el uso combinado de mapas georreferenciados, simulaciones tridimensionales y técnicas de campo permitió establecer con claridad los niveles de ruido vehicular en la zona de estudio, facilitando su análisis crítico y su contrastación con la normativa ambiental ecuatoriana. Este enfoque metodológico mixto no solo valida científicamente los resultados, sino que también genera una base técnica útil para la toma de decisiones por parte de autoridades locales. Los hallazgos evidencian la urgencia de implementar medidas de mitigación acústica, como barreras sonoras, planificación urbana sostenible y campañas de concienciación ciudadana. Por tanto, puede afirmarse que la elaboración de mapas de ruido constituye una herramienta efectiva para diagnosticar, evaluar y proponer soluciones ante la creciente contaminación acústica en zonas de alta carga vehicular como la Panamericana Norte de Ambato.

### **13. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

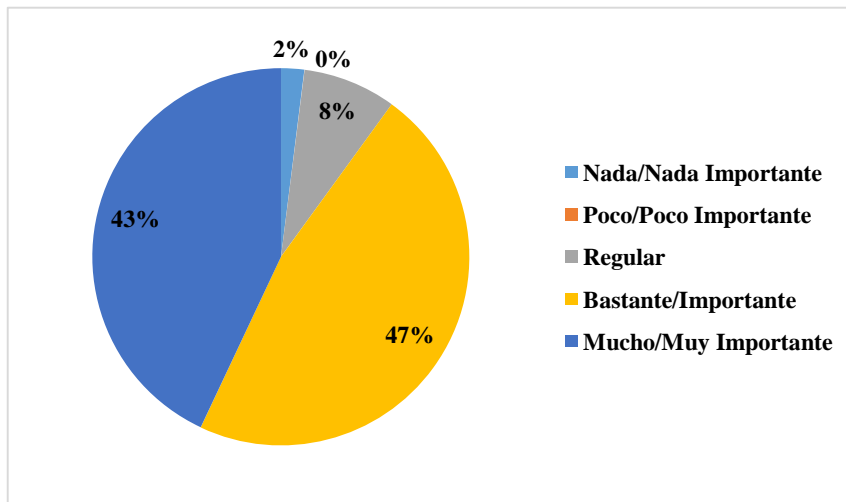
Se lo realizara por medio de los resultados de los cálculos logarítmicos de los niveles de ruidos obtenidos en la medición realizada en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra - E35 y de las encuestas aplicadas a los usuarios de los negocios incluyendo clientes y transeúntes del lugar.

#### **13.1. Resultados de las encuestas**

Las encuestas fueron aplicadas al grupo de interés de la zona de estudio, teniendo un total de 100 encuestados en el sector, ya sean trabajadores de los negocios, dueños, clientes, transeúntes o puestos públicos.

#### **Figura 1.**

¿En qué medida usted percibe ruido ambiental en su entorno diario dentro de esta zona?

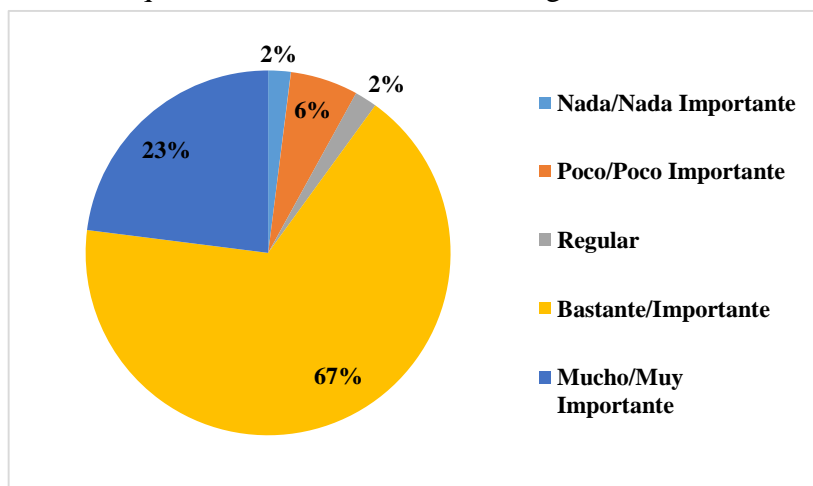


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 1.

La mayoría de encuestados que corresponde al 47% percibe el ruido ambiental en su entorno como un fenómeno constante, lo que evidencia una problemática ambiental evidente en la zona de estudio, mientras que el 43% percibe el ruido en grado elevado, el 8% y el 2% no percibe al ruido como una molestia. Esta percepción concuerda con la presencia de múltiples fuentes móviles y fijas de ruido, particularmente relacionadas al tráfico vehicular pesado. Investigaciones previas realizadas por López et al. (2021) en Ambato confirman que los ciudadanos expuestos a zonas industriales reportan altos niveles de molestia acústica, lo que representa un riesgo latente a la salud pública.

2.

¿En qué grado considera que el ruido ambiental afecta negativamente su calidad de vida?

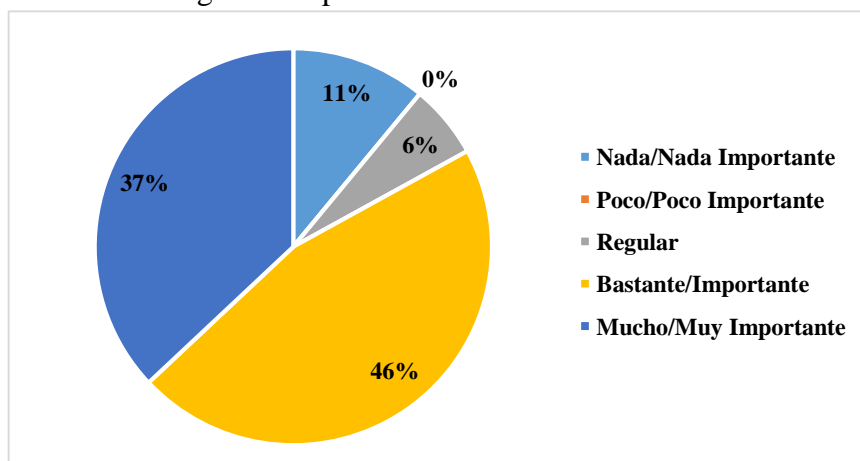


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 2.

Una gran parte de la población encuestada correspondiente al 67% y el 23% consideran que el ruido ambiental afecta significativamente su calidad de vida de manera negativa, mientras que el 6% considera que no afecta negativamente tanto a su calidad de vida. Este tipo de afectación no solo tiene implicaciones psicológicas, sino también fisiológicas, como alteraciones del sueño, irritabilidad o estrés, tal como lo señalan Salazar y Vinueza (2020) en un estudio realizado en el cantón Rumiñahui. La respuesta de los habitantes del sector industrial de Ambato refleja una creciente preocupación por los efectos sonoros del entorno urbano desordenado.

**Figura 3.**

¿Cuánto le molesta el ruido generado por el tráfico vehicular durante el día?



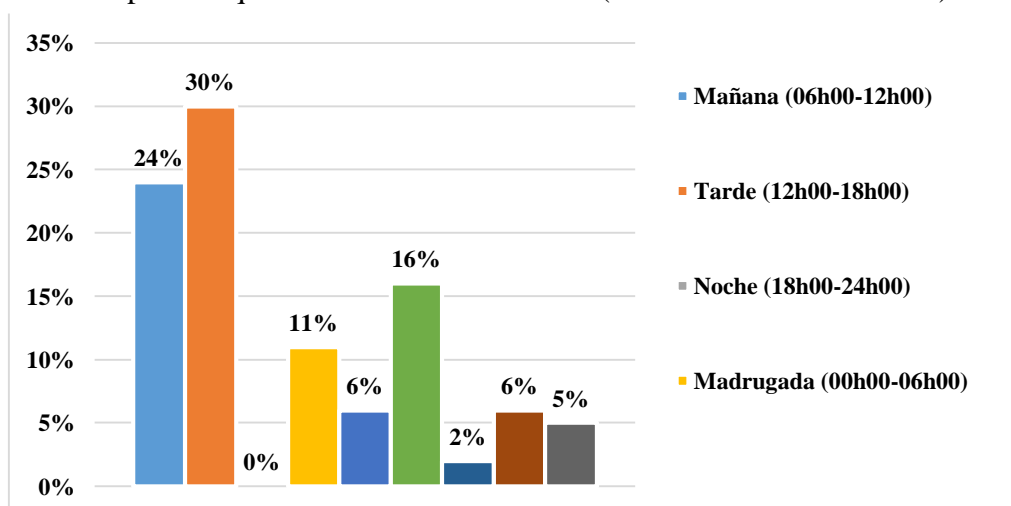
**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 3.

### Figura

Los resultados indican que el tráfico vehicular genera un alto nivel de molestia en la población como se indica en la figura el 46% y el 37% que son los valores más altos, afirmando que eso sucede especialmente durante las horas laborales, por otro lado, el 11% y 6% nos muestra que ruido del tráfico vehicular no les moles y otros dijeron que están acostumbrados al ruido. Esta situación puede influir negativamente en el rendimiento laboral y en el bienestar mental de las personas, especialmente si la exposición al ruido es prolongada y constante. Según Galarza y Herrera (2023), en sectores de alto flujo vehicular de Cuenca se reportaron niveles similares de molestia, lo que evidencia una problemática nacional.

### Figura 4.

¿En qué horario percibe que el ruido es más intenso? (Puede marcar más de uno)

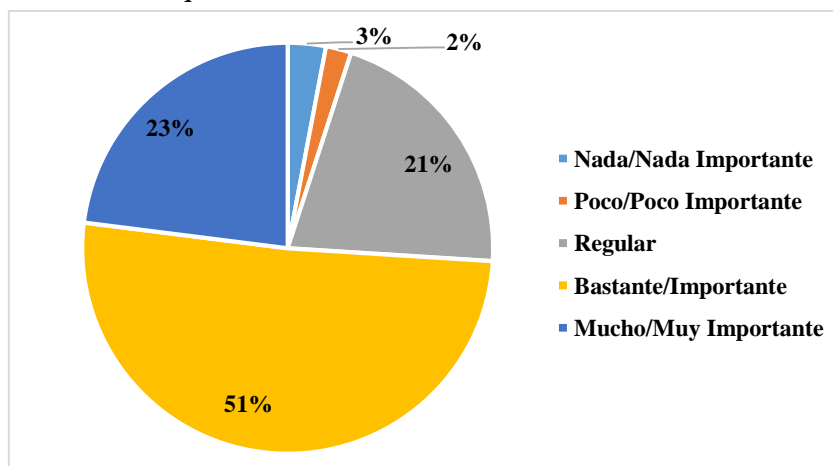


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 4.

Los encuestados identificaron como horarios más ruidosos entre (12h00–18h00) con un 30% que corresponde a la tarde y a la mañana (06h00–12h00) con un 24%, por otro lado, el 5% y el 2% afirmaron que hay horas pico durante todo el día donde la molestia es mucho más fuerte lo que se relaciona directamente con los momentos de mayor flujo vehicular, actividad comercial y presencia de maquinaria en la zona, también influye las actividades laborales y escolares. Este alineamiento entre percepción ciudadana y datos técnicos valida el enfoque metodológico. De acuerdo con Jaramillo (2022), los horarios de mayor tránsito urbano suelen coincidir con las horas de carga y descarga industrial, lo cual es característico en sectores como el Parque Industrial de Ambato.

5.

¿En qué medida cree usted que los niveles de ruido han aumentado en los últimos años?

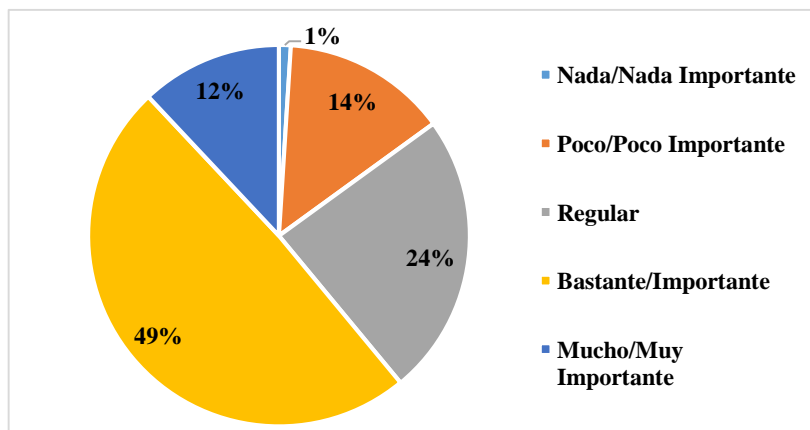


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 5.

Los resultados de la figura reflejaron que el 23% y 51 % de los encuestados considera que el nivel de ruido ha aumentado mucho en los últimos años, mientras que el 21 % cree que ha aumentado poco o que se mantiene el ruido como siempre y un 3% y 2 % que no ha cambiado. Esta percepción refleja una preocupación creciente en torno al deterioro ambiental del sector. La percepción generalizada de un aumento en los niveles de ruido refuerza la urgencia de implementar medidas de control. Molina y Córdova (2021), en un estudio en Machala, relacionaron este tipo de percepciones con el incremento del parque automotor y la falta de regulación acústica urbana. Incorporar esta percepción permite validar la urgencia de implementar estudios acústicos rigurosos y diseñar intervenciones preventivas o correctivas.

**Figura 6.**

¿Cuánto le dificulta el ruido ambiental concentrarse o descansar?



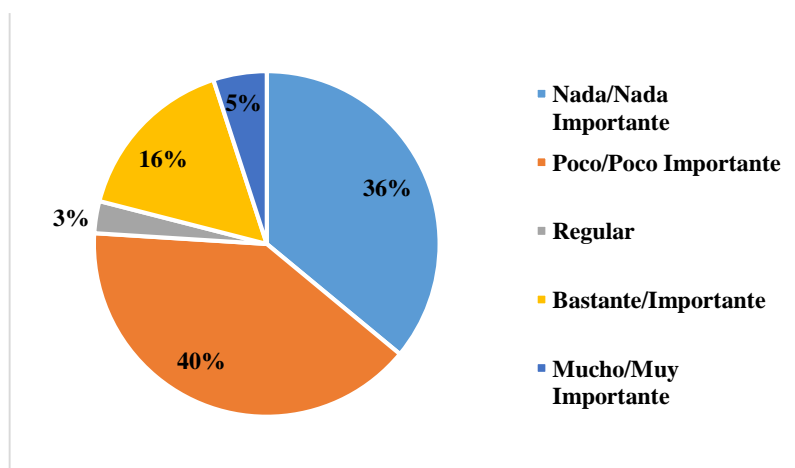
**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 6.

### Figura

Los resultados muestran que el 49% de la población encuestada indicó que el ruido le dificulta mucho la concentración o descanso, el 24 % señaló que le afecta de manera regular y el 14% y 12 % que no le afecta ni concentrarse, ni descansar porque dijeron que estas acostumbrados o que están tan ocupados que no le toman atención al ruido de los vehículos. Esta afectación directa a la concentración y descanso compromete la productividad y salud, tal como lo describen Torres y Morales (2020), quienes determinaron una fuerte correlación entre ruido constante y trastornos del sueño en zonas urbanas. Permite vincular la dimensión subjetiva del fenómeno sonoro como la incomodidad, el estrés o la falta de concentración con los aspectos técnicos de la medición acústica.

### Figura 7.

¿En qué medida cree que las autoridades locales han gestionado adecuadamente el control del ruido?

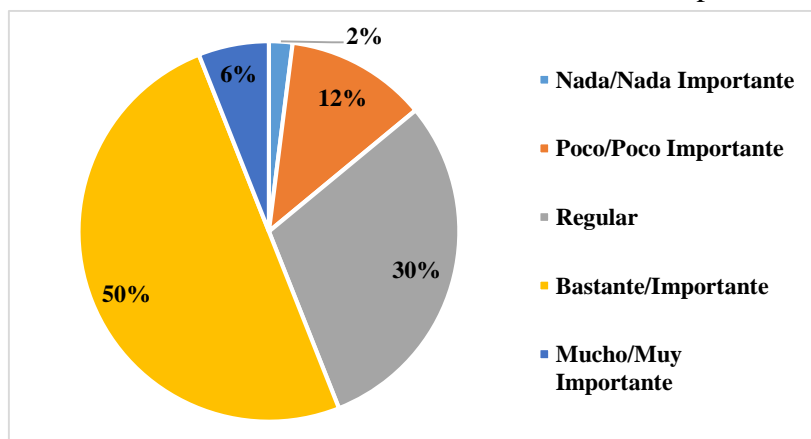


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 7.

Los resultados reflejan una percepción negativa sobre el rol de las autoridades en el control del ruido ambiental. El 40% y 36% de los encuestados opina que la gestión del control del ruido por parte de las autoridades ha sido deficiente o nula, mientras que el 16% considera que si han tomado medidas de regulación y el 5% y 3% la califican como adecuada o regular. Esta situación sugiere una necesidad de fortalecer la gestión institucional, aplicando el Acuerdo Ministerial 097-A con mayor rigurosidad. Estudios como el de Andrade y Villacís (2021) en Loja revelan que la falta de control efectivo es uno de los principales factores que contribuyen a la permanencia del problema.

8.

¿En qué grado el ruido ambiental le ha causado estrés, irritabilidad o problemas de salud?

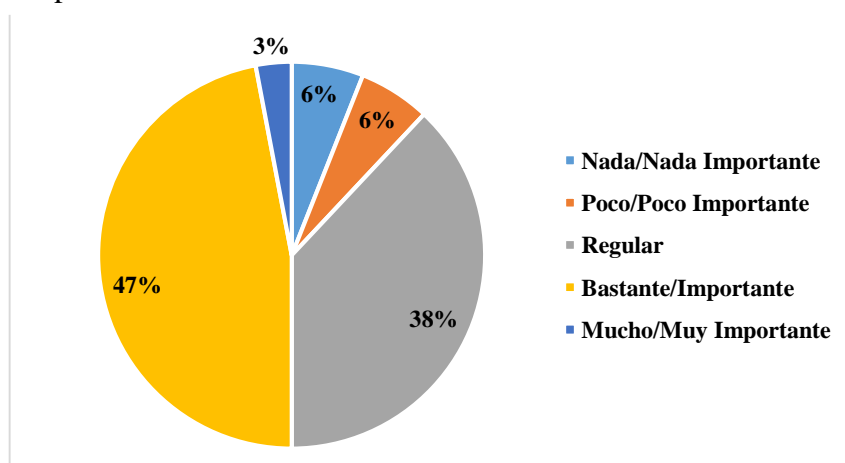


**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 8.

Una amplia mayoría de la población expresó haber experimentado consecuencias en su salud física y emocional debido al ruido, el 50% manifestaron que el ruido ambiental le ha generado estrés o problemas de salud de manera frecuente, mientras que el 30% lo ha experimentado ocasionalmente o de manera regular y el 10% y 2% no ha experimentado ninguno. El estrés y la irritabilidad son efectos bien documentados de la contaminación acústica, y se intensifican cuando el individuo no tiene control sobre el entorno. Según la OMS (2022), la exposición prolongada a más de 65 dB puede desencadenar alteraciones cardiovasculares y psicológicas.

**Figura9.**

¿Ha modificado sus hábitos, como cerrar ventanas o usar dispositivos de cancelación de ruido, para reducir la exposición a la contaminación acústica?



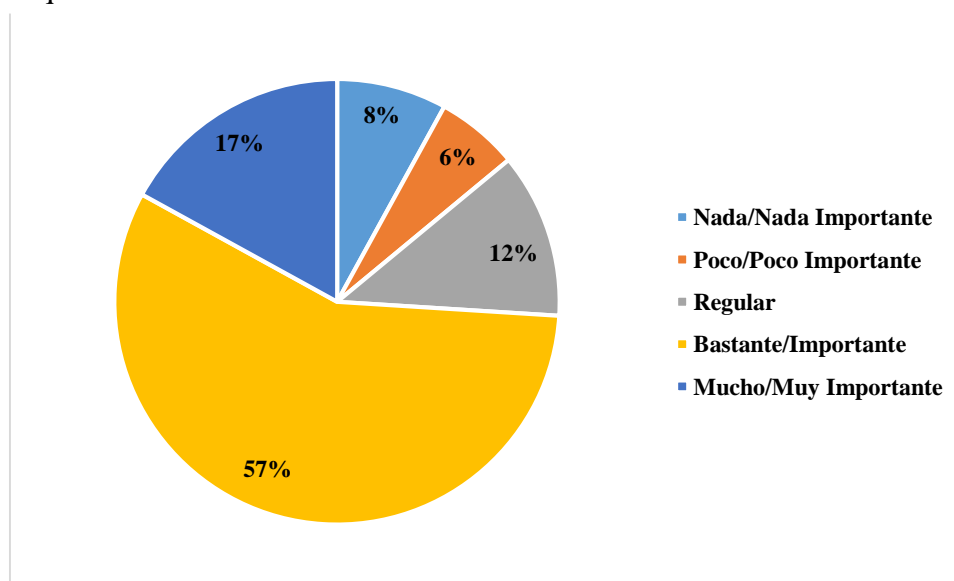
**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 9.

### Figura

El 47 % de los encuestados ha cambiado sus hábitos para reducir la exposición al ruido, como cerrar ventanas o evitar ciertas rutas, mientras que el 38 % no ha realizado cambios y sigue con su vida habitual y el 3% menciono que realizo algún tipo de cambio en su rutina. El pequeño porcentaje de los encuestados han optado por cerrar ventanas o usar medidas aislantes, lo cual indica una adaptación involuntaria al problema. Sin embargo, esto también representa una forma pasiva de enfrentar el ruido, lo que demuestra la falta de medidas estructurales eficaces. Según Pérez y Campoverde (2023), en zonas urbanas de Quito, el aislamiento individual es común cuando no hay intervención municipal.

### Figura 10.

¿Considera que el ruido ambiental afecta el rendimiento escolar o laboral?



**Nota:** La figura muestra las respuestas de la pregunta 10.

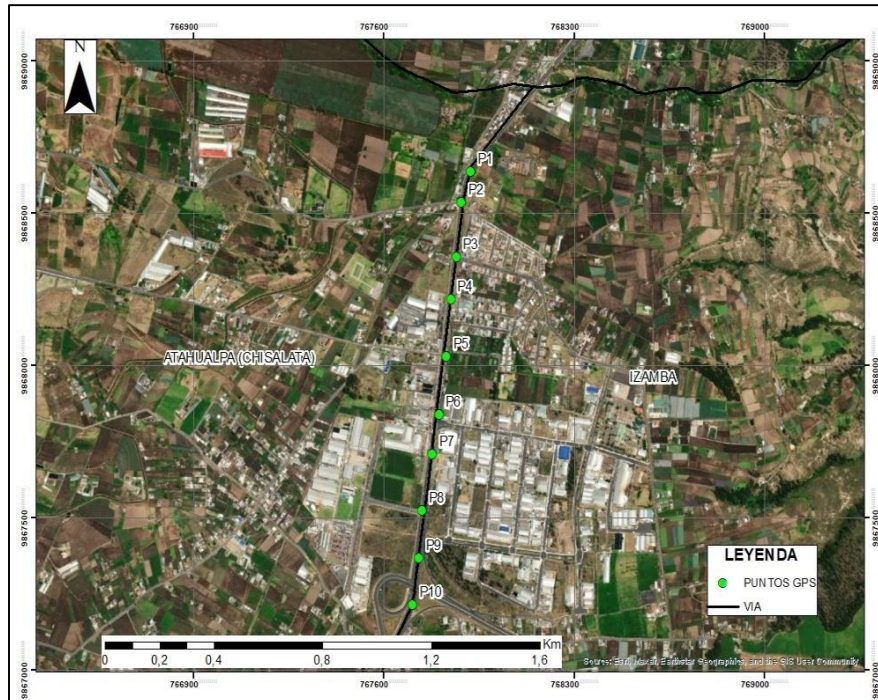
La mayoría de los encuestados considera que el rendimiento escolar y laboral se ve afectado por el ruido. El 57% de los encuestados considera que el ruido ambiental afecta negativamente el rendimiento escolar o laboral, el 17% y 12% considera que no tiene impacto y el 8% y 6 % no está seguro. Este resultado es alarmante, ya que implica una disminución en la productividad general del entorno. En un estudio similar en Riobamba, Reyes et al. (2019) determinaron que trabajadores de sectores industriales expuestos a ruido constante tienen un 35 % menos de concentración efectiva que quienes trabajan en entornos acústicamente controlados.

### 13.2. Determinación de los puntos de monitoreo

Se obtuvo 10 puntos de muestreo considerando el método que se aplicó para la toma de los niveles sonoros con el sonómetro y se los grafico en el siguiente mapa:

**Figura 11.**

Ubicación de los puntos de monitoreo



**Nota:** Elaboración propia.

También se elaboró una tabla con las respectivas coordenadas de los puntos que se detalla a continuación:

**Tabla 10.**

Puntos de monitoreo y coordenadas geográficas

<b>Lugar</b>	<b>Punto</b>	<b>Latitud (X)</b>	<b>Longitud (Y)</b>
	P1	767921	9868636
	P2	767886	9868535
	P3	767868	9868354
Parque Industrial, zona	P4	767847	9868216
Troncal de la sierra,	P5	767831	9868029
Panamericana Norte E35	P6	767803	9867839
	P7	767779	9867707
	P8	767742	9867521

**Tabla**

P9	767729	9867365
P10	767706	9867212

**Nota:** La tabla muestra los 10 puntos de monitoreo que se usó para la investigación junto con sus coordenadas.

**13.3. Resultados del monitoreo mensual Tabla****11.**

Monitoreo del mes de febrero

<b>Puntos de monitoreo</b>	<b>NPSeq A</b>	<b>NPSeq B</b>	<b>Ruido Residual</b>	<b>Corrección</b>	<b>Lkeq</b>	<b>Observación</b>
----------------------------	----------------	----------------	-----------------------	-------------------	-------------	--------------------

<b>P1</b>	83.33	68.96	14.4	-2.7	82.98	Cumple
<b>P2</b>	80.37	73.19	7.2	-1.3	78.64	No Cumple
<b>P3</b>	83.36	69.58	13.8	-2.7	83.10	Cumple
<b>P4</b>	79.66	75.54	4.1	-0.6	76.12	No Cumple
<b>P5</b>	92.63	80.63	12.0	-2.0	89.95	No Cumple
<b>P6</b>	84.42	59.84	24.6	-3.6	84.07	No Cumple
<b>P7</b>	82.96	78.36	4.6	-0.8	79.24	Cumple
<b>P8</b>	90.31	72.59	17.7	-2.3	86.76	No Cumple
<b>P9</b>	86.98	78.61	8.4	-1.6	85.65	No Cumple
<b>P10</b>	85.56	59.40	26.2	-3.7	85.19	No Cumple

**Nota:** La tabla muestra los resultados finales del monitoreo mensual de febrero y la comparación con la normativa y el Acuerdo ministerial 097-A si cumple o no los niveles permisibles.

Durante el mes de febrero, los valores registrados en la tabla evidencian que el promedio mensual de los niveles de presión sonora (LKeq) en los diferentes puntos de muestreo supera los 75 dB, con picos superiores a 83 dB en días como el miércoles, especialmente en los puntos

5,8,9 y 10, ubicados cercanos a intersecciones viales con alto tránsito. Este patrón refleja una constante exposición de la población al ruido por encima de los límites recomendados por la OMS (55 dB para zonas urbanas residenciales) y se aproxima o incluso sobrepasa los límites permitidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, que establece un máximo de 80 dB para zonas industriales. Este comportamiento se correlaciona con lo evidenciado por González y Vinueza (2022) en zonas industriales de Ambato, donde la acumulación de transporte pesado en horarios laborales genera excedencias significativas y sostenidas durante la semana.

## 12.

Monitoreo del mes marzo

---

### Puntos de NPSeq NPSeq Ruido Corrección Lkeq Observación monitoreo A B Residual por ruido residual

---

<b>P1</b>	81.42	63.53	17.9	-2.5	80.18	No Cumple
<b>P2</b>	87.60	76.31	11.3	-1.7	87.05	No Cumple
<b>P3</b>	87.86	75.85	12.0	-1.5	85.85	No Cumple
<b>P4</b>	88.01	80.73	7.3	-0.9	86.79	No Cumple
<b>P5</b>	91.95	82.55	9.4	-1.3	90.97	No Cumple
<b>P6</b>	80.98	70.16	10.8	-1.5	79.97	Cumple
<b>P7</b>	82.34	77.34	5.0	-0.4	77.76	Cumple
<b>P8</b>	96.16	80.57	15.6	-2.2	95.30	No Cumple
<b>P9</b>	98.94	82.59	16.3	-2.4	98.03	No Cumple
<b>P10</b>	88.53	78.84	9.7	-1.3	86.66	No Cumple

**Nota:** La tabla muestra los resultados finales del monitoreo mensual de marzo y la comparación con la normativa y el Acuerdo ministerial 097-A si cumple o no los niveles permisibles.

En marzo, los niveles de ruido se incrementan de forma más homogénea en todos los puntos, con un LKeq, registrándose picos de hasta 98.03dB en el punto 9 durante los días lunes y miércoles. Este valor no solo sobrepasa la normativa nacional, sino que se mantiene como constante en más de un día, lo que sugiere una carga acústica prolongada. La presencia de tráfico interprovincial en la E30–E35, así como la actividad industrial del Parque Industrial, explican estos niveles. Según datos recopilados por López y Andrade (2020) en Santo Domingo, los puntos cercanos a ejes logísticos y de comercio tienden a mostrar niveles elevados y

**Tabla**

persistentes, con tendencia a agravarse en los días de mayor actividad comercial, como lunes y miércoles. El punto 9 se convierte en una zona prioritaria de atención para futuras medidas de mitigación.

**Tabla**  
**13.**

Monitoreo del mes de abril

<b>Puntos de monitoreo</b>	<b>NPSeq A por ruido residual</b>	<b>NPSeq B por ruido residual</b>	<b>Ruido Residual</b>	<b>Corrección</b>	<b>Lkeq</b>	<b>Observación</b>
<b>P1</b>	84.50	76.90	7.6	-1.0	82.54	No Cumple
<b>P2</b>	92.25	84.60	7.6	-0.8	89.77	No Cumple
<b>P3</b>	89.37	77.50	11.9	-1.7	88.05	No Cumple
<b>P4</b>	81.65	71.28	10.4	-1.5	80.95	No Cumple
<b>P5</b>	84.86	75.00	9.9	-1.2	81.51	No Cumple
<b>P6</b>	79.11	73.14	6.0	-0.5	73.42	Cumple
<b>P7</b>	83.82	68.76	15.1	-2.4	83.61	No Cumple
<b>P8</b>	93.14	84.41	8.7	-1.1	91.50	No Cumple
<b>P9</b>	84.15	79.22	4.9	-0.3	80.44	No Cumple
<b>P10</b>	85.49	72.15	13.3	-2.0	85.04	No Cumple

**Nota:** La tabla muestra los resultados finales del monitoreo mensual de abril y la comparación con la normativa y el Acuerdo ministerial 097-A si cumple o no los niveles permisibles.

Los registros de abril revelan una alteración significativa, con valores máximos que alcanzan los 89.77 dB. El día jueves presentó la mayor concentración de niveles altos, especialmente en los puntos 2, 3 y 10. Estos puntos están localizados en tramos con intersecciones, desvíos o acceso directo a zonas de carga. Este patrón sugiere que la actividad logística podría haber incrementado debido a factores estacionales o a cambios en la organización del transporte. Según lo identificado por Jiménez et al. (2021) en Riobamba, los días jueves muestran un repunte en el tránsito pesado vinculado a distribución de mercancías previo a fines de semana. La presencia de registros superiores a los límites permisibles por tres días consecutivos refuerza la necesidad de implementar sistemas de monitoreo continuo para evaluar las tendencias y tomar decisiones en tiempo real.

**Tabla  
14.**

Monitoreo del mes de mayo

	<b>Puntos de NPSeq Residual</b>	<b>NPSeq Ruido residual</b>	<b>Corrección Lkeq</b>	<b>Observación monitoreo A</b>	<b>B</b>	
<b>P1</b>	90.11	74.69	15.4	-2.2	88.53	No Cumple
<b>P2</b>	84.02	74.51	9.5	-1.3	82.60	No Cumple
<b>P3</b>	84.69	80.08	4.6	-0.2	80.46	No Cumple
<b>P4</b>	83.97	77.32	6.7	-0.7	80.48	No Cumple
<b>P5</b>	86.39	82.64	3.7	0.0	82.44	No Cumple
<b>P6</b>	88.17	78.98	9.2	-1.1	85.73	No Cumple
<b>P7</b>	80.91	71.38	9.5	-1.3	79.77	Cumple
<b>P8</b>	87.42	70.31	17.1	-2.7	87.23	No Cumple
<b>P9</b>	90.91	79.73	11.2	-1.5	88.04	No Cumple
<b>P10</b>	88.68	66.62	22.1	-3.1	88.46	No Cumple

**Nota:** La tabla muestra los resultados finales del monitoreo mensual de mayo y la comparación con la normativa y el Acuerdo ministerial 097-A si cumple o no los niveles permisibles.

En mayo, los valores de LKeq muestran una tendencia ascendente sostenida. Todos los puntos monitoreados superan los 80 dB en más de un día, con un promedio mensual que se aproxima peligrosamente a los 90 dB. El punto 1 reportó un valor máximo de 88.53 dB el día miércoles, siendo el día con más presencia de niveles críticos en general. Este comportamiento puede estar relacionado con el cierre de producción mensual o con un aumento del flujo vehicular debido a actividades de abastecimiento. Espinosa y Carrera (2023), en su estudio sobre tráfico y ruido en Cuenca, afirman que el último tercio de cada mes presenta una saturación en las vías industriales por despachos de carga. Este escenario, sumado a la ubicación de los puntos cerca de rutas de alta demanda logística, hace que el mes de mayo junto con abril se configure como los meses más conflictivos del estudio evidenciar que la mayoría

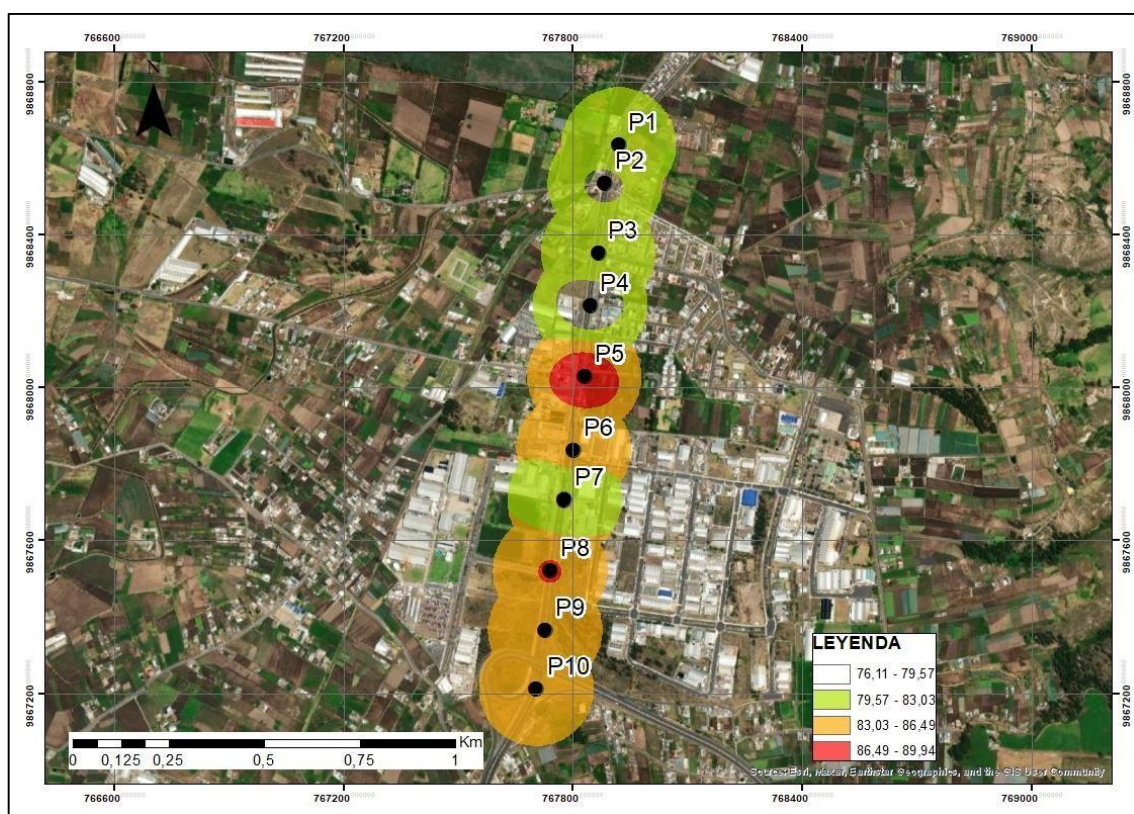
de puntos no cumplen con la normativa y el acuerdo establecido y vigente, siendo urgente priorizar planes de acción enfocados en los puntos 1,9 y 10.

### 13.4. Representación de los niveles de ruido en mapas

Los mapas a continuación, están diferenciados por meses desde febrero hasta mayo, para la elaboración de los mapas de ruido ambiental del sector Parque Industrial de la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra – E30 - E35 del Cantón Ambato se utilizó el programa de georreferenciación ArcGis, mediante la herramienta de la interpolación, que sirvió para su elaboración.

**Figura 12.**

Mapa de ruido mensual de febrero



**Nota:** El mapa muestra los puntos críticos de los niveles de sonido del mes de febrero de los días lunes en el horario de 13:00p.m a 15: 00p.m.

El mapa del mes de febrero, los días lunes de todo el mes registraron los niveles más críticos de ruido ambiental, especialmente en los puntos ubicados sobre la vía Panamericana Norte, cerca del ingreso al Parque Industrial. En el punto 5, el mapa georreferenciado evidencia concentraciones marcadas de color rojo y naranja, indicando superación de los niveles

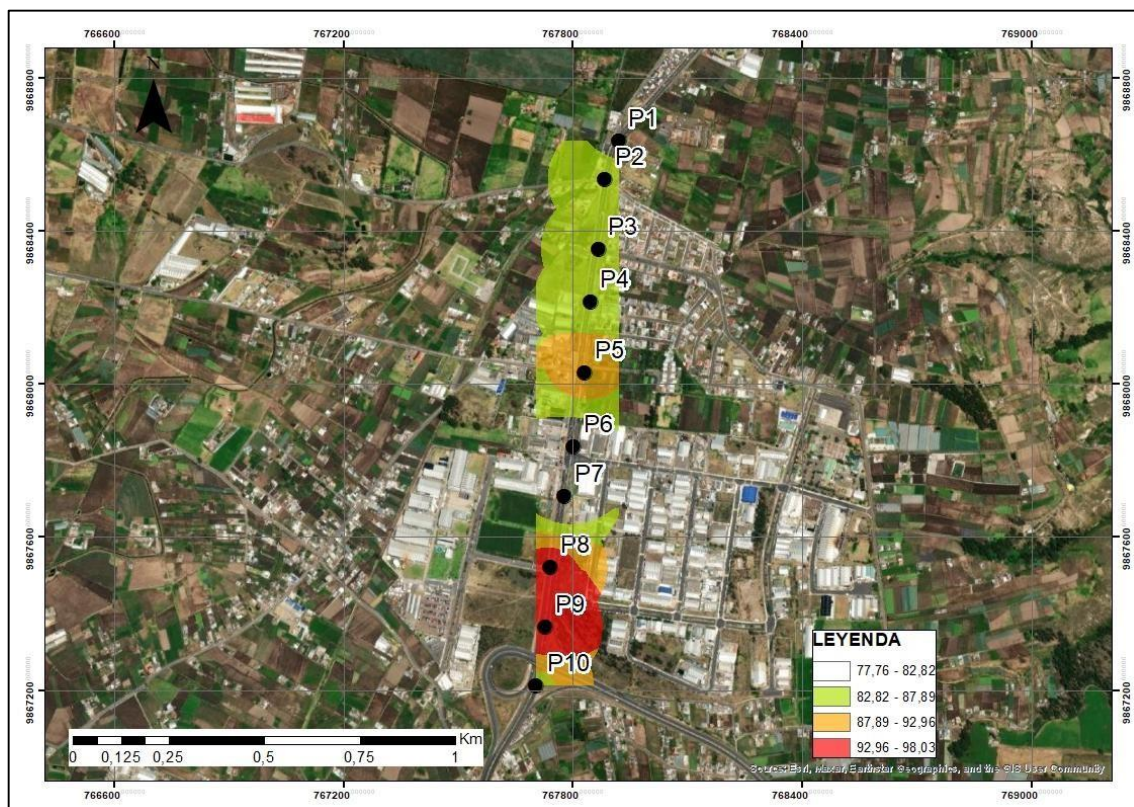
**Tabla**

permisibles según el Acuerdo Ministerial 097-A (80 dB para zona industrial), dichos niveles críticos fueron registrados en una hora pico donde la actividad es más movida por la situación laboral y escolar específicamente casi al medio día en la hora de 13:00pm a 15:00pm. Esta

situación se explica por el incremento del tránsito pesado durante esos días, relacionados con actividades logísticas de carga y descarga. Estudios como el de González et al. (2020), realizados en zonas industriales de Ambato, corroboran que los picos de tráfico vehicular suelen presentarse a mitad de semana, acentuando los niveles de presión sonora.

### Figura 13.

Mapa de ruido del mes de marzo



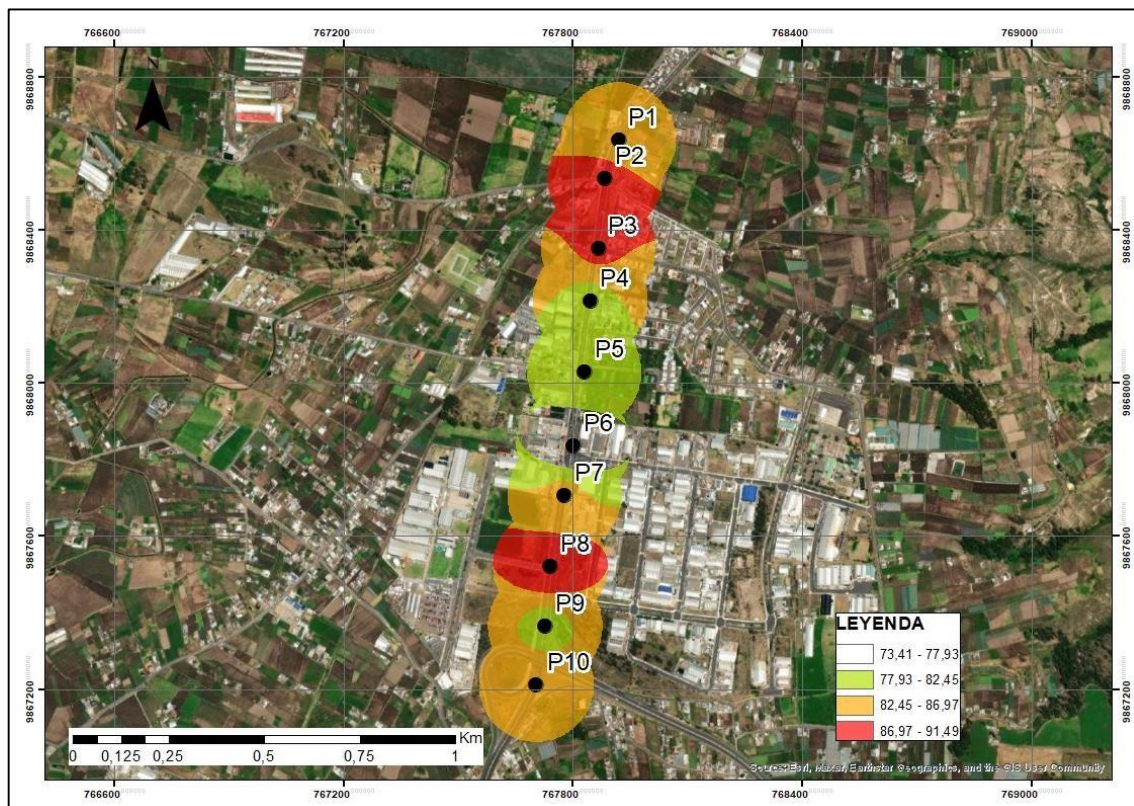
**Nota:** El mapa muestra los puntos críticos de los niveles de sonido del mes de febrero de los días miércoles en el horario de 16:00p.m a 18: 00p.m.

En marzo en el mapa se observó un aumento en la extensión de las zonas críticas, con colores intensos los días miércoles de todo el mes. El punto más conflictivo se localiza a la altura del cruce entre la E30 y E35, un sitio de tránsito interprovincial que recibe altos volúmenes de vehículos de carga. El mapa muestra una mayor intensidad de color rojo en esta área en los puntos 8 y 9, evidenciando un comportamiento continuo de contaminación acústica en esos días, en horas de la tarde a las 16:00pm a 18:00pm. Este fenómeno puede asociarse al estar en medio de semana laboral y el inicio del tráfico acumulado del fin de semana, también dicho incremento se ve afectado por los días de feriado y la finalización de las festividades del

cantón. Según Pérez y Mejía (2021), en zonas industriales de Quito se presentan incrementos similares los lunes debido al reinicio de operaciones de transporte pesado. En este mes, el punto 5 se convierte en prioritario para futuros monitoreos más detallados y estrategias de mitigación.

#### Figura 14.

Mapa de ruido ambiental del mes de abril



**Nota:** El mapa muestra los puntos críticos de los niveles de sonido del mes de febrero de los días viernes en el horario de 13:00p.m a 15: 00p.m.

El mapa del mes de abril, los días viernes de todo el mes se consideró como el más crítico en cuanto a niveles de ruido, concentrando la mayor cantidad de puntos conflictivos en la zona casi central de la vía industrial. El mapa revela al menos tres puntos con color rojo intenso, ubicados cerca de zonas de alto tránsito vehicular, con énfasis en el punto 2 y 3, situados en avenidas de ingreso a la ciudadela. Esta tendencia podría deberse a picos de operaciones logísticas que se intensifican previo al cierre de semana laboral y educativo, tomando en cuenta el horario de 13:00pm a 15:00pm que se considera como horas debido al movimiento del inicio de fin de semana. Investigaciones similares, como las de Mena et al. (2019) en Ibarra, muestran que los jueves son días donde se agrupan entregas, recojo de

productos y abastecimientos en sectores industriales, generando ruido constante durante varias horas. El análisis sugiere que abril presenta un patrón semanal sostenido con énfasis en jueves.

### Figura 15.

Mapa de ruido ambiental del mes de mayo



**Nota:** El mapa muestra los puntos críticos de los niveles de sonido del mes de febrero de los días lunes, miércoles, viernes en el horario de 16: 00p.m a 18: 00p.m.

Al observar el mapa del mes de mayo, se analizó que el día lunes concentró los niveles más críticos de todo el mes, especialmente en los puntos 8, 9 y 10, localizados en el paso lateral, el mapa evidencio una mayor área teñida en rojo, lo cual sugiere que el ruido no solo es puntual, sino que se ha extendido geográficamente, al igual que el punto 1 que es el inicio de la zona de la Troncal de la Sierra. Este comportamiento podría relacionarse con la alta rotación vehicular por inicio de la semana, como ha sido documentado por Villacrés y Jara (2022) en zonas logísticas de Cuenca. Además, este mes muestra acumulación de eventos sonoros en los mismos puntos críticos de meses anteriores, lo que indica que se trata de zonas con exposición crónica a altos niveles de ruido. Por tanto, mayo evidencia la consolidación de los lunes como

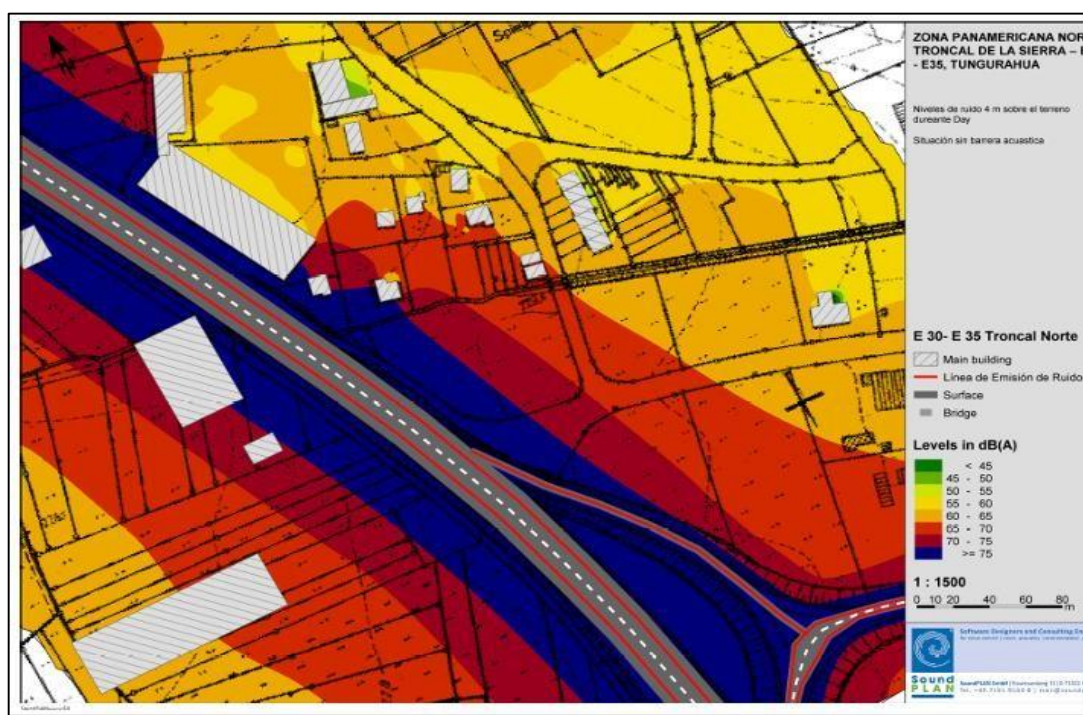
el día de mayor presión sonora, y la necesidad urgente de aplicar medidas preventivas o restrictivas en estos puntos.

### 13.5. Modelamiento de dispersión de ruido

Se realizaron simulaciones acústicas con el software SoundPlan para comparar los niveles de ruido vehicular en dos escenarios: sin barrera y con una barrera acústica de 4,75 m de altura. El análisis se centró en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 – E35, del cantón Ambato, y se evaluó el cumplimiento de la normativa nacional y el Acuerdo Ministerial 097-A.

#### Figura 16.

Mapa diurno sin barrera de ruido



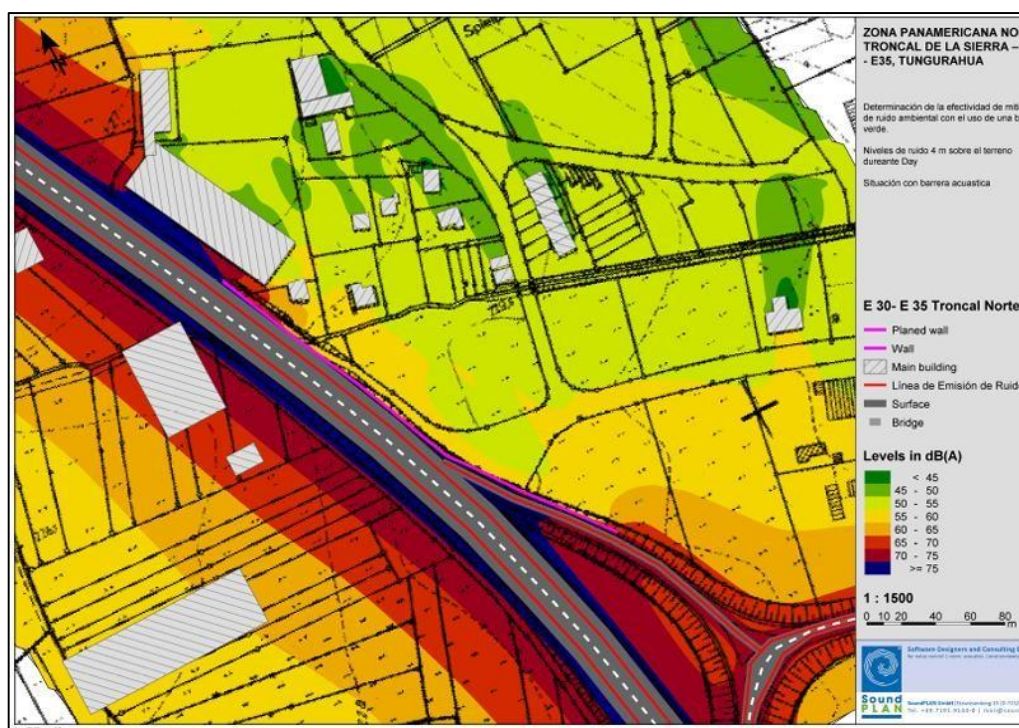
**Nota:** El mapa de simulación sin barrera acústica muestra la percepción sonora 3D del punto más crítico de la zona.

El presente mapa simula los niveles de ruido generados, sin presencia de barreras acústicas. Según la escala cromática de la simulación, se evidencia una amplia zona en tonos rojos y anaranjados que representa niveles entre 70 y 75 dB(A), con algunas áreas incluso alcanzando valores superiores a 75 dB(A), principalmente adyacentes a la vía principal. Estos niveles exceden los límites permisibles establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A del Ministerio del Ambiente del Ecuador. La propagación del ruido hacia el noreste alcanza zonas

urbanizadas, afectando edificaciones residenciales e industriales. Estudios recientes, como el de Villacís et al. (2021), han reportado patrones similares en corredores viales del centro del país. En este contexto, la simulación sin barrera permite visualizar el escenario base del impacto acústico, destacando la necesidad de implementar estrategias de control como barreras físicas o vegetación densa. Asimismo, se advierte un riesgo potencial para la salud pública, dado que la exposición continua a niveles superiores a 70 dB(A) ha sido asociada a efectos adversos como estrés, trastornos del sueño y enfermedades cardiovasculares (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018). Por tanto, se concluye que la situación actual sin barrera acústica no garantiza el cumplimiento de la normativa nacional ni la protección adecuada de la población aledaña, siendo imperante evaluar soluciones que reduzcan la dispersión del ruido hacia las áreas habitadas.

### Figura 17.

Mapa diurno con barrera de ruido



**Nota:** El mapa de simulación con barrera acústica muestra la percepción sonora 3D del punto más crítico de la zona.

La simulación acústica muestra la efectividad de una barrera acústica de 4,75 metros de altura, instalada en la zona Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E-30 – E35, provincia de Tungurahua. A diferencia del escenario sin mitigación, se observa una notable reducción de los

niveles de presión sonora en las áreas urbanizadas adyacentes a la vía. Las tonalidades predominantes en la zona residencial pasaron de anaranjados y rojos (70–75 dB(A)) a verdes y amarillos (45–60 dB(A)), lo cual indica una disminución significativa del ruido ambiental. Esta atenuación acústica permite que el entorno se acerque al cumplimiento de los niveles máximos permitidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, que establece umbrales de hasta 60 dB(A) para zonas urbanas residenciales durante el día. Estudios realizados por Cabrera y Medina (2020) en el corredor vial de Quito evidencian que la implementación de barreras acústicas rígidas puede generar reducciones de hasta 10 a 15 dB(A), resultados comparables a los observados en esta simulación. En concordancia con la evidencia científica, la implementación de esta barrera se presenta como una medida eficaz, no solo para mitigar el ruido vehicular sino también como estrategia preventiva frente a impactos crónicos en la salud pública. Por tanto, el escenario con barrera acústica demuestra ser técnicamente viable y socialmente necesario, al contribuir al cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana y a la sostenibilidad del entorno urbano.

### **13.6. Comparativa entre los escenarios con y sin barrera acústica**

La comparación entre los dos escenarios simulados mediante el software SoundPlan, uno sin barrera acústica y otro con la implementación de una estructura física de 4,75 m de altura, evidencia de manera clara la efectividad de esta medida de mitigación en la reducción de la contaminación acústica generada por el tráfico vehicular en la Troncal de la Sierra E-30 – E35. En el escenario sin barrera, los niveles de ruido superan los 80 dB(A) en varias zonas residenciales e industriales, rebasando los límites permisibles establecidos por el Acuerdo Ministerial 097-A para fuentes fijas durante el día, lo cual representa un riesgo para la salud y el bienestar de la población. En contraste, la simulación con barrera muestra una notable disminución de los niveles sonoros en hasta 15 dB(A) en áreas aledañas, alcanzando rangos entre 45 y 60 dB(A), que se encuentran dentro del marco normativo nacional. Este comportamiento concuerda con estudios realizados por Ruales et al. (2021) y Jaramillo et al. (2023), quienes demostraron que las barreras acústicas físicas son altamente eficaces en corredores urbanos con alta carga vehicular. La implementación de este tipo de infraestructura no solo representa una solución técnica viable, sino también una estrategia ambiental preventiva que contribuye a la sostenibilidad del entorno urbano y al cumplimiento de los objetivos de calidad ambiental establecidos en la normativa ecuatoriana.

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

- La identificación de las principales fuentes generadoras de ruido en la zona de estudio permitió reconocer que el tráfico vehicular constituye la causa predominante de la contaminación acústica en la Panamericana Norte, especialmente por la circulación constante de transporte pesado, buses interprovinciales y vehículos particulares. A ello se suman actividades comerciales, industriales y la presencia de intersecciones con alto flujo, lo que influye significativamente en el nivel de presión sonora registrado. Este diagnóstico fue clave para establecer estratégicamente los puntos de monitoreo, ubicándolos en sectores representativos de la dinámica vial y urbana, asegurando así la recolección de datos precisos y representativos del fenómeno acústico.
- El análisis de los niveles de ruido ambiental mediante el uso del sonómetro permitió establecer que varios puntos ubicados a lo largo de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30–E35, específicamente en el sector del Parque Industrial del cantón Ambato, superan los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, que fija un rango de 60 a 70 dB para zonas industriales y comerciales. Las mediciones realizadas durante el horario de 13:00 a 15:00 evidenciaron niveles que en algunos casos alcanzaron valores superiores a los 85 dB, atribuidos principalmente al flujo vehicular pesado. Estos datos se complementaron con encuestas ciudadanas que reflejan una alta percepción de molestia, afectaciones al descanso y posibles consecuencias en la salud auditiva, reafirmando la necesidad de aplicar medidas preventivas y correctivas.
- La simulación de la dispersión del ruido ambiental a través de mapas georreferenciados y modelaciones tridimensionales generadas en el software SoundPlan permitió identificar con precisión la propagación espacial de los niveles sonoros en el tramo de la Panamericana Norte, Troncal de la Sierra E30-E35, sector Parque Industrial. Estos modelos revelaron zonas críticas de alta exposición al ruido, principalmente en áreas cercanas a intersecciones y zonas de mayor concentración vehicular, evidenciando patrones de dispersión que varían según la topografía y las condiciones ambientales. La aplicación de esta tecnología facilitó la comprensión integral del fenómeno acústico y sentó las bases para diseñar propuestas de mitigación específica, orientada a reducir la contaminación sonora y proteger la salud pública.

## 14.2. Recomendaciones

- Se recomienda mantener y actualizar periódicamente el diagnóstico de las fuentes generadoras de ruido, considerando los cambios en la dinámica urbana y el crecimiento poblacional. Además, se sugiere incorporar evaluaciones multidimensionales que incluyan factores como la densidad vehicular por franja horaria, el tipo de vehículo y las condiciones del entorno físico. Esta información será fundamental para futuras acciones de planificación urbana, ordenamiento del tráfico y mitigación del impacto sonoro en zonas críticas, promoviendo una gestión territorial orientada al bienestar de la población.
- También se sugiere fortalecer el control y la regulación del tránsito vehicular pesado en el sector del Parque Industrial, estableciendo horarios específicos para el paso de camiones y vehículos de carga con el fin de disminuir los picos de ruido durante las horas críticas. Además, es fundamental optimizar el mantenimiento vial para reducir el ruido generado por el contacto neumático-pavimento y promover el uso de vehículos con sistemas de escape en óptimas condiciones. Se sugiere también implementar un sistema de monitoreo periódico de los niveles de ruido ambiental que permita detectar a tiempo las variaciones y tomar decisiones oportunas basadas en datos técnicos.
- Finalmente, se recomienda que las entidades responsables de la planificación urbana y ambiental utilicen las simulaciones tridimensionales como herramienta permanente para evaluar el impacto acústico en el sector y para planificar intervenciones específicas en las áreas identificadas como puntos críticos. Además, es aconsejable promover el diseño y aplicación de medidas estructurales y operativas, tales como la mejora del diseño vial, la regulación de la velocidad vehicular y la implementación de señalizaciones acústicas, que contribuyan a reducir la dispersión del ruido. La integración de estas acciones con un sistema de monitoreo continuo permitirá ajustar las estrategias de mitigación de manera dinámica y efectiva.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- (OMS), O. M. (19 de Enero de 2019). Environmental Noise Guidelines for the European Region. Obtenido de World Health Organization: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>
- AEMPPI-Ecuador. (Abril de 2018). Peligros del ruido y sus efectos en nuestra salud. Obtenido de ELSEVIER: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/actualidad-sanitaria/efectosnegativos-del-ruido-y-su-repercusion-en-nuestra-salud>
- AislamientosAcusticos. (18 de Octubre de 2016). Ejemplos típicos de ruidos. Tipología del ruido. Obtenido de Aislamientos Acusticos: <https://aislamientosacusticos.org/ejemplos-tipicos-de-ruidos-tipologia-del-ruido/>
- Alban, G. P., Arguello, A. E., & Molina, N. E. (1 de Julio de 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Obtenido de RECIMUNDO: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/860/1560?inline=1>
- ALLPE. (2019). ¿QUÉ SON LAS MEDICIONES ACÚSTICAS? Obtenido de ALLPE INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE : <https://www.allpe.com/acustica/ingenieriaacustica/mediciones-acusticas/que-son-las-mediciones-acusticas/>
- Álvarez, I. A., Martínez, J. M., Pérez, L. D., Figueroa, F. A., Mestre, J. d., & Llop, M. L. (Junio de 2017). Contaminación ambiental por ruido. Obtenido de SCielo: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1684-18242017000300024](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1684-18242017000300024)
- Ambiente, M. d. (2015). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Quito: Libro VI.
- Arcos, C. B., & Narvaez, R. P. (2014). Determinación de la Contaminación Acústica en la Zona Centro de la Ciudad de Ambato. Obtenido de DialNet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163758.pdf>
- Arcos, C. B., & Narváez, R. P. (Diciembre de 2020). Determinación de la Contaminación Acústica en la Zona Centro de la Ciudad de Ambato. *Ciencia Americana*, 1(1), 36-43.

- Obtenido de Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163758.pdf>
- Arcos, F. M., Rovalino, V. F., & Duque-Sarango, M. J. (3 de Julio de 2022). Análisis multitemporal de la contaminación urbana por ruido en el centro histórico de Cuenca - Ecuador. 8(3), 1414-1431. doi:<http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>
- Arias, E. R. (1 de noviembre de 2020). Investigación exploratoria. Obtenido de Ecomipedia: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-exploratoria.html>
- Audio, N. (Mayo de 2021). Fast, Slow and Impulse Time Weightings: What Do They Mean? Obtenido de NTi Audio: <https://www.nti-audio.com/en/support/know-how/fast-slowimpulse-time-weighting-what-do-they-mean>
- Bisquerra, R. (2020). Metodología de la investigación educativa. La Muralla.
- Borba. (2024). Mapas de ruido. ¿Qué son? ¿Para qué se usan? Obtenido de European Acustica: <https://www.europeanacustica.com/mapas-de-ruido-que-son-para-que-se-usan/>
- Burbero, C. A. (2020). Contaminación Ambiental por ruido y estrés en el Ecuador . Obtenido de PUCE y UCE: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/1106>
- Caballero, J. (2020). La nueva norma UNE-ISO 1996, partes 1 y 2. Obtenido de AECOR: <https://aecor.org/publicacion-nueva-norma-une-iso-1996-1-2-2/>
- Carpio, B. A., Cañarte, C. A., Veliz, C. I., Veliz, E., & Tapia, C. (2022). Contaminación Acústica De Los Ingresos A La Ciudad De Quevedo, Ecuador. ResearchGate, 76. doi:[https://doi.org/10.37811/cl\\_w815](https://doi.org/10.37811/cl_w815)
- CEDEX. (Agosto de 2021). Conceptos Basicos del Ruido Ambiental. Obtenido de Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas: <https://sicaweb.cedex.es/wpcontent/uploads/2021/08/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>
- Centeno, J. E., & Méndez, K. S. (4 de Ener de 2021). Evaluación de la contaminación acústica de la zona comercial de la ciudad de Ibarra, Ecuador. doi:<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10798>
- COA. (2017). El Código Orgánico del Ambiente (COA). Obtenido de Ministerio del Ambiente,

Agua y Transición Ecológica:

[https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)

Cohen, M. A., & Castillo, O. S. (2022). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Redalyc*, 32(1).  
doi:[https://www.redalyc.org/journal/312/31251073003/html/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.redalyc.org/journal/312/31251073003/html/?utm_source=chatgpt.com)

Construmatica. (19 de Noviembre de 2021). Tipos de Ruido. Obtenido de Construmatica:  
[https://www.construmatica.com/construpedia/Tipos\\_de\\_Ruido](https://www.construmatica.com/construpedia/Tipos_de_Ruido)

Cuesta, & Cobo. (2018). El ruido. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi:  
<https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/41922?page=4>

Davis, N., He, K., Lents, J., Liu, H., Osses, M., Tolvett, S., & Walsh, M. (2021). Estimación de Emisiones de Fuentes de la Calidad del Aire. Obtenido de Aqbook:  
<http://www.aqbook.org/read/?language=Spanish&page=74>

ECUADOR, C. D. (2015). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR DEL 2008. Obtenido de LEXIS:  
<https://www.cosedec.gob.ec/wpcontent/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DELECUADOR.pdf>

ESPOL. (2020). LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL):  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/49/LIBRO%20VI%20Anexo%205%20Ruido.doc>

Fao. (2012). LIMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES. Obtenido de Food and Agriculture Organization: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112184.pdf>

Gantuz, M. Á., & Peacock, I. (2016). SONÓMETRO GRAFICADOR EN TIEMPO REAL.

Obtenido de Universidad de Mendoza:

<https://www.um.edu.ar/ojs2019/index.php/FAI/article/view/798>

Gavilanes, J. M., Inga, O. D., Galindo, I. V., Saquicela, D. E., & Castillo, F. S. (2024).

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN URBANA POR EMISIONES SONORAS REGISTRADAS CON SONÓMETRO Y NODOS SENSORES. La Granja - Revista de Ciencias de la Vida, 40(2), 78-91. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.05>

Gilabert, R. D., Cabrera, C., Merino, C., Bentz, E., & Provasi, P. (2019). Sonido: Sonómetro analógico y composición de movimientos armónicos para la demostración en el aula.

Obtenido de Universidad Nacional del Nordeste: [https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/48258/RIUNNE\\_FACEN\\_A\\_AR\\_Gilabert-Cabrera-Merino.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/48258/RIUNNE_FACEN_A_AR_Gilabert-Cabrera-Merino.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Hecker, J. (2021). Investigación Cuantitativa. Obtenido de ATLAS: <https://atlasti.com/es/research-hub/investigacion-cuantitativa>

Hernández, A. (25 de Abril de 2024). Contaminación acústica. Obtenido de WebConsultas: <https://www.webconsultas.com/belleza-y-bienestar/medioambiente/niveles-de-ruidode-tu-entorno>

INEC. (2010). Fascículo Provincial Tungurahua. En Datos Adicionales (pág. 8).

Administracion Central de Quito-Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Jaymee-lee. (13 de Abril de 2020). ¿Cuáles son los 4 tipos de ruido? Obtenido de Cirrus Research plc: <https://cirrusresearch.com/es/4-tipos-diferentes-de-ruido/>

Lema, E. V., & Carrillo, P. K. (Agosto de 2022). “DETERMINACION DEL RUIDO AMBIENTAL EN DOS ZONAS DEL CANTÓN LATACUNGA; ZONA 1 (TERMINAL TERRESTRE), ZONA 2 (MERCADO MAYORISTA), DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI. PROPUESTA DE CONTROL AL RUIDO AÑO 2022”.

Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi: <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ae716f05-5b6c-4d0b-a772-3b974fa739bb/content>

- Loaiza, S. E. (Mayo de 2017). Monitoreo del ruido ambiental en la ciudad de Cuenca. Obtenido de Universidad del Azuay :  
<https://ierse.uazuay.edu.ec/libropublicaciones/Ruido+2015-2016.pdf>
- Londoño, C. A., & Fernández, A. E. (2022). PROTOCOLO PARA MEDIR LA EMISIÓN DE RUIDO GENERADO POR FUENTES FIJAS. SCielo, 10(8), 51-60. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v10n18/v10n18a06.pdf>
- Lopez, A. D., & Velasco, B. (2022). Estudio de ruido ambiental en una zona urbana del centro. Obtenido de Universidad central del Ecuador:  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25731/1/UCE-FIGEMPA-CIA-BUENA%C3%91O%20ALEXANDER-ROBLES%20GEANELA.pdf>
- MAATE. (04 de noviembre de 2015). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- MAATE. (29 de Abril de 2020). El ruido: un contaminante ambiental que afecta la salud de las personas y de la naturaleza. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica: <https://www.ambiente.gob.ec/el-ruido-un-contaminante-ambiental-queafecta-la-salud-de-las-personas-y-de-la-naturaleza/>
- MAE. (2015). Registro Oficial del Acuerdo 097-A. Obtenido de Ministerio del Ambiente : [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- MAE. (4 de Noviembre de 2015). REGISTRO OFICIAL-Tecnicas de control y seguimiento. Obtenido de Ministerio del Ambiente : [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- Measurement, B. &. (2023). Tipos de Ruido. Obtenido de Control de Ruido: <https://www.controlderuido.com.ar/tipos-de-ruidos>

- Minera, S. (25 de Enero de 2013). Reducción y control del ruido. Obtenido de Revista Seguridad Minera : <https://revistaseguridadadminera.com/salud-ocupacional/reducciony-control-del-ruido/>
- MMA. (2020). ¿Qué son las fuentes móviles de emisiones contaminantes? Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente: <https://fuentesmoviles.mma.gob.cl/que-son-lasfuentes-moviles-de-emisiones-contaminantes/>
- MMAC. (2023). Actualización Mapa de Ruido del Gran Santiago Urbano. Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente Chile: <https://ruido.mma.gob.cl/mapas-de-ruido/>
- Mróz, M. (4 de Mayo de 2024). Sonometro-¿que es y para qué sirve? Obtenido de Studylib: [https://botland.store/blog/sonometer-what-is-it-and-what-is-it-usedfor/?utm\\_source=chatgpt.com](https://botland.store/blog/sonometer-what-is-it-and-what-is-it-usedfor/?utm_source=chatgpt.com)
- Murillo, D. (20 de Febrero de 2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación . Obtenido de Universidad de San Buenaventura: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/2808/2502>
- Navarrete, L. Y. (2021). Evaluación de ruido ambiental en las avenidas Universitaria y Túpac Amaru en el distrito de Comas, Lima, 2020. Obtenido de Universidad Continental: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11354/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Chanduvi\\_Navarrete\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11354/1/IV_FIN_107_TE_Chanduvi_Navarrete_2021.pdf)
- NT003. (Marzo de 2020). NORMA TECNICA PARA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO (NT003). Obtenido de ChavezSolutions: <https://chavezsolutions.com/wp-content/uploads/2020/03/8.-NT003.pdf>
- Núñez, L. T. (04 de Noviembre de 2015). Acuerdo 097-A - Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria. Obtenido de vLEX: <https://vlex.ec/vid/reformese-textounificado-legislacion-645825397>
- Otxotorena, A. A. (26 de Agosto de 2024). Los daños físicos que nos provoca el ruido constante (y qué pueden hacer las ciudades para mitigarlo). Obtenido de BBC News Mundo : <https://www.bbc.com/mundo/articles/cr5nd42jz0jo>

- Peris, E. (Marzo de 2020). La contaminación acústica es un problema importante, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Obtenido de Environmental information systems: <https://www.eea.europa.eu/es/articulos/la-contaminacion-acustica-es-un>
- Puyana-Romero, V., Cueto, J. L., Ciaburro, G., Bravo-Moncayo, L., & 2, R. H.-M. (2022). Community Response to Noise from Hot-Spots at a Major Road in Quito (Ecuador) and Its Application for Identification and Ranking These Areas. *International Journal of Enviromental Rasearch and Public Health*, 19(3).  
doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph19031115>
- REYES, A. D. (22 de Diciembre de 2020). EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO GENERADO POR EL TRÁFICO MEDIANTE MONITOREO AMBIENTAL EN LA AVENIDA MACHALA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. Obtenido de UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR:  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BETANCOURT%20REYES%20DAVID%20AL%20EXANDER%20\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BETANCOURT%20REYES%20DAVID%20AL%20EXANDER%20(1).pdf)
- Rodríguez, M. M. (2020). Estudios acústicos: fuentes de ruido y condiciones de propagación del sonido . Obtenido de INERCO Acustica:  
<https://www.inerco.com/blog/estudiosacusticos-fuentes-de-ruido-y-condiciones-de-propagacion-del-sonido/>
- ROMAN, K. R. (2018). Contaminación acústica y su influencia en la calidad de vida de los ciudadanos de Loja y la calidad de vida de los ciudadanos de Loja y la . Obtenido de UNIVERSIDAD DE LOJA:  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20418/1/Katty%20Rosa%20Casta%20B1eda%20Roman.pdf>
- Sampieri, H., Mendoza, & Fernández. (2021). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. 7. doi:McGraw-Hill
- Sapiens. (2021). Método Comparativo. Obtenido de Metodología Sapiens:  
<https://metodologiasapiens.com/metodos/metodo-comparativo/>
- Saracho, J. M. (2017). Clasificación de las Fuentes Fijas y Móviles. Obtenido de Universidad

Autónoma Juan Misael Saracho:

[https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=13744](https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?explnum_id=13744)

Scott, B. (Enero 25 de 2019). ¿Qué son los decibelios, la escala de decibelios y las unidades de medida de ruido? Obtenido de Pulsar Instruments Plc:

<https://pulsarinstruments.com/es/noticias/que-son-los-decibelios-la-escala-de-decibelios-y-las-unidades-de-medida-de-ruido/>

Suárez, E. (9 de Febrero de 2024). Método inductivo y deductivo. Obtenido de Experto Universitario: <https://expertouniversitario.es/blog/metodo-inductivo-y-deductivo/>

UNE. (21 de Octubre de 2020). Acústica Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora. Obtenido de Normalización Española: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma?c=N0064811>

UNIZAR. (2023). Ruido, Definiciones. Obtenido de Universidad Zaragoza: <https://uprl.unizar.es/higiene-industrial/ruido-definiciones>

Vásquez, C. R. (Noviembre de 2018). “SISTEMA DE MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL PARA EL CASCO CENTRAL DE LA CIUDAD DE AMBATO”.

Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3c15445d-f77c-4cec-bac9-1ba2a0516cb4/content>

Velastegui-Montoya, A., Guerrero-Cabrera, G., González-Camba, S., Jaramillo-Lindao, Y., Murillo-Portillo, R., Hidalgo-Crespo, J., & Encalada-Abarca, L. (2023). Evaluación de la contaminación acústica durante la transición entre las restricciones por COVID-19 y la reactivación: Un análisis exploratorio en Guayaquil. *ScienceDirect*, 4(2), 138-149. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.02.001>

Zhou, Wang, & Liu. (2020). A new pyramidal concatenated CNN approach for environmental sound classification. *Science Direct*, 170(1), 7-20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107520>

