

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

INFORME FINAL

CONTRATO N°: 641 DE 2021

**ELABORAR UN DIAGNÓSTICO DE RUIDO AMBIENTAL DEL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ QUE INCLUYA UN PLAN DE
DESCONTAMINACIÓN ACÚSTICA**

CONTRATANTE:

ALCALDÍA DE FACATATIVÁ

EJECUTOR:

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

22 DE DICIEMBRE DE 2021

BOGOTÁ D.C

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

ELABORAR UN DIAGNÓSTICO DE RUIDO AMBIENTAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ QUE INCLUYA UN PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Ejecuta

Unión temporal UT Ruido Facatativá

Director del Proyecto

Edgar Ignacio Bautista Gamboa - Ingeniero Industrial

Equipo de trabajo

Johanna Alexandra Espinosa – Ingeniera Ambiental y Sanitaria

- Director general

Cristhian Perdomo Romero - Ingeniero de Sonido - Coordinador de estudios

Emerson Santiesteban Muriel - Tecnólogo en Gestión Ambiental

- Jefe de muestreos

Supervisión

Olga Aída Sánchez Sáenz

Katherine Contreras

Fecha y ciudad

Diciembre de 2021, Bogotá D.C. Colombia.

Nota de derechos reservados

Está prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación y mucho menos para fines comerciales. Para utilizar información contenida en ella se deberá citar fuente.

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	8
2. Abstract	9
3. Resumen Ejecutivo.....	10
4. Objetivos	11
4.1 Objetivo general	11
4.2 Objetivos específicos	11
5. Glosario	11
6. Antecedentes	14
7. Marco Teórico	18
7.1 Generalidades de acústica.....	18
7.2 Características de una onda	18
7.3 Fenómenos de propagación del sonido	19
7.4 Cualidades del sonido.....	19
7.5 Percepción del sonido:.....	20
7.6 Anatomía del oído:	21
7.7 Tipos de ruido.....	21
7.8 Tipos de Fuentes	22
7.9 Equipos de medición de ruido	23
7.10 Vías de propagación	23
7.11 Efectos del ruido en la salud humana.....	24
7.11.1 Hipoacusia	25
7.11.2 Trastornos del sueño.....	25
7.11.3 Efectos sobre las funciones fisiológicas	26
7.11.4 Interferencia en la comunicación oral	27
7.11.5 Efectos sobre la audición.....	27
7.12 Niveles de exposición al ruido máximos recomendados.....	28
7.13. Aislamiento, apantallamiento y silenciadores.....	28
7.13.1. Aislamiento acústico.....	28
7.13.2. Pantallas acústicas.....	29
7.13.3. Silenciadores.....	29
8. Marco legal.....	29
8.1 Normatividad a nivel nacional	29

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

8.2 Normatividad a nivel internacional	34
9. Plan de trabajo y desarrollo de la metodología	36
9.1 Caracterización del municipio	37
9.1.1 Localización.....	37
9.1.2 Demografía.....	37
9.1.3 Población	37
9.1.4 Climatología	39
9.1.5 Temperatura.....	39
9.1.6 Precipitación	40
9.1.7 Lluvia.....	41
9.1.8 Sol.....	42
9.1.9 Humedad.....	43
9.1.10 Viento	44
9.2 Identificación de fuentes y actividades generadoras de ruido.....	46
9.2.1 Caracterización del ruido ambiental.....	46
9.3 Instrumentación y equipos de medición.....	47
9.4 Formatos de campo	54
9.5 Procesamiento de información	55
9.5.1. Cálculos y correcciones	55
9.5.2. Corrección por tonalidad	56
9.5.3. Corrección por impulsividad	58
9.6. Selección de puntos de monitoreo	59
9.7 Identificación de puntos monitoreados.....	62
10. Resultados y análisis.....	72
10.1 Caracterización del tráfico vehicular del municipio	78
10.1.1 Procedimiento para la realización de los aforos vehiculares	78
10.1.2 Aforos vehiculares consolidados	78
10.2 Evaluación normativa de niveles de ruido ambiental	82
10.3 Evaluación normativa por uso de suelo	89
10.3.1 Sector B – Tranquilidad y Ruido Moderado - Residencial	89
10.3.2 Sector C – Ruido intermedio restringido - Comercial.....	94
10.3.3 Sector D – Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido – Rural	98
11. Plan de descontaminación acústica	102

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

11.1 Programas de descontaminación por ruido.....	105
12. Conclusiones y Recomendaciones.....	143
14. Bibliografía.....	147
15. Anexos.....	150

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Emisión de Ruido	31
Tabla 2. Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental.....	32
Tabla 3. Definición de etapas de ejecución del proyecto.	36
Tabla 4. Datos demográficos	37
Tabla 5. Puntos de monitoreo priorizados.	60
Tabla 6. Puntos de medición.	63
Tabla 7. Niveles de ruido ambiental promedio consolidados.....	72
Tabla 8. Datos estadísticos - Niveles consolidados en Facatativá en Dia hábil	76
Tabla 9. Datos estadísticos - Niveles consolidados en Facatativá en Dia no hábil	77
Tabla 10. Aforo vehicular consolidado.	79
Tabla 11. Niveles normativos corregidos $L_{RAeq,T}$	82
Tabla 12. Relación entre niveles diurnos y nocturnos, según estándares máximos permisibles indicados en la Resolución 0627 de 2006.....	87
Tabla 13. Puntos críticos de ruido ambiental	101
Tabla 14. Ficha: Gestión urbana y del transporte: Conservación y mantenimiento del pavimento	108
Tabla 15. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Identificación y control de vehículos ruidosos.....	110
Tabla 16. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Reducir el volumen de tráfico	112
Tabla 17. Ficha: Acciones acústicas para el tráfico vehicular – Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad	115
Tabla 18. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana.....	116
Tabla 19. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Educación Conductores y Actores en Movilidad	119
Tabla 20. Ficha: Acciones acústicas para la comunidad – Difusión y sensibilización contra el ruido	121
Tabla 21. Ficha: Acciones acústicas de Participación Ciudadana – Educación (población infantil y sector educación).....	123
Tabla 22. Ficha: Acciones acústicas de Participación Ciudadana – Fomento de la participación ciudadana contra la contaminación acústica.....	125
Tabla 23. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios– Verificar emisiones acordes a normativas nacionales	127

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

Tabla 24. Ficha: Acciones acústicas Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Implementación de sistemas de control de ruido.....	129
Tabla 25. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Diseño de protocolos y buenas prácticas en contra del ruido.....	131
Tabla 26. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Consolidación de áreas y zonas productivas	133
Tabla 27. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Planificación del uso del suelo	135
Tabla 28. Ficha: Zonas de conflicto – Difusión y sensibilización contra el ruido	137
Tabla 29. Ficha: Zonas de Conflicto – Generación de mesas de participación ciudadana contra la contaminación acústica.....	139
Tabla 30. Ficha: Zonas de conflicto– Evaluación de emisiones normativas.....	141

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Normatividad a nivel nacional	30
Figura 2. Equipo de monitoreo Casella CEL-240.	48
Figura 3. Equipo de monitoreo Norsonic Nor140	49
Figura 4. Equipo de monitoreo Solo 01 dB.	50
Figura 5. Equipo de monitoreo SVANTEK 977	51
Figura 6. Equipo de monitoreo SVANTEK 971.	52
Figura 7. Termo- Higo - Anemómetro Extech.....	53
Figura 8. Formato de registro de las mediciones de ruido ambiental.....	54
Figura 9. Formato de registro de aforo vehicular	55
Figura 10. Ubicación de puntos de Monitoreo – Google Earth.....	62
Figura 11. Niveles de ruido para evaluación normativa en Día Hábil.	85
Figura 12. Niveles de ruido para evaluación normativa en Día No Hábil.....	86
Figura 13. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Diurno en Días hábil y no hábil.....	90
Figura 14. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Nocturno en Días hábil y no hábil.	91
Figura 15. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Diurno en Días hábil y no hábil.....	95
Figura 16. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Nocturno en días hábil y no hábil.	96
Figura 17. Evaluación de puntos dentro del sector D, tanto en la franja diurna como nocturna, con base en los valores obtenidos en horario hábil y no hábil.	99
Figura 18. Evaluación de puntos dentro del sector D – Periodo Nocturno, día hábil y no hábil.	100

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

LISTADO DE GRAFICAS

Grafica 1. Población desagregada por sexo.....	38
Grafica 2. Población desagregada por área	38
Grafica 3. Resumen del clima.....	39
Grafica 4. Temperatura máxima y mínima promedio	40
Grafica 5. Probabilidad diaria de precipitación	41
Grafica 6. Precipitación lluvia mensual promedio	42
Grafica 7. Horas de luz natural y crepúsculo.....	42
Grafica 8. Salida y puesta de sol.....	43
Grafica 9. Comodidad de la humedad	44
Grafica 10. Velocidad del viento.....	45

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1 – Frecuencia.....	18
Ecuación 2 – Velocidad del sonido	19
Ecuación 3 - Intensidad acústica	20
Ecuación 4- Calculo del nivel equivalente resultante de la medición	56
Ecuación 5 – ‘Determinación de corrección por tonalidad	57
Ecuación 6 – ‘Determinación de corrección por impulsividad	58
Ecuación 7 - Calculo de correcciones de nivel.....	59

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

1. Introducción

La Alcaldía Municipal de Facatativá como entidad encargada de establecer políticas y disposiciones para prevenir la contaminación atmosférica originada por el parque automotor, las industrias y demás actividades que contribuyan a la generación de ruido ambiental, así como lo señalado en el artículo 25 de la Resolución 0627 de 2006, donde se define que las autoridades ambientales, deben establecer y ejecutar planes de descontaminación por ruido, que sirvan como soporte e insumo técnico en la elaboración, desarrollo y actualización de los planes de ordenamiento territorial; ha decidido contratar la elaboración del plan de descontaminación de ruido, dando aplicación a las normas técnicas y ambientales relacionadas, a fin de tener en cuenta sus resultados para la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial. Dicho producto permite el cumplimiento de uno de los fines esenciales previstos para los entes territoriales del orden municipal, definidos en el Artículo 311 de la constitución política nacional, para dar cumplimiento a las funciones dispuestas en el acto de creación, según la ley 136 de 1994 y la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

El presente estudio ha sido ejecutado por la UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ, mediante la formalización del CONTRATO N° 641 DE 2021 cuyo objeto fue: “ELABORAR UN DIAGNÓSTICO DE RUIDO AMBIENTAL DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ QUE INCLUYA UN PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ACÚSTICA”, como una herramienta básica para la toma de decisiones referentes a la organización del territorio, la definición de políticas y normas ambientales, el conocimiento en general de la problemática y la aplicación de estrategias de prevención, vigilancia y control tanto para las zonas afectadas por contaminación acústica como para las que aún no presentan dichos impactos.

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

2. Abstract

La Alcaldía de Facatativá definió la implementación del plan de descontaminación, para formular acciones encaminadas a adoptar las medidas preventivas, correctivas y de seguimiento adecuadas para garantizar un ambiente libre de ruidos para la población.

Para el cumplimiento del objeto contractual se diseñó y presentó un plan de trabajo operativo, el cual fue aprobado por la supervisión del contrato, donde se contemplaron las actividades requeridas en la elaboración del plan de descontaminación, generando como producto final un documento que consolida el desarrollo de las actividades del proyecto.

Como parte fundamental del estudio, se realizaron monitoreos de ruido ambiental para el día y en la noche, por períodos semanales y domingos, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 0627 de 2006, para evaluar resultados obtenidos con los máximos permisibles de acuerdo con los usos de suelo y horarios de operación.

Asimismo, se formuló el plan de descontaminación acústica para el desarrollo de acciones de prevención, seguimiento y control de los impactos evaluados, con el fin de encaminar acciones que de manera progresiva permitan el alcance de los objetivos normativos en materia de ruido.

The Facatativá Mayor's Office defined the implementation of the decontamination plan, to formulate actions aimed at adopting adequate preventive, corrective and follow-up measures to guarantee a noise-free environment for the population.

For the fulfillment of the contractual object, an operational work plan was designed and presented, which was approved by the supervision of the contract, where the activities required in the preparation of the decontamination plan were contemplated, generating as a final product a document that consolidates the development of the project activities.

As a fundamental part of the study, environmental noise monitoring was carried out during the day and at night, for weekly periods and Sundays, in accordance with the provisions of Resolution 0627 of 2006, to evaluate results obtained with the maximum permissible in accordance with the land uses and hours of operation.

Likewise, the acoustic decontamination plan was formulated for the development of prevention, monitoring and control actions of the evaluated impacts, in order to direct actions that progressively allow the achievement of the normative objectives in the matter of noise.

3. Resumen Ejecutivo

La Alcaldía Municipal de Facatativá definió la realización del plan de descontaminación acústica, con el fin de formular acciones encaminadas a la adopción de medidas preventivas, correctivas y de seguimiento adecuadas para garantizar un ambiente sin contaminación acústica que permita garantizar la salud auditiva de la población y el cuidado del medio ambiente.

Para el desarrollo de los alcances del proyecto, se procedió a realizar monitoreos de ruido ambiental en el horario diurno y nocturno en días hábiles y no hábiles (Domingos y festivos), bajo las definiciones de la Resolución 0627 de 2006 del MADS, con el fin de calcular los niveles de ruido ambiental normativos en cada punto de evaluación y comparar dichos valores con los estándares máximos permisibles, de acuerdo con los usos de suelo predominantes en el municipio; permitiendo la identificación de puntos críticos de ruido, para la priorización de acciones de control que permitan la mitigación de los impactos acústicos evaluados.

El presente documento tuvo como objetivo, la realización de un análisis del ruido ambiental en el municipio de Facatativá, debido a la creciente expansión demográfica y urbana, donde la calidad de vida de los habitantes se puede ver impactada de manera negativa por los aportes de ruido de las fuentes presentes en los entornos de análisis, tales como el tráfico vehicular, las actividades comerciales e industriales, entre otras.

El producto obtenido permitirá evaluar zonas afectadas por la contaminación acústica y contribuir con la profundización en conocimientos teóricos y técnicos sobre la problemática acústica del municipio y así como establecer acciones de mejora para el ambiente acústico existente, partiendo de la capacitación de la población y la formulación de acciones de seguimiento y control, sobre las principales fuentes de ruido analizadas.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Elaborar un diagnóstico de ruido ambiental del área urbana del municipio de Facatativá que incluya un plan de descontaminación acústica de acuerdo con la normatividad vigente, formulando acciones y planes de control para las zonas críticas identificadas.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales fuentes de ruido que contribuyen con el aumento de presión sonora en el municipio de Facatativá
- Realizar mediciones de ruido ambiental del área urbana del municipio de Facatativá, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Resolución 0627 de 2006 del MADS.
- Caracterizar y evaluar los niveles de ruido ambiental en el área urbana del municipio de Facatativá.
- Definir estrategias y planes de acción para la reducción de ruido de las diferentes fuentes de contaminación encontradas para el área urbana del municipio de Facatativá.

5. Glosario

- **Acústica:** Rama de la ciencia que trata de las perturbaciones elásticas sonoras. Originalmente aplicada sólo a los sonidos audibles.
- **Ajuste (de un instrumento de medición):** Operación destinada a poner un instrumento de medición en estado de funcionamiento adecuado para su uso. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.
- **Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de

medición o valores representados por una medida materializada o un material de referencia y los correspondientes valores reportados por patrones.

- **Campo sonoro:** Es la región del espacio en las que existen perturbaciones elásticas.
- **Contaminación por ruido:** Cualquier emisión de sonido que afecte adversamente la salud o la seguridad de los seres humanos, la propiedad o el disfrute de la misma.
- **Db(A):** Unidad de medida de nivel sonoro con ponderación frecuencial (A).
- **Decibel (dB):** Décima parte del Bel, razón de energía, potencia o intensidad que cumple con la siguiente expresión: $\text{Log } R=1\text{dB}/10$.
- **Emisión de ruido:** Es la presión sonora que, generada en cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público.
- **Frecuencia (f) (Hz):** En una función periódica en el tiempo, es el número de ciclos realizados en la unidad de tiempo ($f = c/s$). La frecuencia es la inversa del período. La unidad es el Hertzio (Hz) que es igual a 1/S.
- **Índices de ruido:** Diversos parámetros de medida cuya aplicación está en función de la fuente productora del ruido y el medio donde incide. Ejemplos: L_{eq} , L_{10} , L_{90} , TNI.
- **L_{eq} :** Nivel sonoro continuo equivalente, es el nivel en dB(A) de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T.
- **Mapas de ruido:** Se entiende por mapa de ruido, la representación de los datos sobre una situación acústica existente o pronosticada en función de un indicador de ruido, en la que se señala la superación de un valor límite, el número de personas afectadas en una zona dada y el número de viviendas, centros educativos y hospitales expuestos a determinados valores de ese indicador en una zona determinada.

- **Medio ambiente:** Es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.
- **Nivel (L):** En acústica, la incorporación del término Nivel a una magnitud, quiere decir que se está considerando el logaritmo decimal del cociente del valor de la magnitud con respecto a otro valor de esta, tomado como referencia.
- **Norma:** Solución que se adopta para resolver un problema específico, así la norma es una referencia respecto a la cual se juzgará un tema específico o una función y es el resultado de una decisión colectiva y razonada. La NORMA es un documento resultado del trabajo de muchas personas por mucho tiempo y la NORMALIZACION es la actividad conducente a la elaboración, aplicación y mejoramiento de las normas.
- **Norma de emisión de ruido:** Es el valor máximo permisible de presión sonora, definido para una fuente, por la autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de ruido ambiental.
- **Norma de ruido ambiental:** Es el valor establecido por la autoridad ambiental competente, para mantener un nivel permisible de presión sonora, según las condiciones y características de uso del sector, de manera tal que proteja la salud y el bienestar de la población expuesta, dentro de un margen de seguridad.
- **Pascal (Pa):** Unidad de presión en el sistema MKS equivalente a: $1 \text{ Newton} / \text{m}^2 = 10 \text{ barias}$.
- **Pistófono:** Es una pequeña cavidad provista de un pistón con movimiento de vaivén y desplazamiento medible, que permite establecer una presión conocida en el interior de la cavidad. Generalmente utilizado para efectuar calibraciones de sonómetros.
- **Receptor:** Persona o grupo de personas que están o estarán expuestas a Ruido Ambiental.

- **Ruido acústico:** Sonido no deseado por el receptor que le molesta para escuchar el sonido que le interesa, o ninguno.
- **Simulación acústica:** utilización de modelos informáticos para predecir los niveles futuros de ruido y el comportamiento de elementos aislantes y estructurales.
- **Sonido:** Sensación percibida por el órgano auditivo, debida generalmente a la incidencia de ondas de comprensión (longitudinales) propagadas en el aire. Por extensión se aplica el calificativo del sonido, a toda perturbación que se propaga en un medio elástico, produzca sensación audible o no.
- **Sonómetro:** Es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.

6. Antecedentes

Actualmente el ruido en las ciudades modernas es muy común debido a la interacción de las actividades productivas, las cuales emplean fuentes generadoras de ruido, como los son equipos, maquinaria, sistemas de transporte, entre otras; las cuales han derivado en la generación de ambientes con altos niveles de ruido, donde las personas y las comunidades, se han ido adaptando, sin estimar las graves consecuencias que estos impactos pueden generar en el mediano y largo plazo sobre la capacidad auditiva de las personas. Las autoridades internacionales en salud, en cabeza de la Organización Mundial de la Salud (OMS), coinciden en que la contaminación acústica presente en los espacios urbanos puede incidir negativamente en la calidad de vida, el bienestar y la salud de las personas; dependiendo específicamente de las características de exposición y de las fuentes generadoras del ruido que se encuentran en diferentes entornos de evaluación.

A partir del reconocimiento de esta realidad, la física y la medicina han orientado sus investigaciones a determinar las repercusiones en los individuos expuestos a diferentes niveles de presión sonora, relacionando los parámetros medidos con sus efectos biológicos y fisiológicos generados en las personas.

Con base en investigaciones serias y de alto rigor científico, se sabe que son muchos los efectos en la salud humana atribuibles al ruido, incluyendo entre estos: afecciones fisiológicas, como la pérdida progresiva de la audición, cefaleas crónicas, trastornos de la presión arterial y del ritmo cardíaco, así como la posibilidad de sufrir infartos, la interferencia en la comunicación oral, las alteraciones del sueño, el estrés e irritabilidad y posibles daños psicofisiológicos sobre la salud mental, como alteraciones en la conducta y la disminución de la capacidad de concentración, aprendizaje y rendimiento. En las Guías para el Ruido Urbano (Guidelines for Community Noise) publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se describen en detalle las consecuencias de la contaminación acústica para la salud.

Como parte de la responsabilidad de las entidades gubernamentales, las diferentes corporaciones de ambiente y desarrollo sostenible han desarrollado estudios del ruido presente en las ciudades con más de 100.000 habitantes, de acuerdo con las especificaciones de la Resolución 0627 de 2006 del MADS; la cual establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio de Colombia. Entre los principales estudios desarrollados en ciudades del País, se encuentran:

- En los municipios de Funza y Fusagasugá, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) contrató la actualización de los mapas de ruido y la elaboración de los planes de descontaminación de los municipios mediante el contrato de consultoría N° 2075 de 2019. En este contrato se determinaron las zonas críticas de contaminación sonora de los municipios, definiendo acciones y planes de prevención y

mitigación centrados en la gestión del tráfico vehicular, la comunidad y los sectores de la industria, el comercio, ocio y diversión.

- En el año 2016, La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, desarrollo el plan de plan de prevención y descontaminación por ruido en el municipio de Caucasia, mediante el contrato: CN-1609-86 de 2016; en el cual se formularon acciones para la mitigación del ruido, mediante programas de educación ambiental en la comunidad y el sector comercial, así como la ejecución de controles de ruido en vías, espacio público, sector comercial y acciones de coordinación interinstitucional.
- La Corporación Autónoma Regional del Caldas en el año 2015 desarrollo el proyecto de mediciones de ruido ambiental y elaboración del plan de descontaminación por ruido para el municipio de Villamaría, Caldas, mediante el contrato: 159 – 2015; en el cual se establecieron cuatro niveles estratégicos de acción, centrados en el tráfico vehicular, usos y costumbres de la ciudadanía, modelo sector industria y el modelo de comercial, ocio y diversión.
- En el año 2017, se emite el Plan de Mejora del Ambiente Sonoro del Municipio de Santiago de Cali 2015-2019, el cual se elaboró como parte del Convenio de Asociación CVC No. 130 de 2017 celebrado entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC – y la Pontificia Universidad Javeriana – Cali; en el cual se establece los planes de acción para el municipio, definiendo los programas de: Vigilancia sanitaria y ambiental acústica, fomento y extensión del conocimiento frente al ruido, coordinación interinstitucional y planificación territorial para la mitigación de ruido 25%, así como acciones específicas de control y seguimiento a establecimientos de comercio, eventos masivos, capacitación a infractores, diligencias de conciliación, control a fuentes móviles, entre otras.

Respecto a los antecedentes específicos del municipio de Facatativá, se presentan los siguientes estudios de ruido realizados:

- En el año 2018, se realizó la actualización del mapa de ruido del municipio de Facatativá, dándose aplicación a las normas técnicas y ambientales relacionadas con el tema y elaboración de su respectivo plan de descontaminación de ruido, mediante el contrato N°: N° 1890-2017; en el cual se desarrollaron los mapas de ruido para los días Ordinarios y Dominicales, en los horarios: Diurno y Nocturno, así como el establecimiento de lineamientos para la gestión del control del ruido, centradas en: vigilar en el cumplimiento de los códigos policía y tránsito, realizar periódicamente campañas de concientización, incluir como insumo al ordenamiento del territorio los mapas de ruido y fortalecer las operaciones de seguimiento de ruido ambiental en Facatativá; obteniéndose como principal conclusión del estudio, que de los 124 puntos de medición, se presentan un incumplimiento en el 83% en el total de las mediciones realizadas.
- En el año 2009, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) contrató el desarrollo del mapa de ruido del municipio de Facatativá, en el cual se desarrollaron mediciones de ruido en 20 puntos de análisis, identificando fuentes y caracterizando las zonas de medición, obteniendo mapas de ruido en los periodos y días evaluados; indicándose en la conclusiones que en general los niveles de ruido en el horario diurno se encuentran entre 52 dB(A) y 78 dB(A), con un incumplimiento en el 70% sobre los sectores evaluados, así como niveles de ruido entre 40 dB(A) y 77 dB(A) en el horario Nocturno, evidenciándose los mayores niveles de ruido en el suroccidente de la ciudad, con un incumplimiento con respecto al sector del 90%.

7. Marco Teórico

7.1 Generalidades de acústica.

De acuerdo con Parrondo (2006) cuando en un medio como el aire se produce una perturbación que cambia la posición de equilibrio de las partículas, dicha perturbación se propaga y puede ser percibida por el oído humano y este fenómeno se define como sonido. Por definición, el ruido es un sonido no deseado o molesto, que es contrario a la definición del sonido, el cual se asocia con una sensación auditiva agradable. Puede decirse que el sonido es un tipo de alteración física en un medio (gas, líquido o sólido), que puede ser detectada por el oído humano. Se suele aplicar la denominación de ruido a aquellos sonidos desagradables o no deseados. El medio por el que viajan las ondas sonoras debe poseer masa y elasticidad, por tanto, las ondas sonoras no se propagan en el vacío.

7.2 Características de una onda

- **Periodo (T):** Corresponde al tiempo (en segundos) en el que la onda completa un ciclo entero de su movimiento.
- **Frecuencia (f):** Son el número de oscilaciones que efectúa la onda en un segundo, donde su unidad son los Hercios (Hz) y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f = \frac{1}{T}$$

Ecuación 1 – Frecuencia

- **Amplitud (A):** Corresponde a la máxima posición partiendo desde el equilibrio hasta llegar a la cresta de la onda sonora.
- **Longitud de onda (λ):** Se define como la distancia entre dos puntos o posiciones consecutivas de la onda sonora, cuya unidad de medida es en metros y exprese mediante la letra griega Lambda (λ).

- **Velocidad (v):** Es la velocidad de propagación de la onda en el medio, siendo constante y se define mediante la siguiente ecuación:

$$V = \sqrt{B/\delta}$$

Ecuación 2 – Velocidad del sonido

7.3 Fenómenos de propagación del sonido

- **Absorción:** Corresponde a la incidencia de la onda sonora sobre un material que disipa la energía acústica debido a las pérdidas producidas por rugosidades y porosidades.
- **Difracción:** Se presenta cuando la onda pasa cerca de un obstáculo o a través de un orificio, experimentando un cambio de curvatura de su propagación.
- **Reflexión:** Es el cambio de dirección que experimenta una onda cuando choca con un obstáculo.
- **Refracción:** Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro, experimentando un cambio en la velocidad de propagación.
- **Transmisión:** Cuando una onda incide sobre una pared, parte de la onda es transmitida al otro lado.
- **Reverberación:** Es la persistencia del sonido en un ambiente debido a la energía de los modos y de las reflexiones, la cual decae gradualmente después de que se ha cesado de emitir sonido la fuente de excitación.

7.4. Cualidades del sonido

- **Intensidad:** Es la característica que permite al oído distinguir entre los sonidos fuertes y los sonidos débiles o que tan cerca o lejos está una fuente sonora. Sus unidades son potencia por unidad de área ($W \cdot /m^2$).

$$i(t) = P(t) * U(t)$$

Ecuación 3 - Intensidad acústica

Dónde:

I (t): Vector intensidad sonora

P (t): Presión sonora

Ū (t): Vector velocidad de las partículas en movimiento.

- **Tono o altura:** Es la característica del sonido por el cual una persona distingue los sonidos graves de los agudos. Está relacionado con la frecuencia del sonido: cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo es el sonido y si la frecuencia es baja, el tono es grave.
- **Timbre:** Es la cualidad que tienen dos objetos que emiten simultáneamente sonidos del mismo tono o intensidad de ser distinguidos el uno del otro. El número de variaciones de la presión por segundo es lo que se llama frecuencia del sonido, y se mide en Hercios (Hz). Cada frecuencia de un sonido produce un tono distinto.

7.5 Percepción del sonido:

El espectro normal de audición para un adulto joven sano va desde 20 Hz a 20.000 Hz (ó 20 KHz). Los niveles de ruido se miden en decibelios dB y se ponderan mediante curvas de ajuste frecuencial, de acuerdo con el tipo de respuesta requerida y el análisis acústico deseado. La curva de ponderación frecuencial A corresponde con el ajuste de la precepción del oído humano, el cual presenta una mayor sensibilidad a frecuencias altas respecto a frecuencias bajas. Los niveles ponderados en curva de frecuencia A, denominados dB(A) son una relación entre una cantidad medida y un nivel de referencia acordado. La escala en dB(A) es logarítmica y utiliza 20 m Pa (Umbral auditivo) como nivel de referencia, es decir, 0 dB(A), de forma que el umbral sonoro del dolor se sitúa alrededor de 130 dB(A).

7.6 Anatomía del oído:

El oído humano es el encargado de recibir los estímulos, procesarlos y transmitirlos al sistema nervioso central. Este se encuentra dividido en tres grandes sectores: oído externo, oído medio y oído interno:

- **Oído externo:** es el encargado de conducir las ondas sonoras hasta la membrana timpánica. Su frecuencia de resonancia es de alrededor de 3 KHz, por lo cual los sonidos entre 2-5 KHz son aumentados en unos 10 dB o más comparados con otros sonidos más graves.
- **Oído medio:** se comporta como un transformador de impedancias; el cual recibe una onda sonora del medio aéreo en toda el área de la membrana timpánica y lo concentra en el área de la ventana oval, donde la onda se trasmite a un medio líquido, previniendo así una pérdida de 30 dB generada por el cambio en las impedancias al pasar del medio aéreo al líquido.
- **Oído interno:** Las estructuras más vulnerables del oído interno son las células ciliadas externas en donde inicialmente las estereocilios pierden su rigidez y habilidad para vibrar en respuesta al sonido; si la exposición se produce de forma repetida a una intensidad lesiva para la estereocilio, ésta queda permanentemente dañada y las células ciliadas mueren; cuando la exposición es de una intensidad severa y aguda se produce un trauma acústico, en el cual la exposición genera una pérdida permanente sin la intervención de una caída temporal de los umbrales.

7.7 Tipos de ruido

- **Ruido Continuo:** El ruido continuo se produce cuando una maquina o sistema opera constantemente sin interrupción, generando niveles de ruido que presentan mínimas

variaciones de presión sonora en el tiempo. Este ruido es característico de ventiladores, bombas y equipos de producción.

- **Ruido Intermitente:** Es el generado por maquinas o sistemas que operan por ciclos, como vehículos aislados o aviones que emiten niveles que aumentan y disminuyen rápidamente.
- **Ruido Impulsivo:** Los ruidos de impactos o explosivos, como los generados por una troqueladora o pistola, son llamados ruidos impulsivos. Estos se caracterizan por ser breves y abruptos en el tiempo, causando mayores molestias y posibles daños auditivos de acuerdo con la cercanía y exposición con las fuentes.
- **Ruido Tonal:** El ruido que presenta componentes tonales se genera a partir de máquinas y sistemas que contienen partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, así como flujos pulsantes de líquidos o gases producidos por causa de procesos de combustión.
- **Ruido de Baja Frecuencia:** El ruido de baja frecuencia tiene una energía acústica importante en el margen de frecuencias de 8 a 100Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros.

7.8 Tipos de Fuentes

- **Fuentes puntual:** Si las dimensiones de la fuente de ruido son pequeñas comparadas con las distancias del oyente, se define como fuente puntual. Entre estas se puede mencionar por ejemplo ventiladores y chimeneas. La energía sonora de estas fuentes se propaga de manera esférica, y responde a la ley del inverso cuadrado en su propagación (Disminuye 6 dB al doblar la distancia de referencia).

- **Fuente Lineal:** Es una fuente que es pequeña en una dirección y larga en otra comparada con la distancia del oyente. Puede ser una fuente individual como un canal llevando un fluido turbulento o puede estar compuesto por fuentes puntuales que operan simultáneamente, como una sucesión de vehículos en una vía concurrida. El nivel de sonido se propaga cilíndricamente, por lo que el nivel de presión sonora disminuye en 3dB cuando se dobla la distancia de referencia.

7.9 Equipos de medición de ruido

Los equipos utilizados para medir el nivel de ruido se denominan Sonómetros y proporcionan una indicación del nivel acústico (promediado en el tiempo) de las ondas sonoras que inciden sobre el micrófono. El nivel del sonido se representa normalmente sobre una escala graduada con un indicador de aguja móvil o en un indicador digital. Se incorporan en el instrumento filtros de ponderación en frecuencia que modifican la sensibilidad del Sonómetro con respecto a las frecuencias que son menos audibles por el oído. Muchos están provistos de diferentes filtros de ponderación sensibilidad-frecuencia.

7.10 Vías de propagación

El ruido puede transmitirse a través de múltiples vías. A través del aire o a través de un medio sólido en el que parte del sonido se reflejará, parte será absorbida, y el resto transmitido a través del objeto. La cantidad de sonido reflejado, absorbido o transmitido depende de las propiedades del objeto, su forma, del espesor y del método de montaje, así como del ángulo de incidencia y de la onda acústica incidente. La propagación del sonido en el aire depende principalmente del tipo de fuentes de ruido, de su distribución en el espacio y de la topografía, así como de las condiciones de la atmósfera en que se realiza la propagación. El nivel de intensidad sonora al alejarse de la fuente de ruido disminuye en 6 dB(A) cada vez que se duplica la distancia a la fuente en un campo libre.

7.11 Efectos del ruido en la salud humana

La contaminación acústica se reconoce actualmente como el tercer problema de salud pública de mayor relevancia a nivel mundial y un tema ambiental denominado prioritario según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial para el Comercio y Desarrollo Económico, quienes han destacado la problemática como un indicador de calidad ambiental urbana, (OMS 2004), específicamente en el marco del desarrollo de las grandes ciudades y aumentado de manera significativa por los efectos causados por la industrialización, la movilidad y los procesos tecnológicos y comerciales.

La presencia de todo tipo de sonidos en las ciudades modernas es hoy tan común, que muchos se acostumbran a ellos y cada vez se percibe menos las graves consecuencias físicas que esto acarrea. Las autoridades internacionales en salud coinciden en que la contaminación acústica presente en los espacios urbanos puede incidir negativamente en la calidad de vida, el bienestar y la salud de las personas, dependiendo de las características de exposición y de las fuentes generadoras del ruido.

A partir del reconocimiento de esta realidad, la física y la medicina han orientado sus investigaciones a determinar las repercusiones en los individuos expuestos a diferentes niveles de presión sonora, relacionando los parámetros medidos con sus efectos biológicos y fisiológicos. Diversos estudios internacionales han asociado efectos adversos en la salud humana con altos niveles de ruido; la exposición prolongada a altos niveles de presión sonora ha sido identificada como promotora de cambios en los comportamientos o actitudes de las personas, y es la sensación de molestia (como principal efecto adverso).

En las Guías para el Ruido Urbano (Guidelines for Community Noise) publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se describen con detalle las consecuencias de la

contaminación acústica para la salud, entre las que señalan principalmente los siguientes efectos:

7.11.1 Hipoacusia

La exposición al ruido de manera constante produce hipoacusia, la cual presenta características importantes como son: la afectación de las células ciliadas del oído interno (bilateral), pérdida superficial de la audición (entre frecuencias graves están alrededor de los 40dB y las agudas están alrededor de los 75dB) y daño temprano al oído interno, una vez que la exposición a ruido es descontinuada no se observa progresión adicional como resultante de la exposición previa a ruido, La hipoacusia inducida por ruido previa no hace al oído más sensible a nuevas exposiciones, la pérdida más temprana se observa en las frecuencias de 3000 a 4000 y 6000 Hz, la mayor pérdida usualmente ocurre a 4000Hz, La tasa de pérdida auditiva por exposición prolongada a ruido es máxima durante los primeros 10-15 años de exposición. La exposición continua a ruido durante los años es más dañina que la incontinua. Se evidencian repercusiones severas en la persona expuesta al ruido, siendo la principal a nivel de la comunicación.

7.11.2 Trastornos del sueño

El ruido produce trastornos primarios durante las horas de sueño y efectos secundarios al día siguiente; esto es, los efectos primarios se presentan como dificultad o imposibilidad para conciliar el sueño, interrupción del sueño y alteración en la profundidad del sueño; y como consecuencia de lo señalado, se pueden producir cambios en la presión arterial y arritmia cardíaca, vasoconstricción, variación en el ritmo respiratorio, y sobresaltos corporales. En el caso de que el ruido no sea continuo, sino intermitente (por ciclos) o un ruido impulsivo, la

probabilidad de despertar aumenta con el número de eventos por noche, disminuyendo la calidad del sueño.

Los efectos secundarios o posteriores se presentan a la mañana siguiente o incluso puede prolongarse por varios días en personas hipersensibles; tales efectos son por ejemplo, fatiga, depresión y reducción del rendimiento. Si estas situaciones se prolongan por días, el equilibrio físico-psicológico se verá seriamente perturbado.

7.11.3 Efectos sobre las funciones fisiológicas

La OMS indica que para tener un descanso apropiado el nivel de sonido equivalente no debe exceder de 30 dB(A) para el ruido continuo de fondo y, para el caso de ruido producido por fuentes fijas individuales, no debe superar los 45 dB(A).

De acuerdo con la OMS, «La exposición al ruido puede tener un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas de los trabajadores y personas que viven cerca de aeropuertos, industrias y calles ruidosas. Después de una exposición prolongada, los individuos susceptibles pueden desarrollar efectos permanentes, como hipertensión y cardiopatía asociadas con la exposición a altos niveles de sonido. La magnitud y duración de los efectos se determinan en parte por las características individuales, estilo de vida y condiciones ambientales. Los sonidos también provocan respuestas reflejo, en particular cuando son poco familiares y aparecen súbitamente.»

Asimismo, señala que la exposición de largo plazo al ruido del tránsito con valores de 65 a 70 dB(A) y en periodos de exposición de 24 horas, también puede inducir padecimientos cardiovasculares como la hipertensión, siendo la afección cardiopatía isquémica más seria que se puede presentar.

7.11.4 Interferencia en la comunicación oral

La comprensión en una conversación normal depende del nivel sonoro emitido al hablar, de la entonación en la pronunciación, de la distancia entre el parlante e interlocutor, del nivel y las características del ruido de fondo o circundante y de la agudeza auditiva y capacidad de atención de los parlantes. El nivel de presión sonora de la comunicación oral normal es de 50 a 55 dB(A) a un metro de distancia, y las personas que hablan en voz alta o a gritos, pueden emitir presiones acústicas de 75 u 80 dB(A). La voz hablada es inteligible cuando su intensidad supera al ruido de fondo en 15 dB(A) pero, en medios acústicos en los que el ruido supera los 40 dB(A), se empieza a dificultar la comunicación oral y a partir de los 65 dB(A) la comunicación obliga a elevar la voz.

7.11.5 Efectos sobre la audición

La deficiencia auditiva o pérdida progresiva de la audición es el riesgo más grave que puede sufrir el ser humano expuesto a elevados niveles de presión acústica. La OMS señala que las personas con mayor riesgo de sufrir deficiencia auditiva son las expuestas a niveles de ruido por arriba de 75 dB(A), en ambientes laborales y con periodos de exposición superiores a ocho horas.

Se considera que las personas expuestas al ruido ambiental por periodos hasta de 24 horas y un nivel menor de 70 dB(A), no sufrirán pérdida de la audición. No obstante, todavía no existe una confirmación de los efectos aquí indicados basada en hechos experimentales, dado que los efectos perjudiciales de la exposición a niveles de ruido elevados se detectan a largo plazo.

7.12 Niveles de exposición al ruido máximos recomendados

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA) por medio de la Oficina de Reducción y Control del Ruido, en el Informe sobre los Niveles de Ruido Ambiental Recomendados para Proteger el Bienestar y la Salud Pública con un Adecuado Margen de Seguridad, Estableció que la pérdida de la audición o deficiencia auditiva puede ocurrir a partir de la exposición a niveles de energía acústica mayores a 70 dB en periodos de 24 horas.

La Organización Mundial de la Salud en 1997 publico las Guías para el Ruido Urbano, en las que se encuentra una tabla con los valores guía para el ruido urbano en ambientes específicos y sus efectos críticos sobre la salud; en esta se puede identificar que los sonidos superiores a los 35 dB interfieren en la comunicación oral, en el proceso de aprendizaje y desde luego contribuyen a padecimientos relacionados con el trastorno del sueño.

7.13. Aislamiento, apantallamiento y silenciadores.

7.13.1. Aislamiento acústico.

El aislamiento acústico consiste en alcanzar que la energía que atraviesa una barrera sea lo más baja posible, lo que supone el instalar materiales que tengan una impedancia lo más diferente posible a la del medio que conduce el sonido. Así, si la transmisión se realiza a través del aire, las barreras deberán ser de materiales densos y pesados. El aislamiento de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas y de la denominada Ley de Masas, por la cual, al aumentar de masa al doble, supone un incremento de 6 dB(A) en el aislamiento acústico.

Cuando las ondas sonoras entran en contacto directo con la estructura del edificio, transmitiendo la excitación a esta, se habla de ruido estructural o de impacto. Estos serán ruidos generados por el impacto entre sólidos tales como la caída de objetos al suelo, pisadas, etc.

7.13.2. Pantallas acústicas.

Para evitar la transmisión de las ondas sonoras en el ambiente, se puede situar un apantallamiento entre el emisor y el receptor. Existen muchas variantes de apantallamientos como plantaciones vegetales, pantallas acústicas propiamente dichas, muros y construcciones urbanísticas.

7.13.3. Silenciadores.

Con el fin de disminuir la propagación de las ondas sonoras que acompañan un flujo de aire o gas en movimiento sin impedir el paso de estos, se utilizan silenciadores. Estos suelen estar fabricados por un material absorbente que disipa la energía acústica transmitida a través del silenciador juntamente con el flujo del fluido o en los silenciadores en los que la atenuación se debe principalmente a la geometría interna del silenciador, es decir, a las formas y volúmenes de los recintos interiores.

8. Marco legal

La contaminación acústica, se ha convertido en una problemática ambiental que cada día toma más importancia a nivel nacional e internacional. Por tal razón la normatividad aplicable para realizar control y seguimiento de esta temática es cada vez más común. A continuación, se resumen algunas de estas normas a nivel nacional e internacional.

8.1 Normatividad a nivel nacional

A nivel nacional se tiene la siguiente normatividad que regula el tema de la contaminación auditiva y las mediciones de ruido ambiental y de emisión.

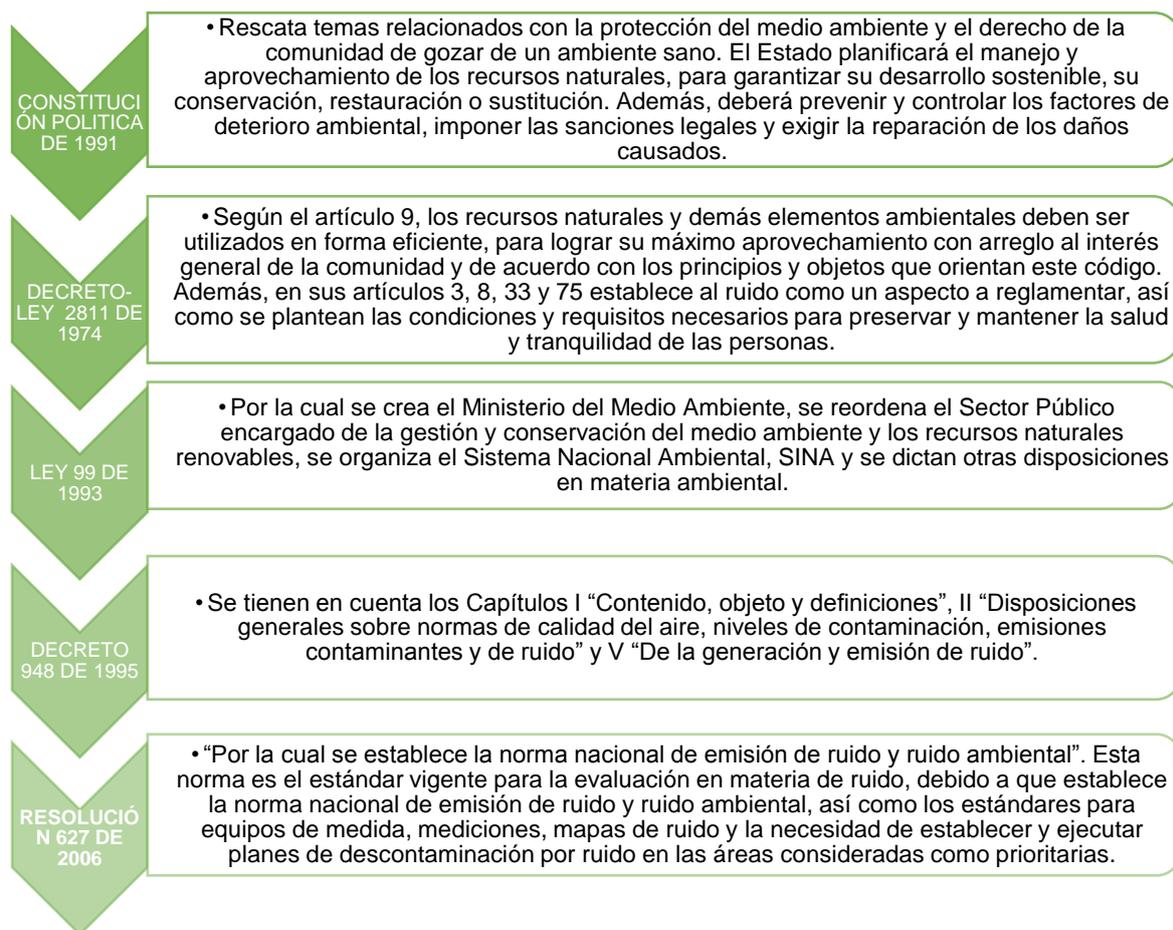


Figura 1. Normatividad a nivel nacional

Fuente: (Alcaldía, 2021)

En esta se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, así como los estándares para equipos de medida, las mediciones y los mapas de ruido, en la misma norma viene implícita el Anexo I en la cual se encuentran los términos técnicos.

Dentro de las disposiciones generales de la norma encontramos que en su artículo 2 establece para todo el territorio nacional como horario de aplicación de la misma si es diurno de las 07:01 a.m. a las 21:00 p.m. y si es horario nocturno de las 21:01 p.m. a las 07:00 a.m.; También encontramos las unidades de medida, los parámetros de medida, intervalo unitario de tiempo de medida, entre otros.

El Capítulo II esboza todo el tema de emisión de ruido, en el cual encontramos la aplicabilidad, el cálculo de la emisión de ruido, los estándares máximos permisibles, y hace referencia a los lineamientos respecto al ruido generado por vehículos y motocicletas para el

desarrollo de estándares máximos permisibles mediante pruebas estáticas y dinámicas, disposiciones para el ruido generado por aeronaves y el ruido generado en el ambiente por la operación de aeropuertos. También expone que las fuentes móviles que transitan sobre los ejes viales, deben ser objeto de evaluación de ruido ambiental y no de emisión de ruido por fuentes móviles.

Tabla 1. Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Emisión de Ruido

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: (Resolución 0627 de 2006)

En el Capítulo III contiene todo acerca del tema de ruido ambiental, su aplicabilidad, el intervalo de tiempo de referencia, el intervalo de largo plazo de tiempo de medida, los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental.

Tabla 2. Estándares Máximos Permisibles de Niveles de Ruido Ambiental

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: (Resolución 0627 de 2006)

En el Capítulo IV, describe todo lo concerniente a los equipos de medida y las mediciones, las condiciones meteorológicas, el informe técnico, la obligatoriedad de la realización de mapas de ruido, los fines y contenidos de los mapas de ruido, los requisitos mínimos que se deben cumplir en la elaboración de los mapas de ruido.

En el Capítulo V, establece el tema de vigilancia y control de cumplimiento de la norma, en la cual manifiesta que la competencia la ejercen efectivamente la Corporaciones Autónomas

Regionales, las de desarrollo sostenible y las autoridades ambientales ya que son los entes de evaluación, control y seguimiento ambiental, además de las asignadas por la Ley 99 de 1993 y las que disponen los artículos 66 ibidem y 13 de la Ley 768 de 2002; Como también las de imponer sanciones o medidas preventivas según el artículo 85 ibidem.

En el capítulo VI, de disposiciones varias, hace alusión a que el Decreto 948 de 1995 se encuentra incorporado dentro de la misma resolución, así como también, las referencias de estándares, procedimientos y normas internacionales, como se presenta a continuación:

8.2 Normatividad a nivel internacional

Las normas internacionales son importantes en la evaluación del ruido ambiental, ya sea por la directa utilización de estas o porque proporcionan bases y referencias para la elaboración de las normas nacionales. La OMS recomienda que, dentro de la legislación de los países en materia de ruido, se evalúen los niveles de presión sonora y se lleven a mapas de ruido que modelen el comportamiento de las ondas sonoras en el ambiente, esto con el fin de facilitarle a los organismos encargados de proteger el medio ambiente en cada país la elaboración e implementación de planes que garanticen la prevención y mitigación del impacto ambiental causado por la generación de ruido.

A continuación, se resumen las principales normas a nivel internacional sobre mediciones de ruido ambiental y de emisión y temas similares.

- ISO 1996 - Acústica – Descripción y Medición del Ruido Ambiental. Es una norma básica en la evaluación del ruido ambiental, sirviendo de referencia en este tema. Se divide en tres partes:
- ISO 1996 Parte 1 1982: Cantidades básicas y procedimiento. La NTC 3522, es la norma técnica colombiana idéntica a la norma internacional ISO 1996-1 y se titula “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1:

Cantidades básicas y procedimientos de evaluación”

- ISO 1996 Parte 2 1987: Adquisición de datos pertinentes al uso del suelo, en 1998 (fue modificada). La NTC 3520, es la norma técnica colombiana idéntica a la norma internacional ISO 1996-2
- ISO 1996 Parte 3 1987: Aplicación a los límites de ruido. Definen la terminología básica incluyendo el parámetro Nivel de Evaluación y describe las prácticas recomendadas para evaluar el ruido ambiental.
- ISO 3891 - 1978 Acústica – Procedimiento para la Descripción del Ruido Percibido en el Suelo procedente de Aeronaves
- ISO 9613 – Acústica – Atenuación del Sonido durante su Propagación en el Exterior. Define un método de cálculo basado en octavas teniendo como referencia fuentes puntuales con un nivel de potencia sonora definido. Las fuentes lineales pueden obtenerse mediante adición de fuentes puntuales. Se divide en dos partes:
 - ISO 9613 Parte 1 1993: Cálculo de la absorción del sonido por la atmósfera.
 - ISO 9613 Parte 2 1996: Método General de Cálculo
- Norma UNE-EN ISO 7029:2017 Acústica. Distribución estadística de los umbrales de audición en función de la edad y del género. (ISO 7029:2017)
- ISO 1996-1:2016, Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación.
- ISO/IEC 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

9. Plan de trabajo y desarrollo de la metodología

Para el desarrollo del proyecto se definieron las siguientes etapas de trabajo, donde se establecen las actividades para el cumplimiento de los objetivos del proyecto:

Tabla 3. Definición de etapas de ejecución del proyecto.

Mes	Etapas	Actividad
1	Etapa 1. Planeación	Revisión de antecedentes e información de entrada
		Identificación de puntos prioritarios
		Descripción y programación de puntos de monitoreo
		Alistamiento de equipos y técnicos de monitoreo
	Etapa 2. Monitoreo de ruido	Monitoreo de ruido diurno y nocturno Hábil
		Monitoreo de ruido diurno y nocturno No hábil
		Presentación de resultados (Informe Mes 1)
	Etapa 3. Procesamiento de datos	Procesamiento de datos de monitoreo (diurno y nocturno) hábil y no hábil
		Desarrollo de cálculos y análisis de ruido ambiental
		Procesamiento de información secundaria
2,5	Etapa 4. desarrollo de informes	Informe con capítulos preliminares (introducción, análisis de área de estudio y metodología)
		Disposición de resultados, análisis de datos y comparación de normativa vigente
		Identificación de zonas de conflicto
		Disposición de plan de acción
		Incluir conclusiones y recomendaciones
		Entregar informe final
	Etapa 5. Socialización y presentación de resultados	Presentación final
Finalización del contrato		

Fuente: (Autores, 2021)

A continuación, se presentan las metodologías, procedimientos y especificaciones técnicas para el desarrollo de etapas formuladas, las cuales corresponden a las especificaciones

del contrato, bajo los lineamientos de la normativa nacional de emisión de ruido y ruido ambiental: Resolución 0627 de 2006 del MADS.

9.1 Caracterización del municipio

9.1.1 Localización

El Municipio de Facatativá se encuentra localizado en el Departamento de Cundinamarca, en la denominada Sabana de Bogotá a una altura de 2600 m. s. n. m y a una distancia de 36 kilómetros de la capital de la república. Limita al norte con los municipios de Alban y el Rosal, al oriente con el municipio de Bojacá, por el sur con el municipio de Zipacón (DANE, 2021).

9.1.2 Demografía

Los datos demográficos del municipio presentan los siguientes (DANE, 2021), se describen de la siguiente manera:

Tabla 4. Datos demográficos

Código Municipal : 25269	Región :Centro Oriente
Subregión (SGR): Sabana de Occidente	Entorno de Desarrollo (DNP): Robusto
Categoría ley 617 de 2000: 2	Superficie : 5.827Ha
Población: 155,978 Habitantes	

Fuente: (DANE, 2021)

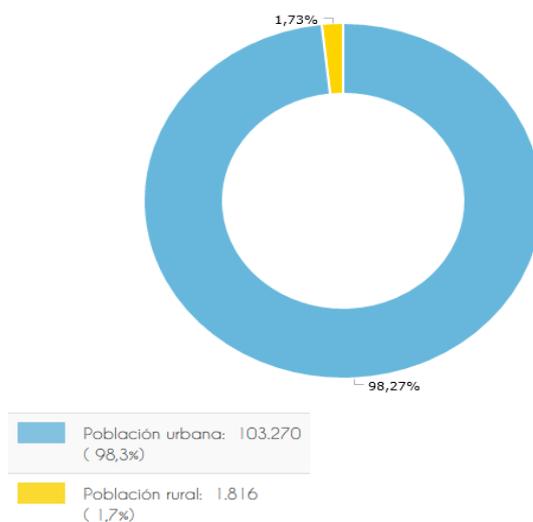
9.1.3 Población

De acuerdo a los datos suministrados por el DANE (2021), la población se distribuye de la siguiente manera de acuerdo a su género.

SEXO MASCULINO	SEXO FEMENINO
	
76.240	79.738
48.88%	51.12%

Grafica 1. Población desagregada por sexo
Fuente: (DANE, 2021)

A continuación, se puede ver una representación gráfica de la cantidad de personas que viven en el área urbana y el área rural del municipio.

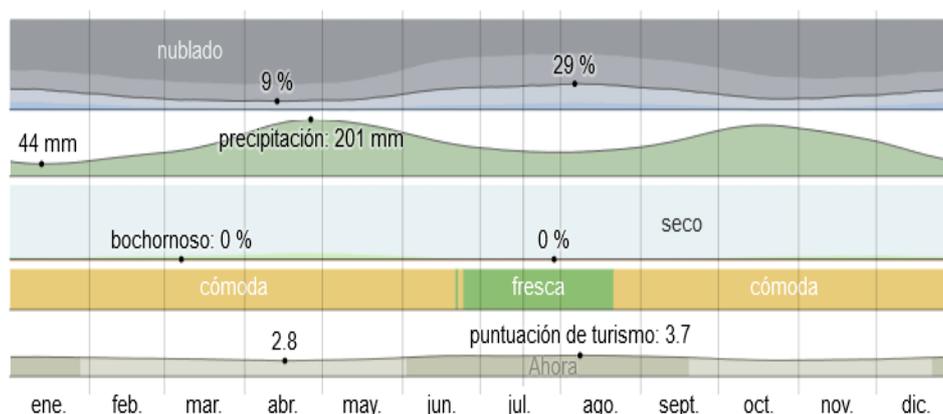


Grafica 2. Población desagregada por área
Fuente: (DANE, 2021)

9.1.4 Climatología

En Facatativá, los veranos son cortos y cómodos; los inviernos son cortos, frescos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 22 °C.

Con base a la puntuación de turismo, las mejores épocas del año para visitar Facatativá para actividades de tiempo caluroso son desde principios de Junio hasta mediados de Septiembre y desde finales de diciembre hasta finales de enero (SPARK, 2021).

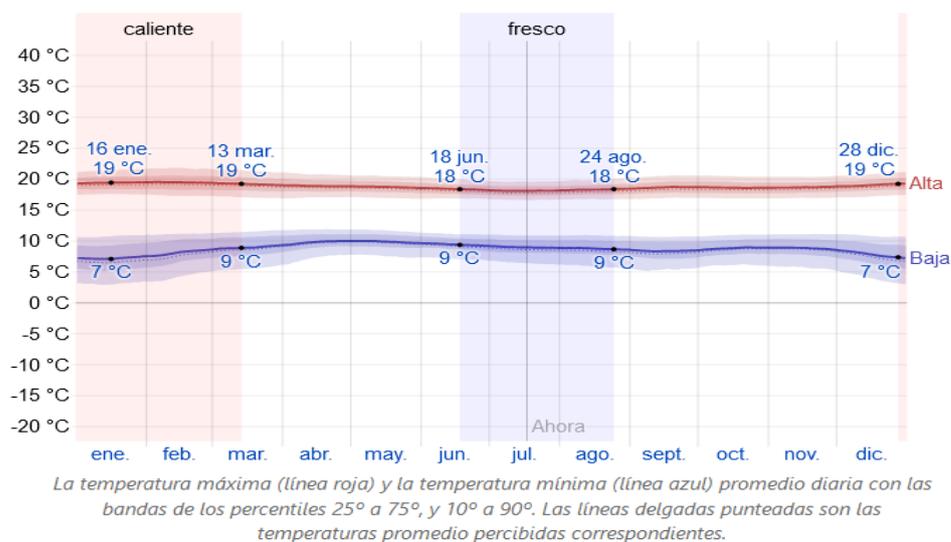


Grafica 3. Resumen del clima
Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.5 Temperatura

La temporada templada dura 2,5 meses, del 28 de diciembre al 13 de Marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El día más caluroso del año es el 4 de febrero, con una temperatura máxima promedio de 20 °C y una temperatura mínima promedio de 8 °C.

La temporada fresca dura 2,2 meses, del 18 de Junio al 24 de Agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 18 °C. El día más frío del año es el 16 de enero, con una temperatura mínima promedio de 7 °C y máxima promedio de 19 °C (SPARK, 2021).

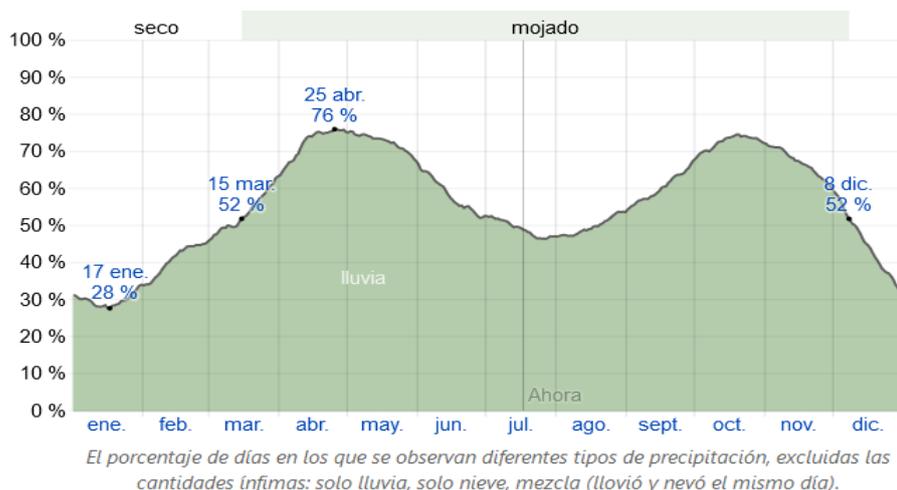


Grafica 4. Temperatura máxima y mínima promedio
Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.6 Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Facatativá varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 8,8 meses, de 15 de marzo a 8 de diciembre, con una probabilidad de más del 52 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 76 % el 25 de Abril. La temporada más seca dura 3,2 meses, del 8 de diciembre al 15 de marzo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 28 % el 17 de enero. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solo lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación

durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 76 % el 25 de Abril (SPARK, 2021).

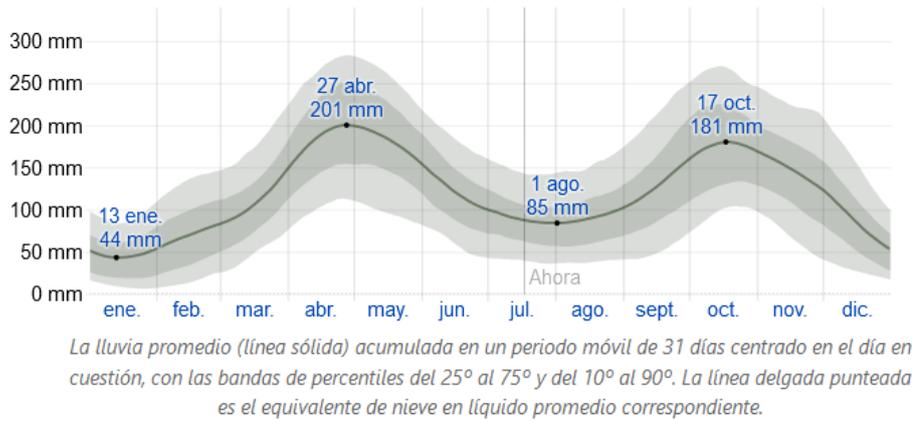


Grafica 5. Probabilidad diaria de precipitación

Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.7 Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Facatativá tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación. Llueve durante el año en Facatativá. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 27 de Abril, con una acumulación total promedio de 201 milímetros. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 13 de enero, con una acumulación total promedio de 44 milímetros (SPARK, 2021).



Grafica 6. Precipitación lluvia mensual promedio

Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.8 Sol

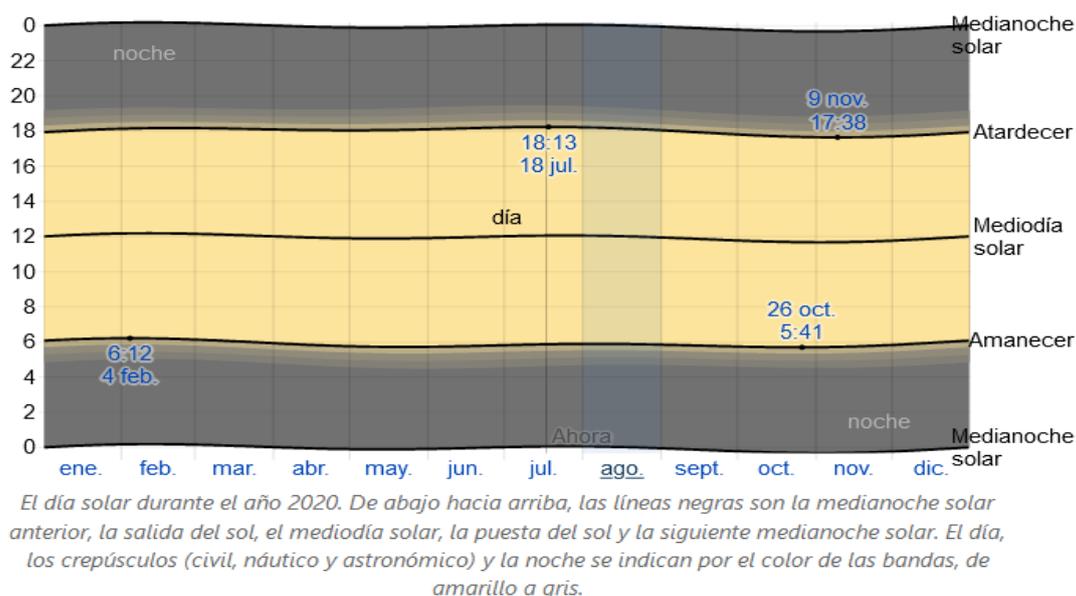
La duración del día en Facatativá no varía considerablemente durante el año, solamente varía 23 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2020, el día más corto es el 21 de Diciembre, con 11 horas y 51 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de Junio, con 12 horas y 24 minutos de luz natural. (SPARK, 2021).



Grafica 7. Horas de luz natural y crepúsculo

Fuente: (SPARK, 2021)

La salida del sol más temprana es a las 5:41 el 26 de octubre, y la salida del sol más tardía es 31 minutos más tarde a las 6:12 el 4 de Febrero. La puesta del sol más temprana es a las 17:38 el 9 de Noviembre, y la puesta del sol más tardía es 36 minutos más tarde a las 18:13 el 18 de Julio (SPARK, 2021).



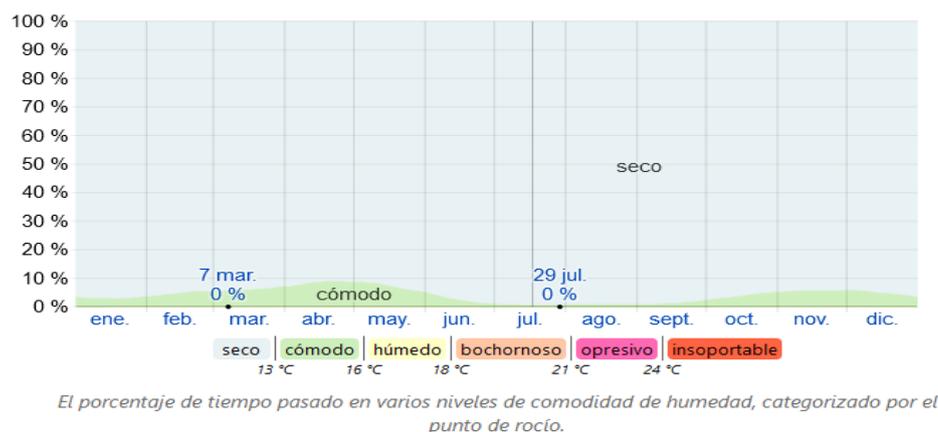
Grafica 8. Salida y puesta de sol

Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.9 Humedad

El nivel de comodidad de la humedad se basa en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Facatativá, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 % (SPARK, 2021).

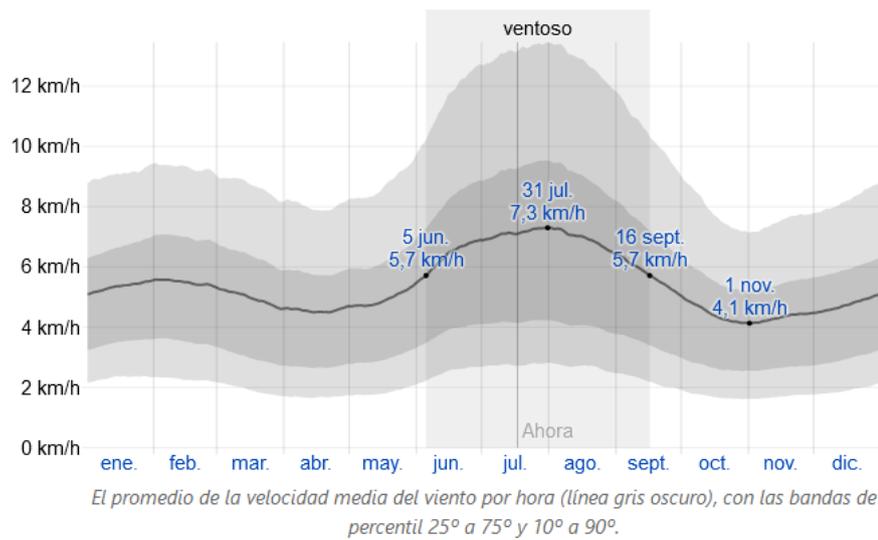


Grafica 9. Comodidad de la humedad

Fuente: (SPARK, 2021)

9.1.10 Viento

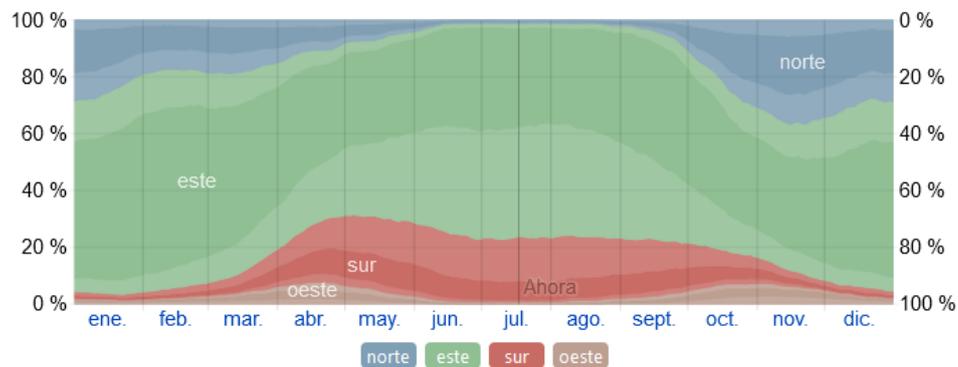
El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en Facatativá tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 3,3 meses, del 5 de Junio al 16 de Septiembre, con velocidades promedio del viento de más de 5,7 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 31 de Julio, con una velocidad promedio del viento de 7,3 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 8,7 meses, del 16 de Septiembre al 5 de Junio. El día más calmado del año es el 1 de Noviembre, con una velocidad promedio del viento de 4,1 kilómetros por hora (SPARK, 2021).



Grafica 10. Velocidad del viento

Fuente: (SPARK, 2021)

La dirección del viento promedio por hora predominante en Facatativá es del este durante el año.



Grafica 11. Dirección del viento

Fuente: (SPARK, 2021)

9.2 Identificación de fuentes y actividades generadoras de ruido

De acuerdo con los antecedentes en materia de ruido, correspondientes a la actualización del mapa de ruido de Facatativá en el año 2018, se realizó la priorización de puntos de monitoreo, teniendo en cuenta el criterio de selección de puntos con los mayores niveles de ruido en los días (Hábil y No Hábil) en el periodo de mayor restricción (Nocturno).

9.2.1 Caracterización del ruido ambiental

9.2.1.1 Medición del ruido ambiental

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron de acuerdo con la Resolución 0627 de 2006 y los lineamientos definidos en el Anexo 3, Capítulo II: Procedimiento de medición para ruido ambiental, donde se describen los siguientes procedimientos:

- Se realiza el montaje del equipo de medición, ubicando en el trípode, el micrófono con la pantalla anti-viento al procesador mediante cable de extensión, así como la estación meteorológica.
- Luego se sube el micrófono mediante el trípode, a 4 m de altura.
- El montaje del equipo se ubica a una distancia equidistante de las fachadas, barreras o muros existentes a ambos lados del punto de medición, si estos no existen en uno de los costados, el punto se sitúa a una distancia de 4m medidos horizontalmente desde el costado que las posea, si no existen en ninguno de los costados, se toma el punto equidistante entre los límites del espacio público correspondiente.
- El intervalo de tiempo a medir se establece de acuerdo con el Artículo 5 de la Resolución, donde se establece que se debe medir durante una hora.
- Previamente al inicio de la medición se calibra el equipo en campo para establecer, bajo condiciones específicas: la relación entre los valores de magnitudes indicadas por el sonómetro.

- La medición en cada punto durante una hora consta de 5 mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, cada una de las cuales tuvo una posición orientada del micrófono, así: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba, hasta obtener los 12 minutos de captura de información en cada posición.
- El personal técnico procede a diligenciar los formatos de campo, de la siguiente forma: 1 técnico toma el aforo de vehículos en la vía, mientras el otro anota el dato arrojado por el sonómetro en el formato. El formato de descripción del punto de monitoreo se diligencia en el lapso donde no se están realizando las mediciones.
- Los registros obtenidos deben ser corregidos, de acuerdo con el Anexo 2: Determinación de los valores de ajuste K de la Resolución, donde se establece que los niveles de presión sonora se deben ajustar de acuerdo con la tonalidad, impulsos, horarios, condiciones meteorológicas y tipos de receptores y fuentes.

9.2.1.2 Aforos vehiculares

Como parte de la caracterización del ruido ambiental, se realizaron aforos vehiculares sobre los ejes principales, determinando la cantidad y tipología de vehículos que pasan en un tiempo determinado; permitiendo determinar las horas pico de emisión de ruido por fuentes móviles y la contribución de estos, con el ruido ambiental, clasificando las flotas vehiculares en vehículos livianos (Incluye motos) y pesados.

9.3 Instrumentación y equipos de medición

Los equipos de medición para el desarrollo del proyecto cumplen con las especificaciones del Capítulo IV: De los equipos de medida y las mediciones, de la Resolución 0627. Los equipos son de las marcas Solo 01 dB, Svantek, Norsonic, Casella y Extech; y presentan las siguientes funciones y especificaciones:

- **Sonómetro Casella CEL-240**

Es un instrumento de medida diseñado para realizar mediciones más precisas del ruido, cumpliendo con estándares internacionales de medición. Este presenta las siguientes características:

- Medidor de LAeq, LA(F, S o I), LAmáx, nivel pico (Peak) o promedio (Q4 o Q5).
- Chequeo de índices LDN, LDEN y CNEL.
- Umbral de SPL de 0 dB o de 70 a 90 dB.
- Constante de tiempo por octava: F (fast) o S (Slow).
- Filtros de ponderación: A, C, Z.
- Constantes de tiempo: Impulse, Slow, Fast.



Figura 2. Equipo de monitoreo Casella CEL-240.
Fuente: (Casella, 2021)

- **Sonómetro Norsonic Nor140**

Es un instrumento de medida del sonido que se adapta a las necesidades de diferentes aplicaciones, que van desde el sonómetro básico hasta el analizador en tiempo real. Este presenta las siguientes características:

- Tipo 1 IEC 61672:2002 mediciones del nivel de sonido.

- Medidor de SPL, Leq en RMS y Peak.
- Analizador de 1/1 o 1/3 de Octavas en tiempo real de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 61260.
- FFT de análisis en tiempo real.
- Filtros de ponderación: A, C, Z.
- Constantes de tiempo: Impulse, Slow, Fast.
- Rango total de medición dinámica: 120 dB.



Figura 3. Equipo de monitoreo Norsonic Nor140
Fuente: (Norsonic, 2021)

- **Sonómetro SOLO 01 dB**

Es un instrumento de medida del sonido que se adapta a las necesidades de diferentes aplicaciones, que van desde el sonómetro básico hasta el analizador en tiempo real. Este presenta las siguientes características:

- Tipo 1 IEC 61672:2002 mediciones del nivel de sonido.
- Medidor de SPL, Leq, SEL, Lden, Estadísticas - Ln (L1-L99), LMax, LMin, LPeak.

- Analizador de 1/1 o 1/3 de Octavas en tiempo real de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 61260.
- FFT de análisis en tiempo real.
- Filtros de ponderación: A, B, C, Z.
- Constantes de tiempo: Impulse, Slow, Fast.
- Rango total de medición dinámica: 15 dBA RMS - 140 dBA Peak (típica de ruido de fondo hasta el nivel máximo).
- Rango de funcionamiento lineal: 25 dBA RMS - 140 dBA Peak (de conformidad con la norma IEC 61672).



Figura 4. Equipo de monitoreo Solo 01 dB.
Fuente: (Acoem, 2021)

- **Sonómetro SVANTEK 977**

Es un instrumento medidor de sonido Tipo 1 y está diseñado para las necesidades tanto de la vigilancia ambiental, como las de la salud y de control de seguridad en el trabajo.

Este presenta las siguientes especificaciones:

- Tipo 1 IEC 61672:2002 mediciones del nivel de sonido.

- Medidor de SPL, Leq, SEL, Den, Ltm3, Ltm5, Estadísticas - Ln (L1-L99), LMax, LMin, LPeak simultánea en tres perfiles con conjunto independiente de filtros y detectores.
- Analizador de 1/1 o 1/3 de Octavas en tiempo real de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 61260.
- Filtros de ponderación: A, B, C, Z.
- Constantes de tiempo: Impulse Slow, Fast.
- Rango total de medición dinámica: 15 dBA RMS - 140 dBA Peak (típica de ruido de fondo hasta el nivel máximo).
- Rango de funcionamiento lineal: 25 dBA RMS - 140 dBA Peak (de conformidad con la norma IEC 61672).



Figura 5. Equipo de monitoreo SVANTEK 977
Fuente: (Svantek, 2021)

- **Sonómetro SVANTEK 971.**

Es un instrumento medidor de sonido Tipo 1 muy compacto, el cual combina varias aplicaciones, incluyendo el ruido de higiene laboral, el ruido ambiental, el asesoramiento acústico, la ingeniería técnica y las mediciones de ruido en general. Este presenta las siguientes especificaciones:

- Tipo 1 IEC 61672:2002 mediciones del nivel de sonido.
- Medidor de SPL, Leq, SEL, Lden, Ltm3, Ltm5, LMax, LMin, LPeak además “running Leq” de hasta 60 minutos. Medición simultánea en tres perfiles con independientes conjuntos de filtros y detectores.
- Analizador de 1/1 o 1/3 de Octavas en tiempo real de acuerdo con los requisitos de la norma IEC 61260.
- Filtros de ponderación: A, B, C, Z.
- Constantes de tiempo: Impulse Slow, Fast.
- Rango total de medición dinámica: 5 dBA RMS ÷ 140 dBA Pico (desde nivel mínimo hasta el máximo).



Figura 6. Equipo de monitoreo SVANTEK 971.
Fuente: *Fuente:* (Svantek, 2021)

- **Termo- Higro - Anemómetro Extech EN510:**

Es un medidor ambiental 10 en 1, que incluye temperatura tipo K que mide la velocidad del aire, flujo de aire, temperatura del aire, temperatura tipo K, índice de calor, humedad, bulbo húmedo, punto de rocío, sensación térmica y nivel de luz. El EN510 contiene una mini rueda de paletas con rodamiento de bolas de baja fricción, un

fotodiodo de precisión con filtro de corrección de color y coseno, y un sensor de humedad capacitivo para alta precisión. Entre las principales características del software, se presentan las siguientes:

- Velocidad del aire con lecturas de temperatura del aire.
- Mediciones de flujo del aire (Volumen) en unidades PCM (ft3) y MCM (m3).
- Mediciones de Luz en unidades de Bujías pie y LUX.
- Mediciones ambientales: Por ciento (%) de humedad relativa con temperatura del aire, temperatura de punto de rocío, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de enfriamiento eólico, temperatura de índice de calor, y temperatura tipo K (con sensor externo conectado).
- Rueda de veleta montada con cojinete de baja fricción para alta precisión en mediciones de baja velocidad del aire.
- Sensor barométrico integrado para precisión en mediciones de atmósfera y altitud.
- Retención de pantalla congela la lectura indicada para conveniencia.



Figura 7. Termo- Higro - Anemómetro Extech
Fuente: (Extech, 2021)

En el ANEXO 1, se presentan los certificados de calibración de los equipos de medición de niveles de ruido.

9.4 Formatos de campo

Los formatos de campo para la etapa de monitoreo en campo permitieron el levantamiento de los niveles de ruido y la caracterización del flujo vehicular, compilando la información de: Número de punto, hora de medición, condiciones meteorológicas, dirección del micrófono, memoria, descriptores de ruido, tipo de vía, características de la vía, cuadrículas para conteo de vehículos, plano y observaciones. A continuación, se presentan los formatos para niveles de ruido y aforos vehiculares:

UNION TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVA				FORMATO: HOJA DE CAMPO - RUIDO AMBIENTAL						
PROYECTO				CONCURSO DE MERITOS N°. 006 DE 2021			DURACIÓN (MESES)		2 MESES Y 15 DIAS	
OBJETIVO DEL ESTUDIO				DIAGNOSTICO DE EMISION DE RUIDO DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVA QUE INCLUYA UN PLAN DE DESCONTAMINACION ACUSTICA- CONCURSO DE MERITOS N°. 006 DE 2021						
ZONAS DE ESTUDIO				MUNICIPIO FACATATIVA						
Fecha:				Instalacion		Evaluador		Hoja: _____ de _____		
N/S Soniometro:				N/S Calibrador:		Calibracion inicial		Calibracion final		
Recorrido	Punto	Hora inicio	Temp. °C Presion mmHg Humedad %	Direccion del microfono	Memoria	Leq (R. Lenta) dB (A)	Leq (R. Impulsos) dB (A)	Viento (vel.,dir)	Observaciones	
				N						
				E						
				S						
				W						
				V						
				N						
				E						
				S						
				W						
				V						
				N						
				E						
				S						
				W						
				V						
				N						
				E						
				S						
				W						
				V						

DILIGENCIO:

REVISO:

APROBO:

Figura 8. Formato de registro de las mediciones de ruido ambiental

Fuente: (Autores, 2021)

UNION TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVA										FORMATO: AFORO VEHICULAR																																
PROYECTO					CONCURSO DE MERITOS N°. 006 DE 2021.					DURACIÓN (MESES)					2 MESES 15 DIAS																											
OBJETIVO DEL ESTUDIO					DIAGNOSTICO DE EMISION DE RUIDO DEL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVA QUE INCLUYA UN PLAN DE DESCONTAMINACION ACUSTICA- CONCURSO DE MERITOS N°. 006 DE 2021.																																					
ZONAS DE ESTUDIO					MUNICIPIO FACATATIVA																																					
Fecha:					Hora de inicio:					Hora Final:					Hoja: de																											
Tipo de vía					Ancho de vía (m):					N° Carriles					Dirección del flujo:																											
N° de punto de monitoreo:					Velocidad promedio en vía:					Estado de la vía:					Observaciones:																											
VEHICULOS LIVIANOS										VEHICULOS PESADOS										MOTOCICLETAS										PLANO DE LA VIA												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUBTOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUBTOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SUBTOTAL										
1											1											1																				
2											2											2																				
3											3											3																				
4											4											4																				
5											5											5																				
6											6											6																				
7											7											7																				
8											8											8																				
9											9											9																				
10											10											10																				
11											11											11																				
12											12											12																				
13											13											13																				
14											14											14																				
15											15											15																				
16											16											16																				
17											17											17																				
18											18											18																				
19											19											19																				
20										TOTAL	20										TOTAL	20										TOTAL										
Distancia de observación					Distancia de observación					Distancia de observación					Observaciones																											
Tiempo de paso observado					Tiempo de paso observado					Tiempo de paso observado					Coordenadas N: W:																											
Velocidad promedio					Velocidad promedio					Velocidad promedio																																
DILIGENCIA:										REVISO:										APROBO:																						

Figura 9. Formato de registro de aforo vehicular
Fuente: (Autores, 2021)

En el ANEXO 2, se presentan las planillas de campo de registro de niveles de ruido y aforos vehiculares.

9.5 Procesamiento de información

9.5.1. Cálculos y correcciones

Tal y como lo establece la Resolución 0627 de 2006, la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente, se realiza y expresa en decibelios corregidos por tonos e impulsividad.

La determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente (L_{Aeq}) se llevó a cabo por medio de la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left(\left(\frac{1}{5} \right) \cdot \left(10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right) \right)$$

Ecuación 4- Cálculo del nivel equivalente resultante de la medición

Donde:

L_{Aeq} = Nivel equivalente resultante de la medición.

L_N = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte

L_O = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste

L_S = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur

L_E = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

L_V = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

Teniendo en cuenta que en cada punto de monitoreo se llevarán a cabo cinco mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales en las cinco orientaciones del micrófono (N, O, S, E, V), es necesario realizar los ajustes de tonalidad e impulsividad a los datos obtenidos por cada orientación tal y como lo establece la norma en su Anexo 2 y posteriormente aplicar promedio logarítmico mediante la expresión matemática (1) para obtener el L_{Aeq} .

9.5.2. Corrección por tonalidad

La corrección de nivel K_T toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos. La manera detallada de evaluar la presencia de componentes tonales de los datos obtenidos en capo se presenta a continuación:

- Se hace un análisis con resolución de 1/3 de octava.
- Se calcula la diferencia:

$$L = L_t - L_s$$

Ecuación 5 – Determinación de corrección por tonalidad

Donde:

L_t = nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro;

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

- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz:

Si $L < 8 \text{ dB(A)}$, no hay componentes tonales.

Si $8 \text{ dB(A)} \leq L \leq 12 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal neto.

Si $L > 12 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal fuerte.

- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 160 a 400 Hz:

Si $L < 5 \text{ dB(A)}$, no hay componentes tonales.

Si $5 \text{ dB(A)} \leq L \leq 8 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal neto.

Si $L > 8 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal fuerte.

- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales a partir de 500 Hz:

Si $L < 3 \text{ dB(A)}$, no hay componentes tonales.

Si $3 \text{ dB(A)} \leq L \leq 5 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal neto.

Si $L > 5 \text{ dB(A)}$, hay componente tonal fuerte.

- Finalmente se hace la corrección con base en los siguientes criterios:

Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).

Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).

Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

9.5.3. Corrección por impulsividad

La corrección de nivel K_I toma en los componentes impulsivos en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos La manera detallada en la cual se percibe un ruido impulsivo se describe a continuación:

- Se mide el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante T_i , L_A , T_i .
- Se mide el nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal Impulso (Impulse; en inglés), promediado en el tiempo T_i , L_{AI} .
- Se calcula la diferencia

$$L_i = L_{AI} - L_A, T_i.$$

Ecuación 6 – Determinación de corrección por impulsividad

Si $L_i < 3$ dB(A), no hay componentes impulsivos.

Si 3 dB(A) $\leq L_i \leq 6$ dB(A), hay percepción neta de componentes impulsivos.

Si $L_i > 6$ dB(A), hay percepción fuerte de componentes impulsivos.

- Finalmente se hace la corrección con base en los siguientes criterios:

Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).

Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).

Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

Las correcciones en decibeles, de acuerdo con el Artículo 6 de la Resolución 627 de 2006, se efectúan por la expresión:

$$L_{Req,T} = L_{eq,T} + (KI, KT)$$

Ecuación 7 - Cálculo de correcciones de nivel

Donde:

L_{Req} = Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido en un tiempo T

L_{eq} = Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido en un tiempo T

KI es un ajuste por impulsos (dB(A))

KT es un ajuste por tono (dB(A))

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{eq,T}$, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

9.6. Selección de puntos de monitoreo

La priorización de los puntos de monitoreo correspondió al análisis del mapa de ruido de Facatativá realizado en el año 2018, tomando como criterio de selección de puntos, los mayores niveles de ruido en los días monitoreados (Hábil y No Hábil) en el periodo de mayor restricción ruido (Nocturno); con el fin realizar el seguimiento y establecer planes de acción para las zonas existentes con mayores contaminantes de ruido en el municipio. Los 45 puntos priorizados, se presentan a continuación:

Tabla 5. Puntos de monitoreo priorizados.

Número de Punto	Punto de monitoreo – Informe 2018	Latitud	Longitud
1	3	4°49'35.715"N	74°21'11.372"O
2	9	4°49'26.54"N	74°21'26.32"O
3	11	4°49'10.803"N	74°22'0.153"O
4	12	4°48'50.51"N	74°21'38.71"O
5	13	4°49'3.99"N	74°21'51.48"O
6	18	4°49'11.290"N	74°21'35.702"O
7	20	4°49'3.154"N	74°21'27.585"O
8	30	4°49'19.445"N	74°20'55.139"O
9	33	4°48'55.009"N	74°21'43.808"O
10	42	4°48'46.884"N	74°21'11.352"O
11	43	4°48'42.71"N	74°21'10.40"O
12	45	4°48'46.874"N	74°21'35.692"O
13	47	4°48'38.761"N	74°20'30.783"O
14	49	4°48'37.98"N	74°20'47.68"O
15	51	4°48'30.619"N	74°20'38.893"O
16	57	4°48'30.606"N	74°21'11.345"O
17	59	4°48'22.474"N	74°20'55.116"O
18	61	4°48'37.66"N	74°21'10.58"O
19	62	4°49'42.46"N	74°21'16.63"O
20	65	4°48'14.329"N	74°21'11.339"O
21	66	4°47'14.98"N	74°20'3.86"O
22	67	4°48'38.738"N	74°21'27.575"O
23	68	4°48'48.16"N	74°21'31.56"O
24	72	4°48'38.742"N	74°21'19.462"O

Número de Punto	Punto de monitoreo – Informe 2018	Latitud	Longitud
25	73	4°48'30.600"N	74°21'27.572"O
26	78	4°47'40.43"N	74°20'33.16"O
27	79	4°49'10.92"N	74°21'34.89"O
28	80	4°48'47.57"N	74°21'18.77"O
29	84	4°47'32.52"N	74°20'26.52"O
30	87	4°47'9.245"N	74°20'6.410"O
31	88	4°47'9.248"N	74°19'58.297"O
32	90	4°48'51.96"N	74°21'27.31"O
33	96	4°47'20.587"N	74°20'29.698"O
34	101	4°47'56.14"N	74°20'44.57"O
35	102	4°48'42.21"N	74°20'50.67"O
36	103	4°47'22.97"N	74°20'17.48"O
37	107	4°47'11.45"N	74°20'7.85"O
38	111	4°48'42.56"N	74°21'31.50"O
39	114	4°49'16.35"N	74°20'58.16"O
40	117	4°48'29.6"N	74°21'9.2"O
41	118	4°48'46.50"N	74°21'13.90"O
42	119	4°48'34.18"N	74°20'40.08"O
43	120	4°48'57.38"N	74°21'1.17"O
44	121	4°49'7.68"N	74°21'54.84"O
45	123	4°49'7.88"N	74°21'34.59"O

Fuente: (Autores, 2021)

A continuación, se presenta la ubicación de los puntos de monitoreo, mediante la herramienta de Google Earth:

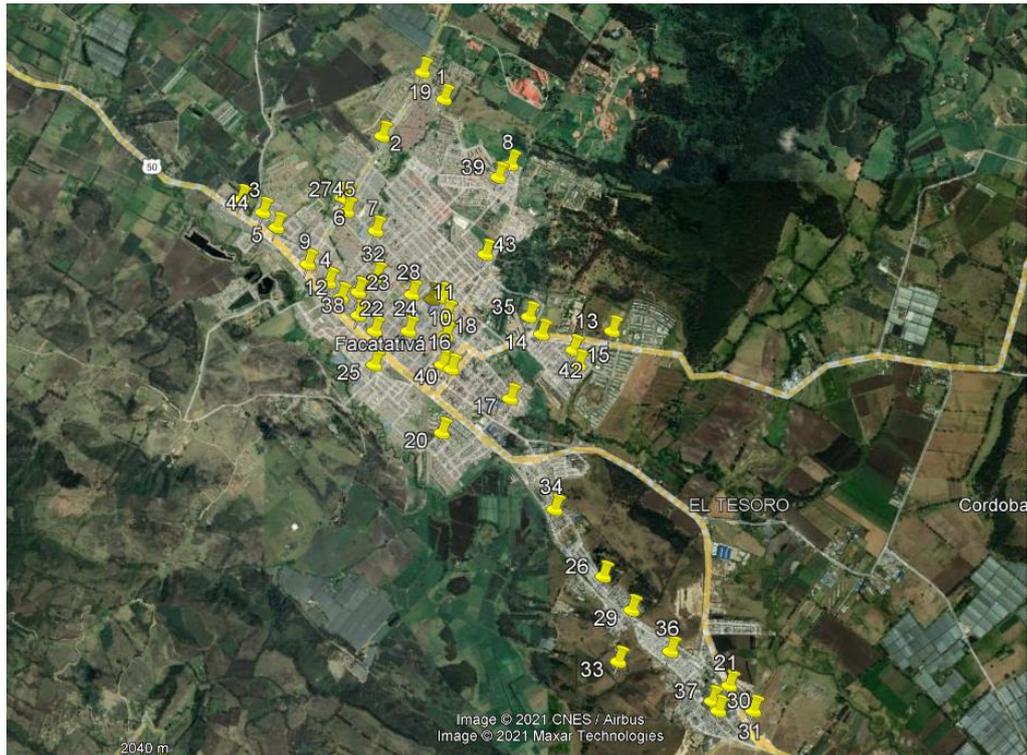
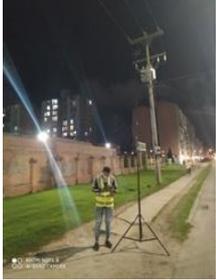
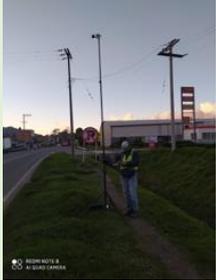


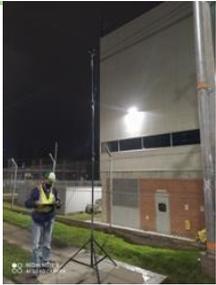
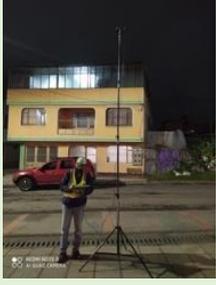
Figura 10. Ubicación de puntos de Monitoreo – Google Earth
Fuente: (Autores, 2021)

9.7 Identificación de puntos monitoreados

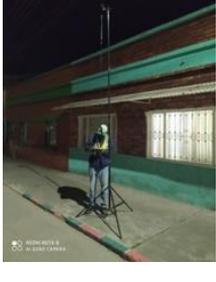
La identificación de los puntos de medición se realizó mediante visita técnica por medio de la ubicación cartográfica indicadas en el informe de 2018, con el fin de iniciar las actividades de monitoreo y recopilación de datos de campo. A continuación, se presentan la identificación de los puntos de monitoreo:

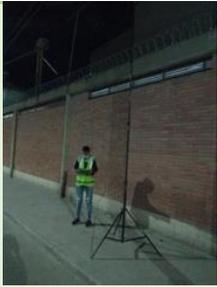
Tabla 6. Puntos de medición.

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
1	Diagonal 11 No. 4A-30. Cerca de Panadería "Mi Llanito" y Parqueadero "Rally". Diagonal cancha sintética.	Residencial	
2	Calle 15 No. 16-15. Conjunto Residencial "Tulipanes" y colegio "Manuela Ayala de Gaitán"	Residencial	
3	Carrera 1A con Calle 20Sur vía Bogotá-Villeta. Parqueadero "Oasis B&R".	Residencial	
4	Carrera 1A con Calle 11 vía Bogotá-Villeta. Cerca talleres y bodegas.	Comercial	
5	Carrera 1A con Calle 17Sur vía Bogotá-Villeta. Cerca lavaderos, bodegas y talleres.	Residencial	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
6	Calle 15 No. 5-64. Frente a fábrica "Yanbal", almacén Zapatoca y centros odontológicos.	Residencial	
7	Calle 13 No. 5-42. Plazoleta C.C. El Pórtico.	Residencial	
8	Calle 9 con Carrera 18. Zona residencial frente a antena de telefonía celular.	Residencial	
9	Carrera 1 con Calle 15. Vía troncal detrás del acueducto y frente a subestación.	Residencial	
10	Calle 7 con Carrera 5. Alrededor de la plaza de mercado.	Comercial	

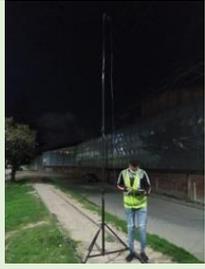
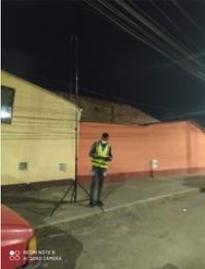
Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
11	Carrera 5 con Calle 6. Zona comercial frente a frutería y heladería	Comercial	
12	Carrera 1 con Calle 11. Zona comercial cerca de puente San Cristóbal.	Comercial	
13	Transversal 10 con Calle 2B Este. Vía El Rosal-Facatativá. Cerca de Portal de María.	Residencial	
14	Carrera 7 con Calle 1. Zona Residencial.	Residencial	
15	Carrera 3A Este con Carrera 7. Diagonal a colegio La Arboleda.	Residencial	

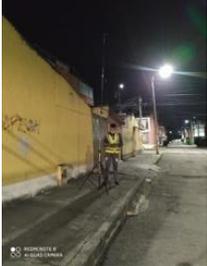
Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
16	Calle 4 con Carrera 2. Cafam, centro de salud Famisanar.	Residencial	
17	Calle 2E No. 3-32. Al oriente del antiguo hospital San Rafael.	Residencial	
18	Carrera 4 con Calle 5. Pastelería Delicakes Cooratiendas, cafeterías.	Comercial	
19	Sobre la Calle 15 frente a la Universidad de Cundinamarca.	Residencial	
20	Carrera 3 Sur No. 1-26. Estación del Ferrocarril al norte.	Residencial	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
21	Calle 25E No. 1B-72. Cerca de locales comerciales como Arte Universal.	Comercial	
22	Carrera 1 No. 8-50. Frente a Agroinsumos, San Miguel, Construfaca, etc.	Residencial	
23	Carrera 2 No. 9-131. Diagonal a Luna Motos.	Comercial	
24	Calle 7 No. 2-58. Frente a teatro municipal.	Comercial	
25	Carrera 2b Sur con Calle 7. Cerca de parque principal, almacén deportivo Mundial y Efecty.	Residencial	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
26	Carrera 1 No. 13-27. Frente a expendio de carnes. Barrio Manablanca.	Residencial	
27	Carrera 15 entre carreras 5 y 6. Frente a fábrica Yanbal y Clínica Cedimec.	Residencial	
28	Carrera 4A con Calle 8. Cerca de Nueva EPS y Best Body.	Residencial	
29	Carrera 1 con Calle 15 B. Al este Barrio San Antonio y vía antigua del ferrocarril.	Residencial	
30	Carrera 1 Sur con Calle 28. Diagonal a Fábrica Alimentos Polar.	Comercial	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
31	Carrera 1 con Calle 30. Cerca de glorieta vía Zipacón.	Comercial	
32	Carrera 3A con Calle 10A.	Residencial	
33	Carrera 9 No. 15-05. Suroeste de Facatativá.	Rural	
34	Carrera 1 con Calle 8 Este. Manablanca.	Residencial	
35	Calle 2 con Carrera 7. Cerca de subestación eléctrica y polideportivo	Institucional	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
36	Calle 19A con Carrera 15.	Residencial	
37	Carrera 1 No. 3-04. Vía Zipacón. Conjunto residencial Portofino.	Residencial	
38	Carrera 1 con Calle 9. Supermercado Ara, frente a Tecniejes.	Residencial	
39	Carrera 15 con Calle 9. Cerca de Cooratiendas.	Residencial	
40	Carrera 3 No. 2-46. Frente a restaurante La Tasca.	Residencial	

Número de Punto	Dirección	Tipo de actividad predominante	Registro fotográfico
41	Carrera 5 No. 7-49. Mercacentro. Plaza principal de mercado al oriente.	Comercial	
42	Calle 1B con Carrera 6.	Residencial	
43	Carrera 11 con Calle 7. Diagonal a biblioteca municipal.	Residencial	
44	Carrera 1 No. 18B-12. Separador de la troncal Faca-Albán-Sasaima. Frente a Surtimax.	Residencial	
45	Carrera 5 con Calle 14B. Entrada supermercado Zapatoca.	Residencial	

Fuente: (Autores, 2021)

Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas por la empresa CONINTEGRAL laboratorio acreditado ante el IDEAM para la matriz ruido, de acuerdo con la Resolución N° 0824 de 06 de Agosto 2019. .

En el ANEXO 3, se presentan la resolución de acreditación del laboratorio y en el ANEXO 4, se presentan los registros fotográficos de las mediciones de ruido.

10. Resultados y análisis

A continuación, se presentan los promedios logarítmicos consolidados de los niveles de ruido ambiental obtenidos en cada uno de los puntos de monitoreo, a partir de los registros de ruido obtenidos en cada una de las posiciones de medición:

Tabla 7. Niveles de ruido ambiental promedio consolidados.

Punto	Niveles de ruido promedio Leq monitoreados			
	Hábil	Hábil	No Hábil	No Hábil
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
1	59.8	62.4	62.7	64.0
2	70.8	67.8	67.6	69.5
3	74.0	67.6	73.3	69.3
4	75.2	70.9	84.8	71.9
5	72.9	68.9	71.0	69.6
6	75.5	65.9	72.3	70.6
7	64.6	58.4	61.3	57.3
8	71.3	58.7	69.3	57.0
9	75.5	70.0	70.3	69.3
10	74.3	67.1	69.3	71.9
11	71.4	66.6	69.7	63.9
12	76.2	71.8	78.8	68.8

Punto	Niveles de ruido promedio Leq monitoreados			
	Hábil	Hábil	No Hábil	No Hábil
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
13	70.0	61.2	72.0	71.6
14	66.5	63.5	71.6	69.1
15	60.2	61.0	61.8	56.3
16	70.4	67.2	65.9	69.7
17	68.2	77.3	63.1	60.8
18	68.4	63.2	73.9	68.9
19	70.9	65.4	67.7	64.8
20	62.0	62.4	64.0	72.5
21	73.2	59.4	74.7	74.2
22	72.6	67.7	76.1	60.7
23	72.1	68.1	72.5	66.9
24	74.8	65.3	70.7	72.9
25	66.0	63.4	67.8	66.5
26	59.4	66.6	68.3	70.8
27	71.2	68.9	72.5	70.6
28	62.1	62.3	64.3	60.4
29	70.2	71.1	57.8	52.5
30	73.2	60.0	66.0	66.0
31	61.2	62.9	56.7	57.1
32	67.4	66.5	57.5	60.5
33	58.2	52.9	57.7	49.4
34	62.2	65.4	72.3	74.2
35	75.7	58.7	57.0	71.5
36	63.7	60.6	67.7	59.4
37	74.0	66.8	71.5	69.0

Punto	Niveles de ruido promedio Leq monitoreados			
	Hábil	Hábil	No Hábil	No Hábil
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
38	75.4	70.8	75.0	69.7
39	66.6	61.5	58.8	72.3
40	69.3	58.0	69.0	67.9
41	73.3	71.7	70.0	65.9
42	58.2	59.6	64.3	65.6
43	58.9	64.6	62.0	58.0
44	73.6	69.1	62.8	68.9
45	73.1	70.8	68.0	72.2

Fuente: (Autores, 2021)

Teniendo en cuenta los niveles promedio consolidados en los puntos de monitoreo, se obtuvieron los siguientes resultados:

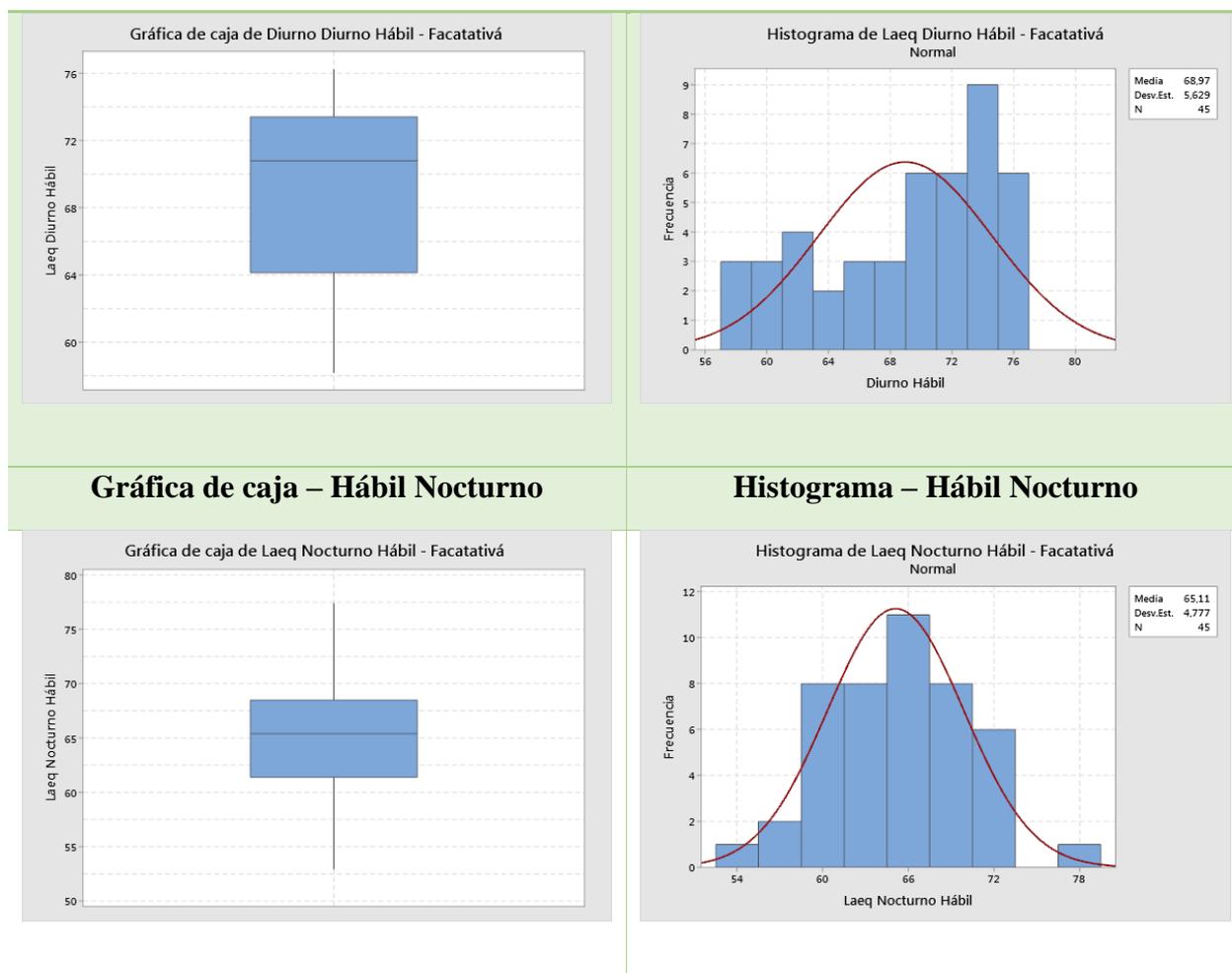
- Los niveles promedio Leq monitoreados en día hábil diurno, se encuentran en el rango de valores de 58.2 dB(A) a 76.2 dB(A). El más bajo se registró en los puntos P33 y P42 y el más alto se evidenció en el Punto P12. La media de los niveles monitoreados se encuentra en 69.0 dB(A). El Punto P33 se ubica en zona límite entre rural – urbana, donde se presentan aportes de zonas residenciales, el Punto P42 en zona residencial con aportes de la comunidad y el Punto P12 con zonas comerciales y con aportes principales del flujo vehicular de la Carrera 2.
- La evaluación en el periodo hábil nocturno indica valores de ruido ambiental en un rango más extenso, en donde el punto P33 registra el nivel equivalente más bajo de 52.9dB(A), mientras que el punto P17 alcanzó un nivel alto de 77.3 dB(A), con la presencia de zonas residenciales principalmente. La media entre los niveles de ruido monitoreados se encuentra en 65.1 dB(A) .

- Para el periodo hábil entre los horarios diurno y nocturno, se evidencian que los niveles son mayores para la franja diurna, debido principalmente a los aportes de las actividades de las personas y los flujos de tráfico vehicular sobre los ejes vehiculares cercanos.
- Durante las mediciones del periodo no hábil diurno se encontraron niveles con rangos más amplios, con valores desde 56,7dB(A) y 84,8 dB(A), los cuales se presentan en los puntos P31 y P4, los cuales se correlacionan directamente con las suspensiones de las actividades comerciales sobre el punto P31 y la operación de parqueaderos de vehículos y la presencia de locales de servicios para automóviles sobre el punto P4. La media para este periodo de análisis se encuentra en 67.8 dB(A).
- En cuanto a los niveles equivalentes de ruido ambiental monitoreados en el periodo no hábil nocturno, se presenta una media 66.2dB(A), con un nivel mínimo de 49,4dB(A) en el punto P33, donde se presentan aportes de la comunidad principalmente y un nivel máximo de 74,2dB(A) en los puntos P21 donde se presentan aportes relevantes de zonas residenciales y en el P34 donde se presentan aportes vehiculares y zonas residenciales principalmente.
- En general se observa que en los periodos diurnos para los días hábiles y no hábiles, se presentan mayores niveles de ruido respecto al nocturno, debido principalmente a los aportes de las actividades de las personas, los sectores productivos y del tráfico vehicular de municipio.

En el ANEXO 5, se presentan los consolidados de las mediciones de ruido ambiental.

A continuación, se presentan la estadística descriptiva obtenida de los consolidados de ruido obtenidos en los puntos medidos durante los periodos y días de evaluación, en el municipio de Facatativá:

Tabla 8. Datos estadísticos - Niveles consolidados en Facatativá en Día hábil
Gráfica de caja – Hábil Diurno **Histograma – Hábil Diurno**

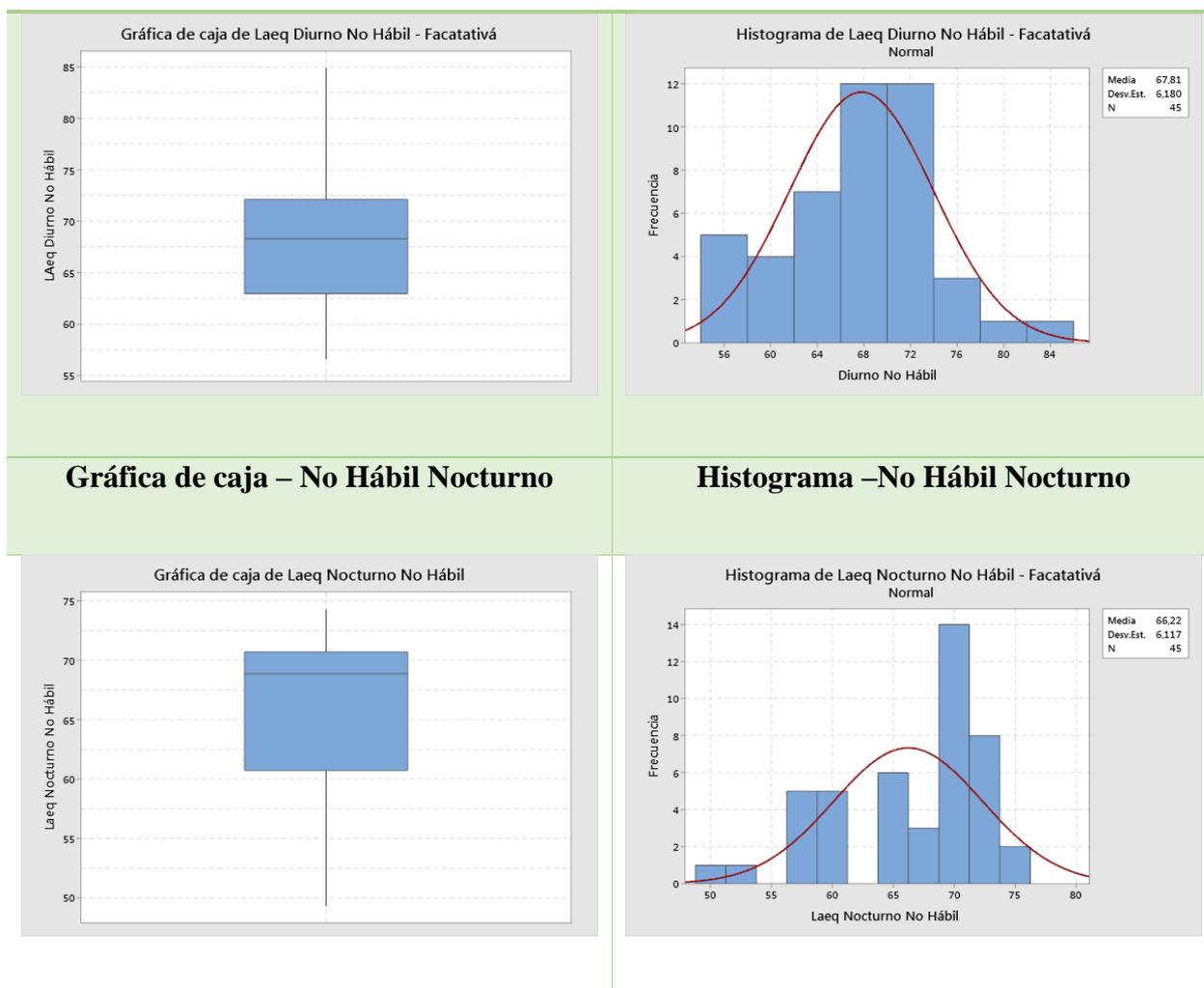


Fuente: (Autores, 2021)

Los datos estadísticos descriptivos de los niveles de ruido ambiental en días hábiles, permiten realizar los siguientes análisis:

- De acuerdo con las representaciones estadísticas de los datos de ruido ambiental monitoreados en día hábil, se encuentra que para el horario diurno los datos presentan una desviación de 5.62% y una media de 68.9dB(A), con un rango de niveles entre 58.2 y 76.2 dB(A). Para el horario nocturno se presenta una desviación de 4.77% y una media de 65.1 dB(A), con un rango de niveles entre 52.9 y 77.3dB(A).

Tabla 9. Datos estadísticos - Niveles consolidados en Facatativá en Día no hábil
Gráfica de caja –No Hábil Diurno **Histograma – No Hábil Diurno**



Fuente: (Autores, 2021)

Los datos estadísticos descriptivos de los niveles de ruido ambiental en días no hábiles, permiten realizar los siguientes análisis:

- De acuerdo con las representaciones estadísticas de los datos de ruido ambiental monitoreados en día no hábil, se encuentra que para el horario diurno los datos presentan una desviación de 6,1% y una media de 67,81 dB(A), con un rango de niveles entre 56.7dB(A) y 84.8dB(A). Para el horario nocturno se presenta una desviación de 6,1% y una media de 66.2 dB(A), con un rango de niveles entre 49.4dB(A) y 74.2dB(A).

10.1 Caracterización del tráfico vehicular del municipio

10.1.1 Procedimiento para la realización de los aforos vehiculares

El método para el desarrollo de los aforos vehiculares, comprendido el conteo del número de vehículos durante 1 hora, en los entornos vehiculares colindantes con los puntos de medición de ruido ambiental, teniendo en cuenta la clasificación de las vías y las características correspondientes a: número de carriles, dirección de los ejes viales, ancho de las vías, estado de la vía (pavimentada o des pavimentada), velocidad promedio de los vehículos. Esta información se compiló en campo mediante los formatos de aforos.

La tipología de los vehículos se clasificó de acuerdo con las siguientes características:

- Vehículos livianos: Aquellos que circulan por las vías de acuerdo con su peso bruto, el cual se encuentra por debajo de 9000 lb, entre los que se pueden encontrar automóviles, camionetas, colectivos y motocicletas.
- Vehículos pesados: Aquellos que circulan por las vías de acuerdo con su peso bruto por encima de 9000 lb, entre los que se pueden encontrar buses, busetas, camiones de carga, tracto-carros, vehículos industriales o de maquinaria como vehículos de basura, entre otros.

10.1.2 Aforos vehiculares consolidados

A continuación se presentan los aforos vehiculares obtenidos sobre los puntos monitoreados, los cuales se clasificaron en: Livianos en día hábil en periodo diurno y nocturno (LDH y LNH), livianos en día no hábil en periodo diurno y nocturno (LDNH y LNNH), Pesados en día hábil en periodo diurno y nocturno (PDH y PNH), Pesados en día no hábil en periodo diurno y nocturno (PDNH y PNNH). En el ANEXO 6, se presentan los aforos vehiculares consolidados.

Tabla 10. Aforo vehicular consolidado.

Punto	LDH	LNH	LDNH	LNNH	PDH	PNH	PDNH	PNNH
1	803	560	475	122	30	63	10	10
2	300	255	820	67	50	21	35	14
3	737	436	430	302	218	262	177	163
4	1042	646	1543	449	312	343	693	174
5	579	546	405	411	177	317	206	253
6	1033	306	960	175	495	103	30	19
7	414	79	145	26	2	2	3	3
8	29	10	21	15	0	0	0	0
9	1217	567	99	389	403	233	19	277
10	347	137	263	223	93	23	47	46
11	308	45	159	64	240	17	2	50
12	1148	509	1410	396	512	317	460	263
13	795	51	167	1164	131	11	58	271
14	166	180	184	363	30	40	22	25
15	22	50	6	19	2	1	0	1
16	389	278	428	138	15	7	12	11
17	303	167	282	42	35	4	21	0
18	343	383	185	256	40	45	35	28
19	586	20	641	142	63	2	62	19
20	25	67	129	15	4	11	4	7
21	88	235	105	37	20	25	30	12
22	190	78	781	190	80	46	307	80
23	120	55	410	120	30	15	42	30
24	388	141	120	94	175	8	100	1
25	170	51	15	63	7	0	1	6
26	60	128	29	11	0	3	0	0
27	161	102	900	249	7	0	35	30

Punto	LDH	LNH	LDNH	LNNH	PDH	PNH	PDNH	PNNH
28	380	2	324	67	0	0	3	0
29	296	2	6	3	25	0	0	0
30	90	77	45	48	20	14	9	7
31	10	8	8	12	0	0	0	0
32	53	10	12	27	0	0	0	0
33	0	0	2	0	0	0	0	0
34	580	419	307	307	25	105	3	16
35	136	585	39	149	5	73	1	11
36	96	34	31	23	12	0	0	0
37	191	115	129	36	16	9	2	15
38	909	502	1117	600	396	277	384	263
39	37	11	31	15	0	0	0	9
40	465	240	160	47	10	20	110	2
41	259	287	568	317	62	3	5	18
42	15	52	70	30	0	1	10	2
43	15	42	30	13	2	2	0	0
44	880	334	102	265	227	94	12	287
45	634	349	444	115	52	18	0	5

Fuente: (Autores, 2021)

Los aforos vehiculares registrados en los ejes viales colindantes al punto de medición de ruido permiten obtener los siguientes análisis.

- El número máximo de vehículos livianos para del periodo diurno (LDH) es de 1217 y se registró en el punto residencial P9, vía troncal detrás del acueducto. En el punto P33 límite entre rural y urbano se prestaron cero (0) paso de vehículos livianos. La media de vehículos en este periodo es de 374 vehículos.

- El conteo de livianos en día hábil para el periodo nocturno (LNH) indicó una media de 203 vehículos, sin pasos de livianos en el punto P(33) y un valor máximo de 646 en el punto P4, el cual se caracteriza por ser comercial, sobre la vía Bogotá-Villeta.
- Evaluando los pasos de vehículos livianos en día no hábil (LDNH), se presenta un registro de un mínimo de paso de 2 vehículos y un máximo de 1543 vehículos. El paso mínimo se presenta en el punto P33 y el máximo en el punto P4. El valor medio de paso de vehículos sobre los puntos evaluados es de 323 vehículos.
- Por otro lado, en el periodo nocturno no hábil, no se presentó paso de vehículos livianos en el P33 y el máximo de pasos de livianos se presentó en el punto P13, con un registro de 1164, donde se ubican zonas residenciales cerca al Portal de María, vía El Rosal-Facatativá. La media en este periodo fue de 169 vehículos.
- Para el caso de vehículos pesados, se observa que para días hábiles, los mínimos pasos (2 vehículos) se presentan en los puntos P7, P15 y P43 y el máximo de vehículos (512 vehículos) se presenta en el punto P12, el cual se ubica en zona comercial cerca al puente San Cristóbal. Por otro lado, la media de paso de vehículos es de 90 pasos.
- El aforo de vehículos pesados en día hábil en el periodo nocturno (PNH) presenta mínimos pasos (1 vehículo) sobre los puntos P15 y P42 y un máximo registro de 343 vehículos en el punto P4, ubicado sobre una zona comercial. La media en este registro fue de 56 vehículos.
- Los valores registrados para el día no hábil en periodo diurno (PDNH) estuvieron en una media de 66 vehículos pesados, con valores mínimo de paso (1 vehículo) sobre los puntos P25 y P35, así como un máximo registro de 693 vehículos, sobre el punto P4, ubicado en zona residencial.

- Por otro lado, el registro de vehículos pesados en día no hábil en periodo nocturno (PNNH) indicó una media de 54 vehículos pesados, con un registro mínimo de 1 vehículo para los puntos P15 y P24, así como un valor máximo de 287 vehículos para el Punto P44, los cuales se ubican principalmente en zonas de uso residencial.
- En general se observa que las principales vías y las correspondientes a las de ingreso y egreso al municipio, presentan el mayor tráfico pesado y de livianos, el cual es recurrente para el periodo Diurno respecto al Nocturno.

10.2 Evaluación normativa de niveles de ruido ambiental

A partir de los datos obtenidos en el monitoreo de ruido ambiental, se realizan los cálculos que permiten establecer los niveles para la comparación normativa, de acuerdo con los lineamientos de la Resolución 0627 de 2006. Los niveles de ruido ambiental corregidos, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 11. Niveles normativos corregidos $L_{RAeq,T}$
Niveles de ruido promedio Leq corregidos

PUNTO	Hábil	No Hábil	Hábil	No Hábil
	Diurno	Diurno	Nocturno	Nocturno
1	64.9	68.7	62.4	70.0
2	76.8	70.3	73.8	75.5
3	76.1	78.2	72.5	73.5
4	77.1	90.8	75.4	76.6
5	72.9	76.2	74.1	73.9
6	81.5	77.9	71.5	76.6
7	70.6	62.7	62.6	63.3
8	77.3	75.3	64.7	62.7
9	76.3	76.0	75.4	72.8
10	80.3	74.0	73.1	77.9

PUNTO	Niveles de ruido promedio Leq corregidos			
	Hábil Diurno	No Hábil Diurno	Hábil Nocturno	No Hábil Nocturno
11	77.0	75.3	68.7	68.9
12	77.6	84.8	76.5	74.0
13	71.9	76.2	67.2	71.6
14	67.1	75.2	67.9	69.1
15	63.5	66.0	65.1	59.6
16	73.6	70.5	73.2	75.7
17	70.9	65.6	83.3	66.4
18	73.1	74.8	66.2	74.2
19	76.9	69.9	71.4	68.4
20	65.9	70.0	68.4	77.6
21	79.2	79.2	63.8	80.2
22	78.6	76.9	73.7	66.0
23	78.1	74.0	73.6	72.2
24	80.8	74.0	71.3	78.9
25	69.7	73.8	69.4	72.5
26	62.4	72.6	72.6	76.8
27	77.2	76.5	74.9	76.3
28	65.1	69.6	68.3	63.4
29	76.2	62.8	77.1	57.6
30	79.2	70.5	64.8	71.9
31	67.2	62.7	68.9	60.4
32	73.4	60.5	72.5	66.4
33	64.2	61.4	58.9	54.2
34	68.2	78.3	71.4	78.6
35	80.6	63.0	64.7	77.5

PUNTO	Niveles de ruido promedio Leq corregidos			
	Hábil Diurno	No Hábil Diurno	Hábil Nocturno	No Hábil Nocturno
36	69.7	72.0	65.7	65.4
37	80.0	77.5	71.1	71.1
38	76.3	80.6	76.1	75.7
39	72.6	61.4	67.5	76.4
40	73.3	73.2	61.2	73.9
41	79.3	73.4	77.7	71.5
42	62.2	67.8	64.2	71.6
43	62.9	66.1	70.6	62.7
44	76.6	67.7	75.1	74.6
45	79.1	71.8	76.4	78.2

Fuente: (Autores, 2021)

En el ANEXO 7, se presentan los cálculos normativos de ruido ambiental.

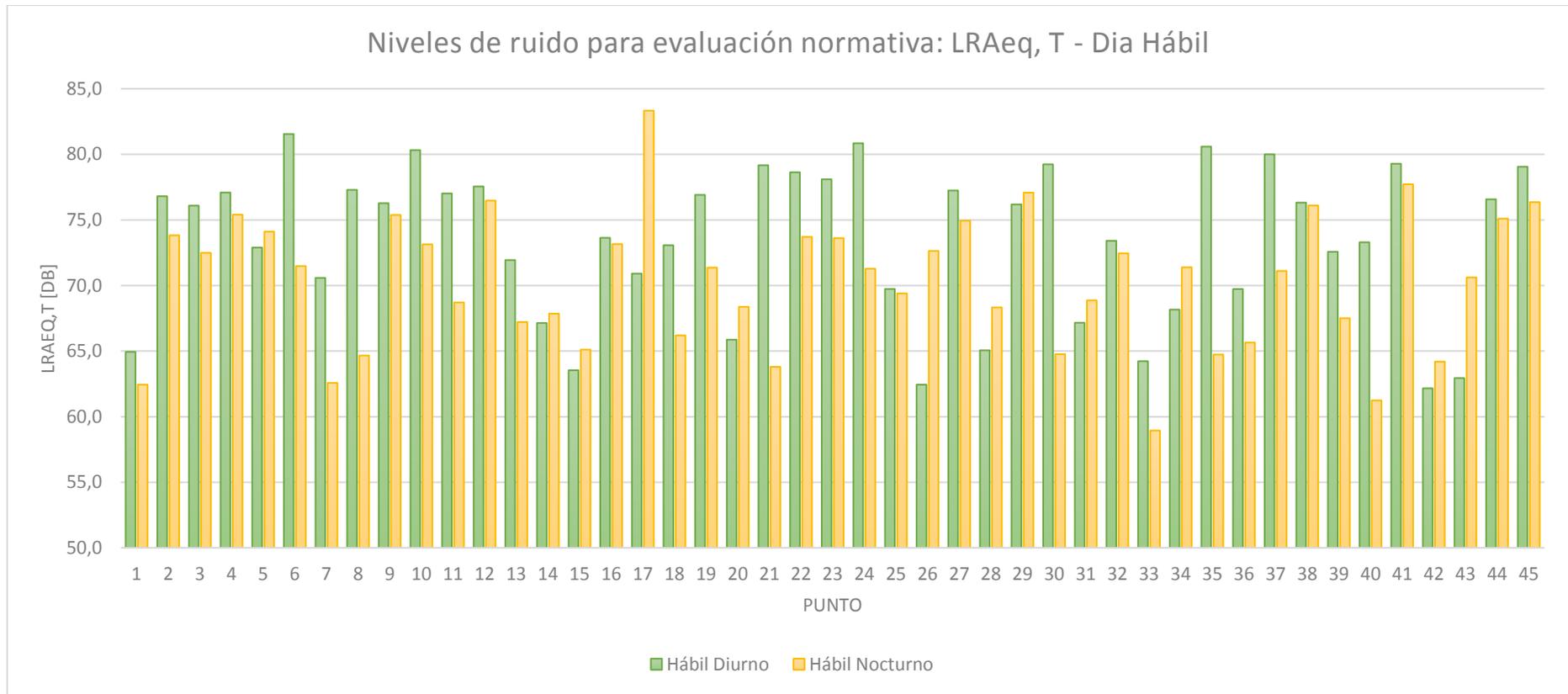


Figura 11. Niveles de ruido para evaluación normativa en Dia Hábil.

Fuente: (Autores, 2021)

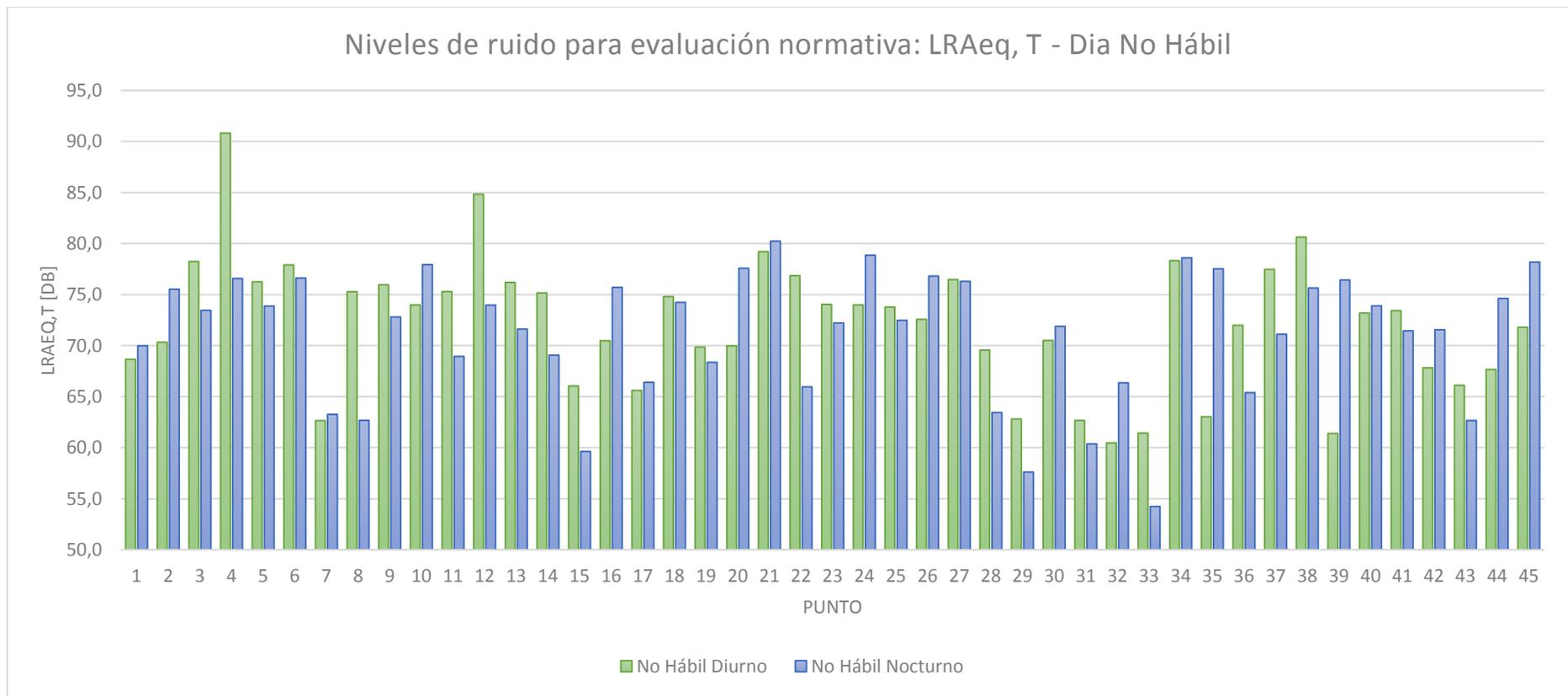


Figura 12. Niveles de ruido para evaluación normativa en Dia No Hábil.

Fuente: (Autores, 2021)

Una vez calculados los niveles para la comparación normativa, se realizó la clasificación de los puntos según el uso del suelo predominante de la zona de análisis, de acuerdo con la información disponible del último POT del municipio del año 2013, como se presenta a continuación:

Tabla 12. Relación entre niveles diurnos y nocturnos, según estándares máximos permisibles indicados en la Resolución 0627 de 2006.

PUNTO	SECTOR
1	Residencial
2	Residencial
3	Residencial
4	Comercial
5	Residencial
6	Residencial
7	Residencial
8	Residencial
9	Residencial
10	Comercial
11	Comercial
12	Comercial
13	Residencial
14	Residencial
15	Residencial
16	Residencial
17	Residencial
18	Comercial
19	Residencial
20	Residencial

PUNTO	SECTOR
21	Comercial
22	Residencial
23	Comercial
24	Comercial
25	Residencial
26	Residencial
27	Residencial
28	Residencial
29	Residencial
30	Comercial
31	Comercial
32	Residencial
33	Rural
34	Residencial
35	Institucional
36	Residencial
37	Residencial
38	Residencial
39	Residencial
40	Residencial
41	Comercial
42	Residencial
43	Residencial
44	Residencial
45	Residencial

Fuente: (Autores, 2021)

10.3 Evaluación normativa por uso de suelo

Los usos de suelo para los puntos monitoreados permiten identificar tres sectores dentro de los 45 puntos evaluados en el municipio de Facatativá, correspondientes a Residencial, Comercial, Institucional y Rural. A continuación se presenta la evaluación de los niveles diurnos y nocturnos para los días hábiles y no hábiles de monitoreo.

10.3.1 Sector B – Tranquilidad y Ruido Moderado - Residencial

La Resolución 0627 de 2006 establece que límites máximos permisibles de ruido ambiental para el horario Diurno y Nocturno, son de 65 dB(A) y de 50 dB(A), respectivamente. Para el total de puntos monitoreados, se evidencio que 32 puntos corresponden a uso de suelo Residencial, obteniéndose los siguientes resultados:

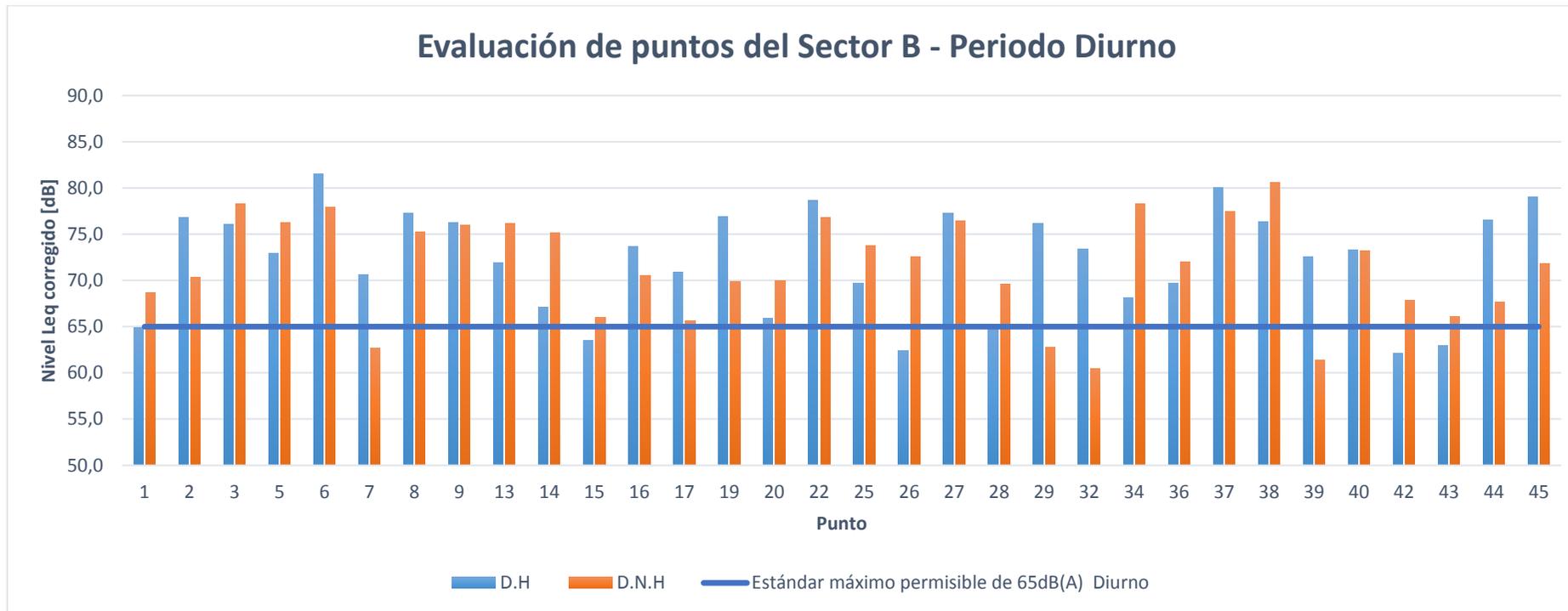


Figura 13. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Diurno en Días hábil y no hábil.
 Fuente: (Autores, 2021)

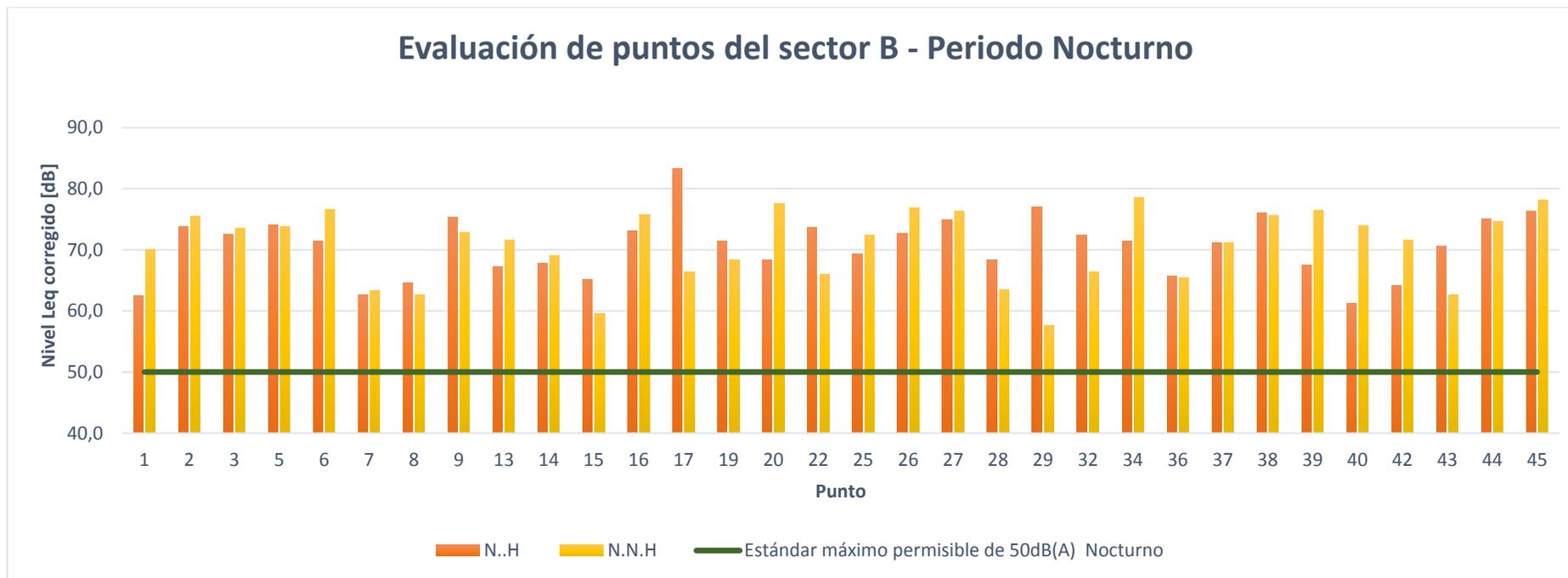


Figura 14. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Nocturno en Días hábil y no hábil.
 Fuente: (Autores, 2021)

- La comparación normativa para los horarios Diurno en días hábiles y no hábiles para los puntos ubicados en zonas de uso de suelo Residencial, de manera general presentan niveles de ruido ambiental por encima del estándar máximo permisible de 65dB(A), con un incumplimiento promedio del 90% de los puntos monitoreados.
- Se observa que el mayor diferencial respecto al estándar de 65dB(A) para el periodo Diurno Hábil, se presentan en el punto P6 el cual presenta un nivel de ruido ambiental de 81.5 dB(A) debido a los aportes de fuentes de tipo industrial como fábricas y almacenes comerciales, seguido del Punto 37 con un registro de 80.6 dB(A), donde se presentan aportes industriales y alto flujo vehicular, así como el Punto 45 el cual presenta un nivel de ruido ambiental de 79,1 dB(A) y se correlaciona con aportes de tipo comercial y flujo vehicular.
- Para los puntos P1, P15, P26, P42 y P43 se presenta cumplimiento normativo con el estándar máximo para el horario diurno (60dB(A)) en día hábil, con valores entre el rango de 62,2 y 64,9dB(A), que evidencia menores aportes de fuentes presentes en el ambiente (Fuentes de tipo comercial y tráfico vehicular) y presentan compatibilidad con las actividades de tipo residencial.
- En promedio, los demás puntos de análisis presentan diferenciales respecto al estándar en el periodo diurno día hábil, entre el rango de valores de 0,9dB(A) y 13.6dB(A), los cuales se presentan en los puntos P20 donde se presenta principalmente usos residenciales y el punto P22, donde se presentan aportes relevantes de actividades comerciales y tráfico vehicular.
- En el caso del periodo diurno para día no hábil, se presentan un comportamiento similar que en día hábil, con diferenciales de ruido respecto al estándar máximo permisible de ruido de 60d dB(A), entre el rango de 0,6 dB(A) y 15,6dB(A), donde los máximos

diferenciales se presentan en el punto P38, donde se presentan un nivel de ruido ambiental de 80,6dB(A), con aportes de zonas comerciales, zonas de congregación religiosa y aportes de tráfico vehiculares; seguido del punto P34 con un nivel de 78,3dB(A), donde se presenta aportes del tráfico vehicular; así como el punto P3, el cual presenta un nivel de 78,2 dB(A), los cuales se encuentran correlacionados con altos aportes del flujos vehiculares, tanto livianos como pesados.

- Los puntos que presentan cumplimiento con el estándar normativo para el periodo diurno no hábil, se presentan en los puntos P29 y P32 con niveles de 62,8 dB(A) y 60,5 dB(A) respectivamente, donde se presentan principalmente actividades de la comunidad en zonas residenciales.
- Los demás puntos de análisis presentan incumplimientos para el periodo diurno no hábil, que se encuentran en el rango de valores de 65,6 y 77,9 dB(A), los cuales se presentan en los puntos P16 y P6, los cuales se encuentra ubicados frente a servicios de salud, fábricas y almacenes comerciales respectivamente.
- La comparación normativa para los horarios Nocturnos en días hábiles y no hábiles para los puntos ubicados en zonas de uso de suelo Residencial, presentan niveles de ruido ambiental por encima del estándar máximo permisible de 50dB(A) en todos los puntos de análisis.
- Se observa que el mayor diferencial respecto al estándar máximo permisible de 50dB(A) para el periodo nocturno hábil, se presentan en el punto P17, el cual presenta un nivel de ruido ambiental de 83.3 dB(A), con la presencia de zonas residenciales y de comercio y servicios.

- Sobre el punto P34 se presenta un nivel de ruido ambiental de 78.6 dB(A) en el horario no hábil, el cual presenta una diferencia de 21.4 dB(A) respecto al estándar de 50 dB(A) para el horario nocturno, en zonas de uso residencial.
- En general se observa que los diferenciales de incumplimiento respecto al estándar de 50dB(A) para el horario nocturno, se encuentran entre los rangos de 11.2 y 33.3dB(A) para el día hábil y entre 7.6dB(A) y 28,6 dB(A) para el día no hábil.

10.3.2 Sector C – Ruido intermedio restringido - Comercial

Para el uso de suelo del Sector C, con actividades comerciales e institucionales, la Resolución 0627 de 2006 establece que límites máximos permisibles de ruido ambiental para el horario diurno y nocturno, son de 70 dB(A) y de 55 dB(A) para el uso comercial y de 65dB(A) y 50 dB(A) para el uso institucional. Para el total de puntos monitoreados, se evidencio que 12 puntos corresponden a uso de suelos relacionados con actividades del Sector C., obteniéndose los siguientes resultados:

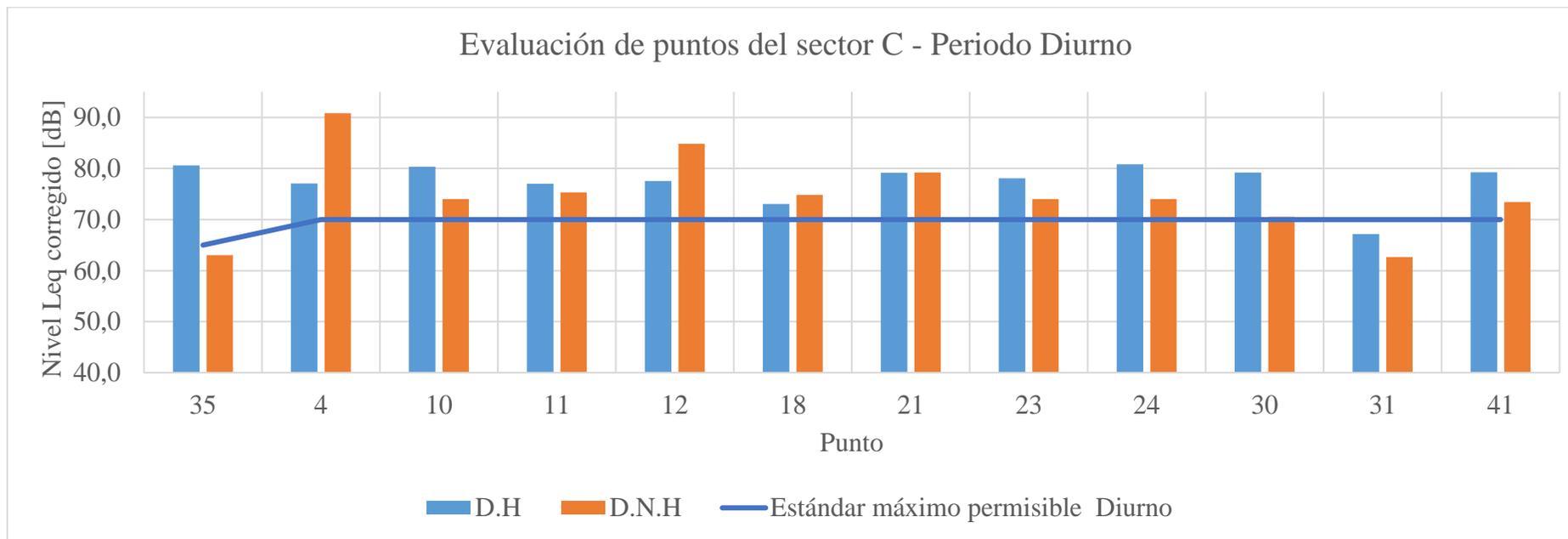


Figura 15. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Diurno en Días hábil y no hábil.
 Fuente: (Autores, 2021)

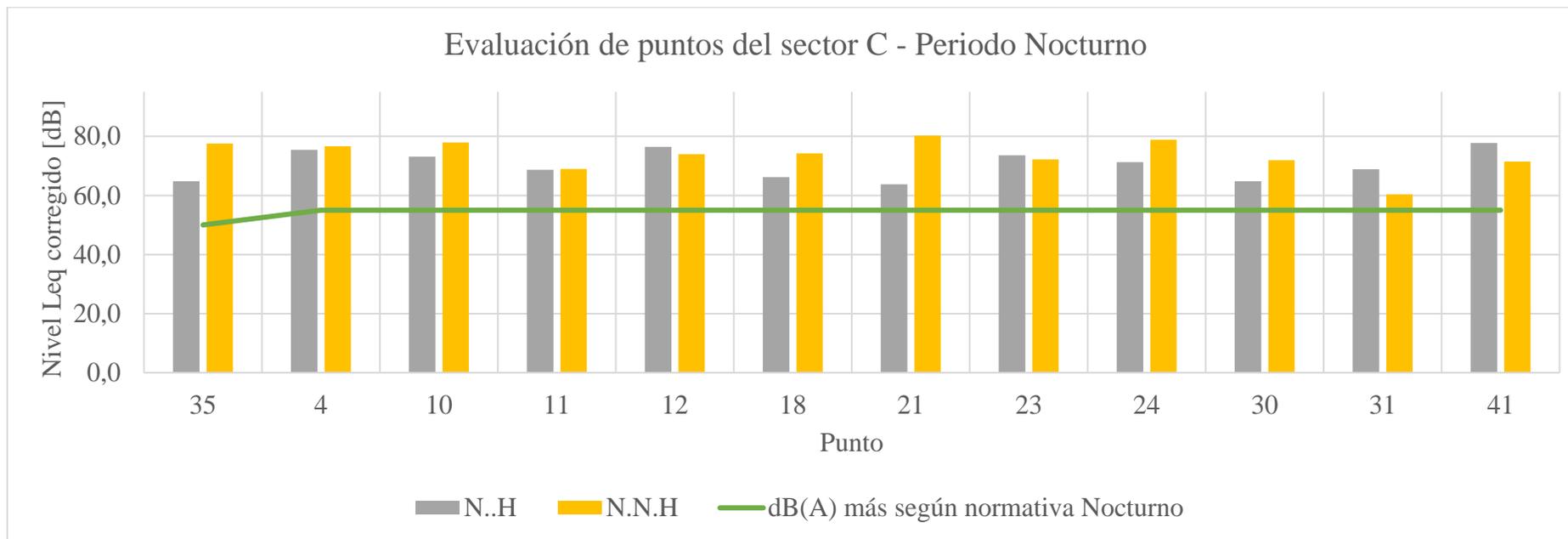


Figura 16. Evaluación normativa – Puntos de sector B – Residencial, periodo Nocturno en días hábil y no hábil.
 Fuente: (Autores, 2021)

- En el punto P35 correspondiente a un uso de suelo institucional Policial, se presentan un nivel por encima del máximo permisible de 65dB(A) para el horario diurno, con un valor de 80,6 dB(A), el cual se encuentra asociado con los aportes de los ejes viales y actividades comerciales en la zona. Para el caso del periodo diurno en día no hábil, se presenta cumplimiento normativo con un nivel de 63.0dB(A), el cual evidencia un menor aporte o incidencia de las fuentes ubicadas en el entorno.
- La evaluación para los horarios diurno en días hábiles y no hábiles para los sectores comerciales, evidencia que en el 99% de los puntos, se presentan incumplimiento normativo con el estándar máximo permisible de 70 dB(A), con diferenciales entre el rango de 3.1 y 10.8dB(A) para el día hábil, y entre el rango de 0,5db(A) y 20,8 dB(A). En contraste solo se encuentra que el Punto 31, se presenta cumplimiento normativo para ambos días (hábil y no hábil), con valores de 67.2fB(A) y 62,7dB(A), respectivamente.
- De manera general se presenta que para los periodos nocturnos en días hábiles y no hábiles, se presenta un incumplimiento generalizado en el total de los puntos monitoreados, con diferenciales ente el rango de 8.8dB(A) y 22.7 dB(A) para día hábil, y entre 5.4 y 25.2dB(A) en los días no hábiles. Los puntos que presentan los mayores diferenciales se encuentran en el Punto P41 para el día hábil nocturno con un valor de 77.7dB(A), el cual presenta en su entorno la plaza de mercado del municipio y aportes del tráfico vehicular; y en el punto P21 para el día no hábil nocturno, donde se presentan aportes de la industria, zonas comerciales y el tráfico vehicular de los ejes colindantes.

10.3.3 Sector D – Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido – Rural

El Sector D, correspondiente a zonas suburbanas o rurales, la Resolución 0627 de 2006 establece que límites máximos permisibles de ruido ambiental para el horario diurno y nocturno, son de 55 dB(A) y de 45 dB(A). Para el total de puntos monitoreados, se evidencio que 2 puntos corresponden a uso de suelo rural, obteniéndose los siguientes resultados:

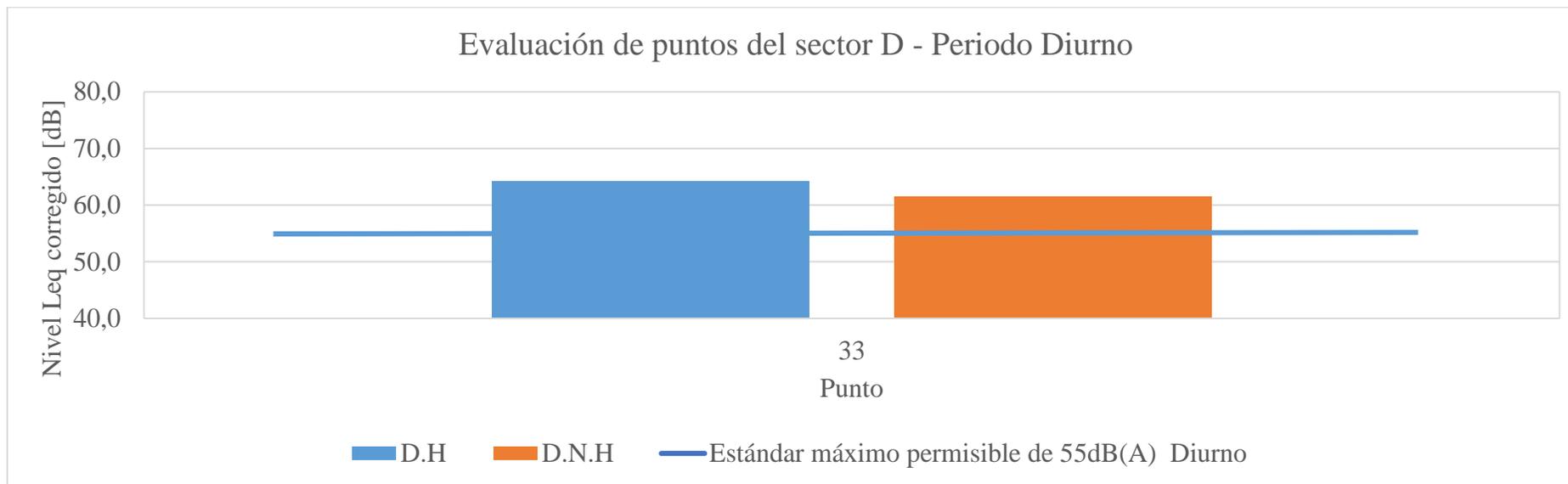


Figura 17. Evaluación de puntos dentro del sector D, tanto en la franja diurna como nocturna, con base en los valores obtenidos en horario hábil y no hábil.

Fuente: (Autores, 2021)

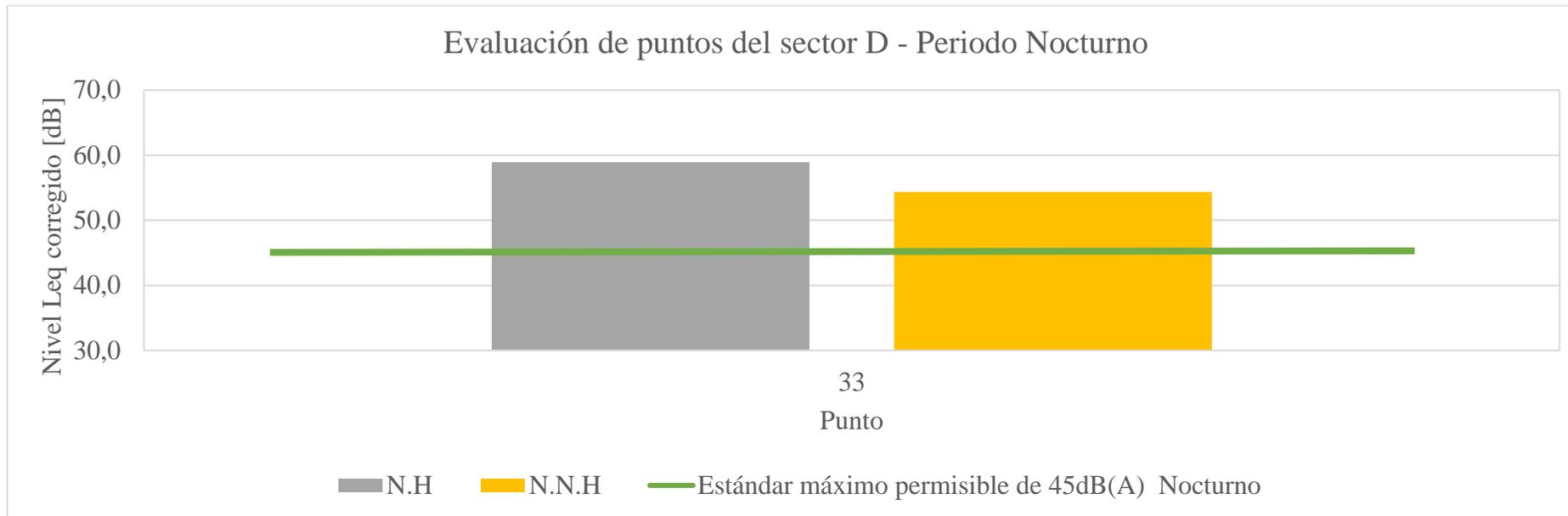


Figura 18. Evaluación de puntos dentro del sector D – Periodo Nocturno, día hábil y no hábil.
Fuente: (Autores, 2021)

- Dentro del sector rural monitoreado se encuentran niveles superiores al máximo permisible de ruido de 55dB(A), para el punto P33, con valores de 64.2 dB(A) para el día hábil y de 61.4 dB(A) para el día no hábil, los cuales se pueden correlacionar con los aportes de la comunidad.
- Para el horario nocturno cuyo nivel máximo permisible para zonas de uso rural es de 45dB(A), se evidencia que el punto P33, se presentan diferenciales por encima de la norma de 13,9dB(A) en día hábil y de 9.2 dB(A) para día no hábil, con valores de ruido ambiental de 58,9dB(A) y 54.2dB(A) respectivamente, los cuales se encuentran correlacionados con los aportes de la comunidad de las zonas residenciales que se encuentran en el entorno de evaluación.

De acuerdo con los datos obtenidos en la evaluación normativa, se establece la priorización de los siguientes puntos para el desarrollo de seguimientos y evaluaciones, teniendo en cuenta el criterio del horario de mayor restricción (Nocturno) para los días de descanso (No hábil), con el fin de evaluar zonas críticas y establecer la eficacia de las acciones de control y mitigación sugeridas en el plan de descontaminación por ruido. Los puntos definidos como de mayor criticidad, se presentan a continuación:

Tabla 13. Puntos críticos de ruido ambiental

Punto	Sector	Uso	Estándar máximo permisible Nocturno	Niveles normativos corregidos LRAeq,T	Diferencial de norma
34	B	Residencial	50	78,6	28,6
45	B	Residencial	50	78,2	28,2
20	B	Residencial	50	77,6	27,6
26	B	Residencial	50	76,8	26,8
6	B	Residencial	50	76,6	26,6
35	C	Institucional	50	80,2	30,2
4	C	Comercial	55	78,9	23,9

Punto	Sector	Uso	Estándar máximo permisible Nocturno	Niveles normativos corregidos LRAeq,T	Diferencial de norma
10	C	Comercial	55	77,9	22,9
11	C	Comercial	55	77,5	22,5
35	D	Institucional	45	77,5	32,5

Fuente: (Autores, 2021)

Los datos obtenidos permiten definir el siguiente plan de descontaminación acústico, con el fin de implementar programas de prevención, seguimiento y control para la mitigación de los impactos generados en los puntos de análisis.

11 Plan de descontaminación acústica

Un plan de gestión para el control de la contaminación acústica para el municipio de Facatativá, debe permitir la identificación, selección y orientación de acciones para la mitigación o control de las zonas donde se presenta la superación de los niveles máximos permisibles de ruido ambiental. Para la puesta e implementación de las acciones y estrategias del plan de descontaminación acústica para el municipio, se debe analizar y establecer las particularidades de la población de análisis, bajo los siguientes lineamientos:

- **Estudio Preliminar**

Permite el diagnóstico y el análisis de las principales zonas de ruido del municipio, de acuerdo con el presente estudio y la información disponible en materia de ruido de la autoridad ambiental, entre las cuales se debe incluir los datos actualizados de: acciones o proyectos desarrollados por entidades de estado, problemáticas identificadas y recurrentes, quejas recibidas, acuerdos ejecutados y planes de ordenamiento territorial.

- **Desarrollo y Ejecución.**

Para el desarrollo e implementación es necesario articular el trabajo interdisciplinar de los diferentes actores involucrados y responsables de la problemática del municipio, bajo el análisis de los siguientes aspectos:

- Análisis de problemas en materia de ruido.
- Socialización entre actores involucrados, responsables e interesados.
- Planteamiento de acciones y medidas de prevención y control.
- Definición de responsables y tiempos de ejecución.
- Evaluación de resultados y mejoras.
- Evaluación y análisis de zonas priorizadas.
- Planteamiento de controles y medidas para zonas prioritarias.
- Aprobación y desarrollo de las acciones por parte de la autoridad ambiental.

Estos análisis y evaluaciones se deben realizar mediante el establecimiento de mesas de trabajo con los diferentes sectores y actores, con el fin de evaluar la viabilidad de las acciones, complementar las propuestas y definir responsabilidad, que permitan el desarrollo e implementación de las acciones y controles. En estas reuniones deben participar los representantes de los sectores responsables, tales como la industrial, el comercio y servicios, el transporte, la comunidad y el estado, para la generación de los comités de ejecución, promoción y divulgación de los planes ante la comunidad en general y los interesados.

- **Responsables de la problemática en materia de ruido**

De acuerdo con los sectores productivos y principales actores de la problemática de ruido del municipio, se identifican los siguientes responsables para el desarrollo y

puesta en marcha de las acciones y la obtención de los objetivos normativos en materia de ruido del municipio:

- **Comunidad:** Las actividades de las personas y sus hábitos diarios contribuyen con la problemática de ruido, debido a que estas incluyen actividades de entretenimiento con el de sistemas de sonido que generan altas contribuciones de ruido en el ambiente. Así mismo se evidencia que el uso del pito al manejar, el uso de dispositivos de sonido a alto volumen en los carros y maniobras no indicadas con los frenos, generan altas emisiones de ruido en el ambiente.
- **Sector de la industria, comercio y servicios:** Dentro de los principales sectores generadores de emisiones de ruido al medio ambiente y que presentan una alta relevancia por su operación en horarios nocturnos, se encuentra el sector de comercio y servicios. Las fuentes de emisión de los establecimientos de comercio abiertos al público contribuyen significativamente con el aumento de los niveles de ruido, debido al uso de sistemas de amplificación de sonido sobre fachadas, puertas, zonas o espacios públicos, junto con la operación de sistemas de alta potencia, que sobredimensionan las necesidades de los espacios y la audiencia.
- **Sector urbano y del transporte:** En los ejes viales se presenta alto tráfico vehicular cuyo parque automotor está compuesto vehículos livianos y pesados, que generan contribuciones de ruido relevantes en el medio ambiente, a los cuales se le incluyen las condiciones específicas de la estructura vial y la invasión de esta, que pueden incidir en malas prácticas de conducción, como lo son el incumplimiento de las normas de tránsito y el uso inapropiado del pito.

- **Zonas de conflicto:** Estas se definen como las zonas o áreas donde se concentran actividades y sectores productivos que generan altas superaciones de los objetivos normativos de la Resolución 0627 de 2006, como pueden ser concentración de actividades de entretimiento como bares y discotecas, zonas con actividades industriales y de manufactura, donde adicionalmente se presentan aportes relevantes del tráfico vehicular y el parque automotor del municipio. En estas se deben definir acciones constantes generando acuerdos entre los actores y compromisos que permitan el alcance de los objetivos normativos.

11.1 Programas de descontaminación por ruido

De acuerdo con la definición de los actores y responsables, se construyeron los siguientes programas y fichas técnicas de implementación, sobre los ejes temáticos de: Gestión urbana y del transporte, Participación ciudadana, Industria, comercio y servicios y Zonas de conflicto.

En cada uno de los programas se formularon medidas para la reducción del ruido, incluyendo: la definición de objetivos, metas, acciones, definiciones de las actividades a desarrollar e indicadores para el seguimiento. Para implementar las acciones y medidas hay que tener en cuenta, que el componente de capacitación y sensibilización es fundamental para iniciar la aplicación del plan, generando el conocimiento y la sensibilización frente a la problemática y las afectaciones generadas en la salud humana y en la convivencia de la población, para luego generar acciones de mitigación y control, para las fuentes que se presentan en los sectores y actividades productivas del municipio. A continuación, se presenta los ítems que componen las fichas para la compilación de las estrategias de prevención, control y seguimiento:

- **Propuesta:** Título del programa/acción a ejecutar.
- **Objetivo:** Establece los objetivos principales de las acciones propuestas.
- **Justificación:** Enuncia la importancia y la necesidad en el desarrollo de las acciones para la consecución de los objetivos propuestos.
- **Tipo de medida:** Se establece el tipo de medida de acuerdo con la metodología de la siguiente clasificación de estrategias:
 - **Prevención:** Estas acciones comprenden el desarrollo de actividades y mecanismos para la adopción de medidas que impidan la generación y el incremento de la contaminación acústica del municipio, mediante estrategias de sensibilización, concientización, y el desarrollo de herramientas políticas y legales.
 - **Mitigación:** Son acciones encaminadas a evaluar problemáticas de ruido existentes para la mitigación de los impactos generados y la obtención de los objetivos de calidad acústica normativos. Comprende las actividades de medición, evaluación, análisis y valoración de las problemáticas identificadas.
 - **Corrección:** estas medidas promueven la implementación y el desarrollo de acciones específicas para el control de los impactos generados, mediante la instauración de sistemas y regulaciones puntuales de acuerdo con la magnitud de las problemáticas evaluadas.
- **Actividades a desarrollar:** Se describen las actividades y los pasos para que estas se ejecuten, así mismo se establecen las evidencias requeridas para el cumplimiento de las actividades.
- **Responsables:** Establece los principales sectores y entidades responsables según las entidades de administración del Municipio.

- **Plazo de ejecución estimado:** definen el plazo de la ejecución de la acción (Corto plazo: 1 a 2 años, mediano plazo: 2 a 3 años y largo plazo de 3 años en adelante).
- **Resultados esperados:** Se estiman los cambios positivos que se darán al implementar el programa.
- **Indicadores propuestos:** Para la evaluación y seguimiento de las medidas se plantean indicadores que permitan valorar la efectividad de estas.

A continuación, se presenta las fichas propuestas para cada programa, con las acciones de prevención y descontaminación de ruido para el municipio de Facatativá:

Tabla 14. Ficha: Gestión urbana y del transporte: Conservación y mantenimiento del pavimento

Propuesta Conservación y mantenimiento de la malla vial	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir el nivel sonoro producido por el tráfico rodado. • Mantener en buen estado la malla vial.
Justificación	<p>El tráfico vehicular es uno de los principales sectores generadores de ruido que va de la mano con el crecimiento del municipio, y a su vez aumenta la generación congestiones vehiculares, que implican un mayor uso del pito, el acelerador y freno, generando emisiones de ruido en el ambiente. Los diferentes análisis investigaciones indican que los factores de emisión de ruido del tráfico vehicular están asociados principalmente al ruido de rodadura por altas velocidades, así como atributos relacionados con el peso del vehículo y al grado de inclinación de las vías. Adicionalmente, el estado de la malla vial puede incrementar el nivel de ruido, debido al impacto de los vehículos sobre los agrietamientos que se generan por la falta de mantenimiento del material de rodadura.</p>
Tipo de Medida	<p>■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección</p>
Actividades a desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar un inventario de los principales ejes viales que presenten agrietamientos o daños sobre su superficie. Generar registro de inventario malla vial en mal estado, así como actas de reunión e informe de avance de la gestión. 2. Determinar el tipo de acción de mejora que garantice la solución al daño del pavimento y generación de informes de calidad de los pavimentos implementados y actas de reunión 3. Supervisar de forma frecuente y óptima las propiedades de la superficie de la vía, generando actas de revisión de los inventarios de la malla vial e informes de avance de la gestión 4. Seleccionar tipos de pavimentos que mantengan sus propiedades físicas por más tiempo, sin presentar cambios considerables en su superficie, según el tipo de vía. Aplicar dicho material en procesos de mantenimiento futuros. 5. Actas de revisión de los inventarios de la malla vial y generar informes de avance de la gestión
Responsables	<p>- Tránsito y Transporte - Secretaría de Obras Públicas - Secretaría de Planeación</p> <p>Actores que ayudan a la conservación de la malla vial:</p> <p>- Agremiaciones de transporte público - Juntas de acción comunal</p>

Propuesta		Conservación y mantenimiento de la malla vial				
Plazo de ejecución estimado	Mediano plazo (Entre 12 y 36 meses)					
Resultados esperados	Disminución de los niveles de ruido Mejoramiento de la calidad del aire. Disminución en tiempos y costos de transporte.					
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento					
	Descripción	Fórmula/ Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador	
	Inventario de vías en mal estado	Numero de vías identificadas	Evidencias de documentación de los inventarios por medio de foto registros y bases de datos actualizadas	Semestral	Documentos de avance de la gestión	
	% de avance de las obras Km de vía restaurado	% avance mensual real % avance mensual proyectado	% de avance determinado por la empresa encargada de la obra	Semestral	Registro de avances de la obra / informes de gestión / Actas de reunión	

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 15. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Identificación y control de vehículos ruidosos

Propuesta	
Identificación de vehículos ruidosos y que realizan perifoneo	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los niveles máximos permisibles de emisión sonora provenientes de los distintos tipos de vehículo como los son: livianos, pesados, motos, servicio público, entre otros. • Realizar medición de niveles de emisión de ruido periódica y obligatoria a todos los vehículos.
Justificación	<p>De acuerdo con el artículo 44 del decreto 948 de 1995, el uso de altoparlantes y amplificadores está prohibido en zonas de uso público y el uso de aquellos que instalados en zonas privadas generen ruido que trascienda al medio ambiente, salvo para la prevención de desastres, la atención de emergencias y la difusión de campañas de salud.</p> <p>La utilización de instrumentos o equipos en la realización de actos culturales, deportivos, religiosos o políticos requiere permiso previo de la autoridad competente.</p>
Tipo de Medida	<p>■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección</p>
Actividades a desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar la verificación de una muestra de vehículos según su tipología para la verificación del cumplimiento normativo en cuanto a emisiones sonoras. Llevar registro de establecimientos para revisiones técnico-mecánicas en relación con ruido y generación de informe de avance de la gestión 2. Verificación de los niveles de ruido acorde a la Resolución 8321 de 1983 del Ministerio de Salud, para vehículos de servicio público. Generar informes de cumplimiento. 3. Solicitar a los establecimientos de diagnóstico automotriz verificados y regulados, la obligatoriedad de realizar el diagnóstico por ruido en los automotores. Generación de cartas de información a establecimientos e informe de avance de la gestión. 4. Campañas de sensibilización y educativas a los infractores en relación con el uso adecuado de las bocinas y la prohibición del uso de altavoces al interior de los vehículos Generación de papelería publicitaria alusiva a la campaña e informe de avance de la gestión.

	5. Posterior a las medidas de sensibilización y educación ambiental en materia de ruido, se debe realizar los procedimientos sancionatorios para los infractores que no acaten la solicitud específica. Generación de reporte de infractores y actas de visitas de inspección o recorridos, así como formatos de registro de las faltas de los infractores.				
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Policía Nacional - Tránsito y Transporte - Secretaria de Planeación - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente 				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: Seis meses para la implementación de la disposición y dos meses para su verificación a partir de la entrada en vigor.				
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de ruido - Reducciones de niveles máximos y/o picos - Mejora de la calidad de aire - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica <p>- En los CDA se hacen revisiones técnico-mecánicas donde se verifique el estado de los vehículos en cuanto al exhosto y a los dispositivos que generan ruido</p>				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Listado de vehículos evaluados	% vehículos evaluados % vehículos no conformes	Informes de evaluación de los centros de diagnóstico automotriz	Semestral	Informes técnicos de cumplimiento / informes de avance de la gestión
	% de vehículos y personas sensibilizadas	# Personas sensibilizadas	% de avance determinado por los aforos vehiculares	Semestral	Formato de capacitación o sensibilización / Informe de avance de la gestión

			en las zonas con mayor conflicto.		
	% de infractores por perifoneo o uso inadecuado de sistemas de alta voces	# de infractores mes # personas sensibilizadas	% reducción de infractores sin permisos al mes	Bimestral	Listado de infractores / Informe de avance de la gestión
	Inspección de los CDA con capacidad técnica para evaluación de emisiones sonoras de acuerdo con la resolución	# de infractores mes # personas sensibilizadas	Aumentar el % de CDA que realicen la verificación de emisiones en relación a ruido	Semestral	Inventario de CDA / Registro de vista de inspección CDA / Informe de avance de la gestión

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 16. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Reducir el volumen de tráfico

Propuesta	
Reducir el volumen de tráfico	
Justificación	El ruido generado por el tráfico rodado se genera principalmente en cuatro puntos de emisión: el motor, las llantas, el exhosto y el sistema de frenos. La disminución del tráfico vehicular en zonas con mayor conflicto minimiza el impacto por ruido generado por dicho contaminante.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir los niveles de emisión de ruido y material particulado generados por tráfico rodado. • Establecer horarios de circulación y restricción para los vehículos con mayores niveles de emisión de ruido según revisión. <ul style="list-style-type: none"> • Promover el uso de bicicleta o vehículos no motorizados <ul style="list-style-type: none"> • Estímulo de transporte público
Tipo de Medida	<ul style="list-style-type: none"> ■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección

Propuesta	
Reducir el volumen de tráfico	
Actividades a desarrollar	<p>1. Realizar aforos vehiculares de larga duración (diarios y/o semanales en días hábiles y no hábiles) en los puntos identificados con altos niveles de contaminación acústica, con el fin de evaluar los entornos y las contribuciones de las emisiones del tráfico vehicular tanto pesado como liviano en horarios pico y valle, al ruido ambiental de las zonas; para poder viabilizar restricciones vehiculares en donde se presenten usos prioritarios como hospitales, guarderías, hogares geriátricos, entre otros. Generación de informe y análisis de los resultados de los aforos vehiculares. Generar actas de reunión entre las entidades competentes para la definición de las áreas donde se debe viabilizar las restricciones de movilidad.</p> <p>2. Campañas de promoción e incentivación por el uso de medio de transporte alternativo o bicicletas por medio de actividades con la comunidad, eventos públicos, campañas en medios de transporte masivos, solicitar al sector empresarial incentivar a los trabajadores con bonificaciones por uso de este medio de transporte. Generación de papelería publicitaria y cartas a empresas solicitando adoptar buenas prácticas / campañas, así como generación de informe avance de gestión.</p> <p>3. Realizar estudios de movilidad sobre los puntos identificados con altos niveles de contaminación acústica, con el fin evaluar los entornos e identificar la contribución de la congestión vehicular al ruido ambiental de las zonas con usos prioritarios (hospitales, guarderías, hogares geriátricos, y bibliotecas, entre otros); para viabilizar el uso de bolardos que eviten el parqueo y la concentración de automotores en vía pública, ya que estos inciden directamente en la congestión vehicular y el uso del pito. Generación de informe y análisis de los resultados del estudio de movilidad. Generar actas de reunión entre las entidades competentes para la definición de las áreas donde se puede viabilizar la instalación de bolardos.</p> <p>4. Verificación de rutas alternativas para transporte público que mejoren la relación del ambiente acústico en las áreas donde existe mayor impacto, por medio de análisis de tránsito en la zona. Generación de documento técnico de alternativas de rutas públicas en zonas vulnerables, así como documento de análisis de viabilidad de la propuesta y actas de reunión entre entidades.</p>
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Tránsito y Transporte - Secretaría de Planeación
Plazo de ejecución estimado	Largo Plazo (Más de 36 meses)

Propuesta		Reducir el volumen de tráfico			
Resultados esperados	- Reducción de ruido - Reducción de niveles máximos y/o picos - Mejora de las condiciones de movilidad urbana - Mejora de la calidad del aire - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Disminución del tráfico en zonas sensibles.	# de vehículos / hora	% de disminución de vehículos por áreas sensibles	Anual	Aforos vehiculares en áreas evaluadas
	Disminución del tráfico de motos en zonas sensibles.	# de motos / hora	% de disminución de motocicletas por áreas sensibles	Anual	Aforos de motocicletas en áreas evaluadas
Implementación de parqueaderos para bicicletas	# de zonas adecuadas para bicicletas	% de incremento en el uso de bicicletas	Anual	Documento técnico verificación de posibles áreas adecuadas.	

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 17. Ficha: Acciones acústicas para el tráfico vehicular – Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad

Propuesta Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad	
Justificación	El ruido generado por el tráfico rodado presenta cuatro puntos de emisión: el motor, las llantas, el exhosto y el sistema de frenos. El ruido del motor depende del número de revoluciones y del estado del vehículo. El ruido en las llantas depende de la velocidad del vehículo y de la superficie del pavimento. La disminución de la velocidad minimiza el ruido generado por el motor y las llantas de las fuentes móviles, mejorando los objetivos de calidad acústica.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir los excesos de velocidad y las emisiones sonoras, junto con los índices de accidentalidad. • Mejorar y reorganizar la señalización vial con el fin de evitar excesos e infracciones por falta de visualización. <ul style="list-style-type: none"> • Instalar más reductores de velocidad en zonas de tranquilidad y de protección ambiental. • Ubicar puestos de control en los puntos donde hay mayor cantidad de excesos de velocidad • Realizar campañas de cultura ciudadana para generar conciencia sobre los efectos de los excesos de velocidad.
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Actividades a desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las zonas con falta de señalización y las señales que tienen baja visualización para ser reubicadas o mejorar su impacto visual, así como las áreas sensibles a impactos por ruido donde sea viable la instalación de reductores de velocidad. Generación de inventario de zonas sin señalización, así como actas de reunión entre entidades e informe de avance de la gestión 2. Realizar comparendos educativos en relación con los niveles de velocidad en zonas o áreas que puedan ser impactadas por emisiones sonoras. Generación de reporte de infractores y actas de visitas de inspección o recorridos.
Responsables	- Secretaría de Planeación - Secretaria de Obras Públicas
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: de 12 a 24 meses
Resultados esperados	- Reducción de ruido - Reducción de niveles máximos y/o picos - Mejora de la gestión urbana - Mejora de las condiciones de movilidad urbana

Propuesta		Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad			
	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Disminución de los niveles de velocidad en los ejes viales	% de infractores por exceso de velocidad/mes	% de disminución de infractores por exceso de velocidad/mes	Semestral	Reporte de infractores / Informe de avance de la gestión
	Puntos de control de tránsito que verifican velocidad en los ejes viales.	# de puntos control tránsito *100 # puntos de control tránsito efectuados	% de disminución de infractores por exceso de velocidad/mes	Semestral	Informe de avance de la gestión

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 18. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana

Propuesta		Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana
Justificación	El impacto visual genera cambios de comportamiento en las personas, donde la señalización acústica con mensajes de no pitar, zonas de tranquilidad, señalización de lugares como hospitales y bibliotecas, genera en mediano plazo una conciencia en los conductores que limitan el mal uso y cumplen con la mitigación del impacto sonoro.	

Propuesta	
Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar campañas de impacto visual que permitan mejorar la señalización en pro de mejorar el impacto auditivo en las zonas de tranquilidad. • Capacitar a los ciudadanos mediante interacción directa con el fin de crear cultura con respecto a la importancia de la señalización. <p style="margin-left: 40px;">3. Implementar señalización acústica que indique las zonas de silencio para evitar exceso de niveles en zonas de tranquilidad.</p>
Tipo de Medida	<p>■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección</p>
Actividades a desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inventario de los puntos o cruces viales con altos niveles de contaminación sonora susceptibles a instalaciones de señalización acústica. Generación de inventario de zonas susceptibles de señalización, así como actas de reunión entre entidades e informe de seguimiento a la gestión. 2. Instalación de señales viales pedagógicas en los trazados viales identificados como de interés ambiental en relación con disminución de niveles de ruido en la ciudad. Generación de registro fotográfico de las señales instaladas, así como la base de datos geográfica de los puntos instalados e informes de seguimiento a la gestión 3. Campañas de educación ciudadana en relación con los significados de las nuevas señalizaciones y como actual ante estas. Generación de papelería publicitaria alusiva a la campaña, así como generación de informe de avance de la gestión y reportes de ciudadanía capacitada 4. Realización de comparendos pedagógicos a los infractores que generen molestias en las zonas de tranquilidad demarcadas por la señalización vial acústica. Generación de reporte de infractores, así como Actas de visitas de inspección o recorridos
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Policía Nacional - Secretaria de Planeación - Secretaria de Obras Públicas
Plazo de ejecución estimado	<p>Corto plazo: de 4 a 8 meses</p>

Propuesta		Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana			
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Consolidación de las zonas acústicas tranquilas - Mejora de las condiciones de movilidad urbana <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Identificación de puntos de señalización instalada	# de puntos identificados # de puntos instalados	% disminución de niveles sonoros en puntos instalados	Semestral	Documento técnico verificación de puntos neurálgicos
	# de personas capacitadas	# de capacitaciones realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas en el uso de las bocinas y conocimiento de la señalización	Semestral	Registro de capacitaciones
# de comparendos pedagógicos realizados	# de capacitaciones realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas en el uso de las bocinas y	Semestral	Registro de capacitaciones	

Propuesta		Diseño de señalización para fomentar la educación ciudadana			
			conocimiento de la señalización		

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 19. Ficha: Gestión urbana y del transporte – Educación Conductores y Actores en Movilidad

Propuesta		Sensibilización y capacitaciones para conductores y actores en movilidad	
Justificación	La capacitación y educación por medio de señales viales relacionadas con buenas prácticas de conducción son estrategias orientadas a concientizar a los actores en movilidad, lo que permite disminuir la contaminación acústica en los principales ejes viales de la ciudad.		
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los actores en el sector transporte sobre la temática de ruido y sus efectos nocivos en la salud de las personas • Realizar campañas de concientización con el propósito de educar a los conductores de transporte público sobre el uso de las bocinas en los vehículos. • Capacitar a los conductores en buenas prácticas de manejo, utilización de frenos, aceleración en semáforos y estrés vial. 		
Actividades a desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación de las empresas de transporte público sobre conducción y uso adecuado de las bocinas. Generación de registro de capacitaciones. 2. Solicitar a las empresas de transporte público capacitación permanente a los conductores en relación con contaminación sonora y buenas prácticas de conducción. Generación de registro de capacitaciones. 3. Realizar campañas de sensibilización con el propósito de educar a los infractores sobre los efectos nocivos en la salud y buenas prácticas de conducción. Registro de capacitaciones 		
Tipo de Medida	<ul style="list-style-type: none"> ■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección 		

Propuesta		Sensibilización y capacitaciones para conductores y actores en movilidad			
Responsables	- Convenio con el SENA. - Alianzas con escuelas de conducción. - Convenio con las Instituciones educativas ubicadas en el territorio				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 6 meses y su implementación permanente				
Resultados esperados	- Reducción de ruido diurno - Reducción de ruido nocturno - Aumento en la participación ciudadana				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Capacitaciones para la prevención del ruido por parte de servicio publico	# de capacitaciones realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de los automotores	Mensual	Resultados de pruebas de capacitación a los conductores
	Capacitaciones para la prevención del ruido por parte de escuelas de conducción	# escuelas que incluyen capacitaciones*100 # escuelas	Aprobación de las pruebas de conocimiento en el tema	Mensual	Resultados de pruebas de capacitación a los conductores
			Mensual	Registro de capacitaciones	

Propuesta		Sensibilización y capacitaciones para conductores y actores en movilidad				
	Capacitaciones para la prevención del ruido por parte de las entidades de tránsito	# de comparendos pedagógicos realizados	Evidencia de aplicación de buenas prácticas en el uso de las bocinas y conocimiento de la señalización			

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 20. Ficha: Acciones acústicas para la comunidad – Difusión y sensibilización contra el ruido

Propuesta		Difusión y sensibilización contra el ruido
Objetivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sensibilizar a los ciudadanos sobre la temática de ruido y sus efectos nocivos en la salud de las personas. 2. Generar conciencia frente a la responsabilidad en la mitigación del ruido por parte de la comunidad, mediante el conocimiento de acciones específicas para la convivencia social y el cumplimiento de los objetivos normativos en materia de ruido. 	
Justificación	<p>La comunidad en general se debe sensibilizar frente a la problemática de ruido, mediante la difusión de medidas o la viralización de eventos, pautando en medios de comunicación de manera efectiva. En el contexto de dicha actividad se debe enfocar hacia la difusión de estrategias, así como el conocimiento de los efectos nocivos del ruido sobre la salud y las estrategias para la mitigación de los impactos de ruido generados por las actividades de la comunidad.</p>	
Tipo de Medida	<p>■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección</p>	
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar campañas de sensibilización en los centros educativos para fomentar la cultura de NO al ruido en niños y adolescentes, de igual manera solicitar a los colegios y entidades educativas incluir en su listado de asignaturas contenido sobre contaminación acústica. Realizar registro de visitas a entidades y realiza material pedagógico. 2. Realizar campañas de difusión por diferentes medios de comunicación a nivel local sobre la contaminación sonora dirigidos a la comunidad en general. Realizar registro del material publicitario. 3. Implementar señalización sobre zonas silenciosas y realizar la difusión de estos a nivel local por medio de campañas de sensibilización a la ciudadanía. Realizar registro fotográfico de las actividades. 	

Propuesta		Difusión y sensibilización contra el ruido			
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Secretaria de Educación - Secretaria de Salud - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente -Oficina asesora de prensa - Secretaria de Planeación - Policía regional 				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 6 meses				
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de la gestión urbana - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Difusión de las campañas en relación con la contaminación sonora	# de campañas realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de la ciudadanía	Trimestral	Material promocional de las campañas realizadas
Difusión de las campañas en relación con la	# de campañas realizadas	Evidencia de aplicación de buenas	Trimestral	Registro de las capacitaciones	

Propuesta		Difusión y sensibilización contra el ruido			
	contaminación sonora en colegios y entidades educativas		prácticas por parte de los estudiantes		
	Implementación de unidades divulgativas	# Unidades divulgativas aplicadas*100 Unidades divulgativas definidas	Totalidad de unidades divulgativas realizadas	Mensual	Registro de unidades divulgativas realizadas

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 21. Ficha: Acciones acústicas de Participación Ciudadana – Educación (población infantil y sector educación)

Propuesta		Educación a población infantil, estudiantes básica primaria, media y universitaria
Objetivo	1. Capacitar a la población infantil y estudiantes sobre la temática de ruido y sus efectos nocivos en la salud de las personas. 2. Generar compromisos por parte de las entidades académicas, de incluir en la temática de formación, temas pertinentes para crear cultura sobre descontaminación auditiva.	
Justificación	Se pretende concientizar a la población infantil y estudiantes acerca de la responsabilidad que tienen frente a la mitigación del ruido de la ciudad, que sean entes de control y tengan las competencias de enseñar los efectos nocivos a la salud.	
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección	

Propuesta		Educación a población infantil, estudiantes básica primaria, media y universitaria			
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de actividades lúdicas en entidades educativas en conmemoración DIA MUNDIAL CONTRA EL RUIDO, celebrado el 24 de Abril. Realizar registro de las actividades por parte de las entidades. 2. Solicitud a entidades educativas incluir en sus asignaturas materias en relación con contaminación sonora. Realizar registro de actas por parte de las entidades educativas según acuerdo o convenio. 3. Capacitaciones a estudiantes en relación con los efectos nocivos del ruido sobre la salud humana. Realizar registro fotográfico de las actividades. 				
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Alcaldía Municipal - Instituciones educativas locales - Secretaría de Educación -Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente - Secretaria de Desarrollo Social 				
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: de 12 a 24 meses				
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de ruido diurno - Reducción de ruido nocturno - Aumento en la participación y conciencia ciudadana 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	# de entidades educativas sensibilizadas	# de estudiantes capacitados	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de los estudiantes	Anual	Material promocional de

Propuesta Educación a población infantil, estudiantes básica primaria, media y universitaria					
					las campañas realizadas

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 22. Ficha: Acciones acústicas de Participación Ciudadana – Fomento de la participación ciudadana contra la contaminación acústica

Propuesta Fomento de la participación ciudadana contra la contaminación acústica	
Objetivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participar activamente del día internacional contra el ruido que se celebra el último miércoles de Abril de cada año. 2. Organizar grupos de acción que ayuden a promover el cuidado y el respeto por el entorno, los demás habitantes y el autocuidado de la audición.
Justificación	La ciudadanía debe ser la principal veedora en materia de ruido, deben ser ellos los que denuncien y ayuden a las autoridades competentes a generar un ambiente sonoro tranquilo y que brinde bienestar a la ciudadanía, es lo que se deben incluir en todos los planes mitigación del ruido del municipio.
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de actividades de sensibilización por parte de la alcaldía en conmemoración DIA MUNDIAL CONTRA EL RUIDO, celebrado el 24 de Abril, para los grupos vecinales y juntas de acción comunal. Realizar registro de las actividades por parte de las entidades competentes 2. Generación de brigadas vecinales en contra del ruido que tengan el conocimiento concreto de normativas y manejo de PQR en la ciudad. Realizar actas de reunión con la comunidad y juntas de acción comunal.

Propuesta		Fomento de la participación ciudadana contra la contaminación acústica			
Responsable	- Alcaldía Municipal - Juntas de Acción Comunal - Corporación Autónoma Regional - CAR - Secretaria de Educación -Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente				
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: de 12 a 24 meses				
Resultados esperados	- Aumento en la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana				
Descripción	-Participar activamente del día internacional del ruido en el que se organizan eventos masivos para capacitarse sobre las fuentes de ruido, pérdida irreparable de la audición, entre otros factores nocivos. -Crear equipos en contra del ruido de la ciudad, que sirvan de veedores para mitigar el impacto sonoro de la ciudad.				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	# de grupos veedores en material de contaminación sonora	# de personas capacitadas	Cooperación entre entidades y comunidades organizadas	Trimestral	Actas de reunión y compromisos con la comunidad

Propuesta							Fomento de la participación ciudadana contra la contaminación acústica								
	Actividades de difusión sobre contaminación sonora al público	# de personas que participan del evento*100 # habitantes	Cooperación entre entidades y comunidades organizadas	Trimestral	Registro de la actividad										

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 23. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios– Verificar emisiones acordes a normativas nacionales

Propuesta		Verificar emisiones acordes a normativas nacionales
Objetivo	1. Verificar el cumplimiento normativo vigente de las emisiones de ruido generadas por la fuente de los sectores de análisis. 2. Verificar el cumplimiento de los niveles establecidos para ruido laboral, según normativa nacional vigente 3. Verificar los niveles de ruido percibidos por los puntos receptores más cercanos a las industrias. 4. Verificar que el emplazamiento de la industria esté en un tipo o uso de suelo industrial.	
Justificación	Es de suma importancia que cada industrial haga el control, genere estrategias de mitigación de ruido al interior y al exterior de sus empresas, esto con el fin de realizar seguimiento y control a las actividades desarrolladas, que estas no provoquen molestias en las comunidades asentadas en cercanías.	
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección	

Propuesta		Verificar emisiones acordes a normativas nacionales			
Actividades por realizar	1. Verificación de estudios de ruido de empresas del sector público y privado de sectores de análisis. Recopilar documentos técnicos de cumplimiento normativo Resolución 627 de 2006. 2. Revisión del POT del Municipio. Generación de documento técnico de análisis de usos de suelo del municipio 3. Solicitar a empresas del sector público y privado respecto a los niveles de exposición a ruido ocupacional. Recopilación de documentos técnicos de cumplimiento normativo de la Resolución 8321 de Ministerio de salud.				
Responsables	- Alcaldía Municipal - Secretaria de Planeación - Agremiaciones sectoriales -Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 12 Meses				
Resultados esperados	- Consolidación de zonas acústicas de tranquilidad - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
		# empresas conformes *100			

Propuesta		Verificar emisiones acordes a normativas nacionales				
	Control de las emisiones sonoras	# empresas visitadas	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de cumplimiento normativo	

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 24. Ficha: Acciones acústicas Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Implementación de sistemas de control de ruido

Propuesta		Implementación de sistemas de control de ruido	
Objetivo	1. Calcular y diseñar medidas de control y mitigación de ruido para las principales fuentes generadoras dentro, teniendo en cuenta los resultados de las jornadas de medición. 2. Implementar y/o instalar las medidas de control pertinentes garantizando la atenuación de los niveles excedidos hasta cumplir con lo requerido por las normas vigentes.		
Justificación	Algunos equipos y maquinaria por su operación generan niveles de ruido elevados en los sectores de análisis, por lo que es indispensable que implementen medidas de control de ruido para disminuir estos niveles y que no se vulnere la salud auditiva de los trabajadores y/o comunidades aledañas.		
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección		
Actividades a desarrollar	1. Inventario de empresas con incumplimiento normativo. Listado de expedientes de empresas con problemas de contaminación sonora. 2. Inventario de fuentes de ruido al interior de las instalaciones. Generación de reporte de vista de inspección a empresas 3. Solicitar a las empresas la implementación de sistema de control acústico y verificación normativa. Generación de reporte de solicitud de las entidades competentes a las empresas de los sectores: Industria, comercio y servicios.		

Propuesta	Implementación de sistemas de control de ruido				
Responsables	- Alcaldía municipal - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 8 meses				
Resultados esperados	- Reducción de ruido 24 horas - Reducción de niveles máximos y/o picos - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	# de empresas con registro de sistemas de control	$\frac{\# \text{ empresas conformes} * 100}{\# \text{ empresas visitadas}}$	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de cumplimiento normativo
# de sistemas de control instalados	$\frac{\# \text{ fuentes inventariadas} * 100}{\# \text{ sistemas de control}}$	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de	

Propuesta		Implementación de sistemas de control de ruido				
						cumplimiento normativo

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 25. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Diseño de protocolos y buenas prácticas en contra del ruido

Propuesta	Diseño de protocolos y buenas prácticas en contra del ruido para los sectores productivos.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Documentar los procedimientos de trabajo con el fin de generar el hábito de las buenas prácticas en las labores diarias. • Elaborar la matriz de gestión de riesgos para cada sector. • Elaborar cartillas para las buenas prácticas en el lugar de trabajo en contra del ruido excesivo.
Justificación	Es indispensable que cada trabajador nuevo o antiguo se capacite en buenas prácticas en las labores diarias de trabajo, con el fin de minimizar el ruido generado y que cada uno de estos trabajadores identifique cuáles son los riesgos a los que está expuesto en materia de ruido y cómo prevenirlos.
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación de los trabajadores en buenas prácticas en la minimización de niveles sonoros producto de su actividad 2. Solicitar matriz de riesgos asociadas a emisiones sonoras a las empresas, con el fin de verificar el análisis de riesgo por ruido. 3. Elaborar cartillas para las buenas prácticas en el lugar de trabajo en contra del ruido excesivo
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Alcaldía municipal - Asociaciones de empresas - Convenios con cámara y comercio - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente

Propuesta					
Diseño de protocolos y buenas prácticas en contra del ruido para los sectores productivos.					
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 8 MESES				
Resultados esperados	- Reducción de ruido 24 horas - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Trabajadores capacitados	# de trabajadores capacitados	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Registro de las capacitaciones
	Empresas con implementaciones de protocolos y buenas practicas	# empresas con protocolo*100 # empresas visitadas	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de cumplimiento normativo

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 26. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Consolidación de áreas y zonas productivas

Propuesta	
Consolidación de áreas y zonas productivas	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Definir en conjunto con el departamento de planeación territorial las zonas que podrán ser usadas con fines comerciales, de servicios e industriales, sin afectar las zonas protegidas y o residenciales. • Realizar jornadas de inspección y medición periódicas a las empresas de comercio, servicios e industriales.
Justificación	<p>Es indispensable limitar las zonas de ocio, conocidas como zonas rosas, con el fin de concentrar los niveles en zonas las cuales se pueden controlar y no se dispersen en áreas de conflicto y lleguen a lugares residenciales o de tranquilidad. Es por esto, que se debe diseñar un programa encaminado a la delimitación de estas zonas para el control y seguimiento más eficiente de la contaminación acústica.</p>
Tipo de Medida	<p>■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección</p>
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificación de estudios de ruido para empresas y establecimientos abiertos al público. Registro de documentos técnicos de cumplimiento normativo Resolución 627 de 2006. 2. Revisión del POT del municipio Documento técnico de análisis de usos de suelo del municipio. 3. Definición de zonas acústicamente saturadas para limitación de usos comerciales en el municipio. Registro de documentos técnicos de cumplimiento normativo Resolución 8321 de Ministerio de salud.
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Alcaldía Municipal - Agremiaciones de establecimientos públicos - Agremiaciones de empresas - Inspección de policía - Secretaria de Planeación - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente

Propuesta		Consolidación de áreas y zonas productivas			
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: de 12 a 24 meses				
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de ruido 24 horas - Reducción de ruido nocturno - Reducción de niveles máximos y/o picos - Mejora de la gestión urbana - Consolidación de zonas acústicas tranquilas - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Control de las emisiones sonoras	# empresas conformes*100 # empresas visitadas	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de cumplimiento normativo
	Zonas con control de los límites normativos	# zonas con cumplimiento *100 # Total zonas de análisis	Disminución de niveles sonoros por sector	Trimestral	Documentos técnicos de cumplimiento normativo

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 27. Ficha: Acciones acústicas para el sector de Industria, Comercio y Servicios – Planificación del uso del suelo

Propuesta	Planificación del uso del suelo
Justificación	Para la gestión del ruido es sumamente importante que los usos del suelo estén claramente definidos en el POT, que las zonas de uso mixto se limiten al máximo, se identifiquen al detalle posibles usos permisibles en materias de ruido en la ciudad, para generar estrategias encaminadas a áreas pequeñas de acción, que puedan limitar el funcionamiento de algunos establecimientos en usos no permitidos.
Objetivo	Definir y delimitar claramente los usos de suelo de las distintas zonas
Descripción	<p>Dentro de las jornadas de evaluación y recorridos para reconocimiento de zonas, se evidenció poca claridad en los usos de suelo estipulados. Existen zonas en las que no prevalece un único uso de suelo, lo cual dificulta la selección del uso adecuado y qué restricciones según la normativa nacional vigente se aplica.</p> <p>Los entes de planeación deben actualizar el POT y prever a mediano plazo, la necesidad de definir las zonas de uso comercial y tranquilidad, para evitar excesos de ruido en zonas protegidas y poder ejercer mayor control sobre las emisiones acústicas en cada una de estas.</p>
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Alcaldía Municipal. - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente - Secretaria de Planeación.
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: 12 a 36 meses
Actividades por realizar	1. Planificación y delimitación del POT del municipio, bajo el análisis de las zonas de ruido del municipio y los estudios acústicos realizados.
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de ruido 24 horas - Reducción de ruido diurno - Reducción de ruido nocturno

Propuesta	Planificación del uso del suelo				
	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de niveles máximos y/o picos - Mejora de la gestión urbana - Consolidación de zonas acústicas tranquilas - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana - Cumplimiento de objetivos de calidad acústica 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Obtención de criterios de evaluación para permisos de funcionamiento para establecimientos comerciales	N/A	Solicitud de parámetros específicos en relación con emisiones sonoras	Cada vez que sea necesario	Licencia de funcionamiento de locales comerciales o abiertos al público
Delimitación clara de los usos del suelo del municipio	N/A	Límites normativos claros en los usos de suelo	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos evaluación límites normativos del municipio	

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 28. Ficha: Zonas de conflicto – Difusión y sensibilización contra el ruido

Propuesta	
Difusión y sensibilización contra el ruido	
Justificación	La comunidad en general y los actores generadores de ruido de los diferentes sectores productivos se debe sensibilizar frente a la problemática de ruido, mediante la difusión de medidas o campañas de educación, pautando en medios de comunicación de manera efectiva y mediante la creación de mesas de trabajo en las zonas que presentan los mayores niveles de ruido frente a los estándares máximos permisibles. En el contexto de dicha actividades y reuniones se deben encaminar las temáticas específicas los efectos nocivos del ruido sobre la salud y las estrategias para la mitigación de los impactos de ruido generados por las actividades de las comunidades y sectores productivos.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilizar a los ciudadanos y actores de la problemática de ruido en zonas de conflicto, sobre la temática de ruido y sus efectos nocivos en la salud de las personas. • Generar conciencia frente a la responsabilidad en la mitigación del ruido por parte de la comunidad en general y los diferentes actores productivos, mediante el conocimiento de acciones específicas para la convivencia social y el cumplimiento de los objetivos normativos en materia de ruido.
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Acciones para desarrollar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar campañas de sensibilización en las zonas de conflicto para fomentar la cultura de no a la contaminación por ruido. Generación de registro actividades de sensibilización y creación de material pedagógico y publicitario. 2. Realizar campañas de difusión por diferentes medios de comunicación a nivel local sobre la contaminación sonora dirigidos a la comunidad en general y los desarrollos realizados en las zonas de conflicto. Generación de registro de campañas y creación de material pedagógico y publicitario. 3. Implementar señalización sobre zonas de conflicto y realizar la difusión de estos a nivel local por medio de campañas de sensibilización a la comunidad en general. Realización de registro de las actividades y señalizaciones implementadas.
Responsables	- Actores y responsables de la problemática - Secretaria de Educación - Secretaria de Salud

Propuesta		Difusión y sensibilización contra el ruido			
		- Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente -Oficina asesora de prensa - Secretaria de Planeación - Policía regional			
Plazo de ejecución estimado		Corto Plazo: 6 meses			
Resultados esperados		- Mejora de la gestión urbana - Aumento de la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana			
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	Difusión de las campañas en relación con la contaminación sonora	# de campañas realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de los actores	Trimestral	Material promocional de las campañas realizadas
	Difusión de las campañas en relación con la contaminación sonora en colegios	# de campañas realizadas	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de los actores	Trimestral	Registro de las capacitaciones

Propuesta		Difusión y sensibilización contra el ruido			
	y entidades educativas				
	Implementación de unidades divulgativas	# Unidades divulgativas aplicadas*100 Unidades divulgativas definidas	Totalidad de unidades divulgativas realizadas	Mensual	Registro de unidades divulgativas realizadas

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 29. Ficha: Zonas de Conflicto – Generación de mesas de participación ciudadana contra la contaminación acústica

Propuesta		Generación de mesas de participación ciudadana contra la contaminación acústica
Justificación	La comunidad en general debe ser la principal veedora en materia de ruido, por lo cual ellos mediante la generación de espacios como mesas de trabajo, pueden denunciar y ayudar a las autoridades competentes a identificar zonas con altos niveles de ruido para que estas sean priorizadas, con el fin de analizar las problemáticas y socializar las propuestas para el control y la mitigación de los impactos acústicos generados.	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Generar mesas de trabajo participativo con los principales actores y responsables identificados en las zonas de conflicto por ruido del municipio. • Organizar grupos de trabajo y generar compromisos ciudadanos para la contribución y aporte en las diferentes medidas y acciones para el control del ruido en las zonas de conflicto identificadas. 	
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección	
Actividades por realizar	<p>Generación de mesas de trabajo con los principales actores de las problemáticas de ruido en las zonas de conflicto, con el acompañamiento de las entidades ambientales. Generación de registro de las actividades y reuniones realizadas e informe de gestión.</p> <p>Generación de compromisos por parte de los actores, representantes y entidades de ambiente, con el fin de definir las acciones de mitigación y control para las zonas de conflicto, así como los comités de trabajos y objetivos proyectados.</p>	

Propuesta					
Generación de mesas de participación ciudadana contra la contaminación acústica					
Responsable	<ul style="list-style-type: none"> - Actores y responsables de la problemática <li style="padding-left: 20px;">Alcaldía Municipal <li style="padding-left: 20px;">- Juntas de Acción Comunal <li style="padding-left: 20px;">- Corporación Autónoma Regional - CAR - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente 				
Plazo de ejecución estimado	Mediano Plazo: de 12 a 24 meses				
Resultados esperados	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento en la participación ciudadana - Aumento de la concienciación ciudadana 				
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento				
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador
	# de mesas de trabajo realizadas	# de personas participantes	Cooperación entre entidades, gremios y personas participantes	Mensual	Actas de reunión y compromisos
# de acciones proyectadas y realizadas	# de acciones implementadas *100 # acciones proyectadas	Cooperación entre entidades, gremios y personas participantes	Trimestral	Registro de las acciones implementadas y proyectadas	

Fuente: (Autores, 2021)

Tabla 30. Ficha: Zonas de conflicto– Evaluación de emisiones normativas

Propuesta	
Evaluación de emisiones en zonas de conflicto	
Justificación	Es de suma importancia que la autoridad competente haga el control y genere estrategias de mitigación de ruido en el ambiente, esto con el fin de realizar seguimiento y control a las actividades desarrolladas y mitigar los impactos acústicos generados en la comunidad.
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar el cumplimiento normativo vigente de las emisiones de ruido ambiental en las zonas de conflicto, donde convergen actividades de comercio, servicios e industria y así como altos aportes de tráfico vehicular. - Verificar los niveles de emisión de ruido generados por los principales actores generadores de ruido. <p style="padding-left: 40px;">Verificar los emplazamientos de las actividades productivas y usos de suelo desarrollados.</p> <p>Realizar operativos periódicos de medición de niveles de ruido haciendo uso de las herramientas, como lo son los sonómetros entregados por la corporación a la administración municipal.</p> <p>Capacitar al cuerpo de policía en la toma de información mínima para realizar solicitudes el levantamiento de información específica para los casos de problemáticas o riñas asociadas a la emisión de ruido y la respectiva toma de decisiones por parte de la administración.</p>
Actividades por realizar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inventario de actividades con incumplimiento normativo. Generación de listado de actividades o infractores generadores de contaminación acústica 2. Inventario de fuentes generadoras de ruido de los sectores productivos y actores involucrados. Generación de reporte de visita de inspección de actividades generadoras de ruido. 3. Solicitar responsables los sistemas de control acústico, estudios de cumplimiento y planes de gestión acústica. Generación de reporte de solicitud de las entidades competentes a las actividades o infractores. 4. Capacitar al cuerpo de policía en la toma de información mínima en los casos de problemáticas asociadas al ruido para la toma de decisiones por parte de la administración. Generación de reporte de capacitación.
Tipo de Medida	■ Prevención ■ Mitigación ■ Corrección
Responsables	<ul style="list-style-type: none"> - Alcaldía Municipal - Agremiaciones de establecimientos públicos - Policía regional - Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente

Propuesta		Evaluación de emisiones en zonas de conflicto				
Plazo de ejecución estimado	Corto Plazo: 12 Meses					
Resultados esperados	- Disminución de niveles de ruido en zonas acústicamente saturadas - Mejora de la gestión urbana - Consolidación de zonas acústicas tranquilas					
Indicadores propuestos	Indicadores de Seguimiento					
	Descripción	Fórmula/Descriptor	Criterio de Aceptabilidad	Periodos de Evaluación	Registro del Indicador	
	# de actividades de monitoreo y seguimiento de los niveles de ruido	# Monitoreos y acciones de control	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Vista de monitoreo de ruido	
	# de actividades con registro de sistemas de control, verificación normativa y plan de gestión	# Actividades NO conformes*100 / Actividades totales	Disminución de niveles sonoros por sector	Cada vez que sea necesario	Documentos técnicos de cumplimiento normativo	
	# de Capacitaciones al personal de Policía para la atención de problemáticas o riñas asociadas a la contaminación por ruido	# Capacitaciones en temas de ruido	Evidencia de aplicación de buenas prácticas por parte de la Policía	Trimestral	Actas de reporte de problemáticas por ruido	

Fuente: (Autores, 2021)

12 Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo con el desarrollo del presente estudio, los análisis y resultados obtenidos de los monitoreos y la definición de los planes de acción, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La comparación normativa realizada respecto a los usos de suelo residenciales del municipio, permiten evidenciar de manera general que para el periodo diurno en día hábil, se presenta incompatibilidad normativa en el 90% de los puntos evaluados, donde el estándar máximo permisible es de 65 dB(A). Estos diferenciales presentados evidencian los aportes relevantes de las actividades productivas del municipio, como lo son las actividades comerciales y de industria, así como los aportes de los ejes vehiculares principales. Así mismo se evidencia una incompatibilidad de los niveles de ruido ambiental obtenidos para para los días no hábiles, donde el máximo permisible para zonas residenciales es de 55dB(A).
- Los mayores niveles de ruido ambiental obtenidos en los puntos evaluados del Sector B – Residencial, presentan niveles del máximo orden de 81.5 dB(A) y de 80.6 dB(A) para los periodos diurno en días hábil y no hábil respectivamente, que evidencian condiciones de contaminación acústica respecto a los estándares normativos (65dB(A)), los cuales no permiten el óptimo desarrollo de las actividades de la comunidad en zonas residenciales y evidencian la necesidad de implementar acciones de mitigación y control de impactos.
- Para el periodo diurno para día no hábil en zonas residenciales, se evidencia un comportamiento generalizado de incompatibilidad normativa con el estándar

máximo permisible de ruido de 60d dB(A), donde los puntos de análisis presentan aportes relevantes de los sectores comercial, seguido de aportes de la industria y aportes constantes del tráfico vehicular sobre los ejes vehiculares del municipio.

- La comparación normativa para los horarios nocturnos en días hábiles y no hábiles, presentan niveles de ruido ambiental por encima del estándar máximo permisible de 50dB(A) para todos los puntos ubicados en zonas de uso de suelo Residencial, que evidencian relevantes aportes de ruido de las fuentes y actividades que se presentan en los entornos de medición (Actividades de comercio, servicios y flujo vehicular).
- En el punto de análisis institucional (P35) correspondiente al Sector C., se presentan un nivel por encima del máximo permisible de 65dB(A) para el horario diurno, con un diferencial de 15,6 dB(A), el cual se encuentra asociado con los aportes de los ejes viales y actividades comerciales en la zona. En el periodo nocturno se evidencia una menor influencia de las fuentes ubicadas en el entorno, que permiten el cumplimiento normativo con un nivel de 63.0dB(A). Para los días hábiles y no hábiles se observa el incumplimiento generalizado de los niveles de ruido obtenidos, con diferenciales de 14,7 y 27,5dB(A) respectivamente, que evidencia altos aportes de las fuentes comerciales y del tráfico vehicular de la zona.
- En el 99% de los puntos monitoreados en el sector comercial, evidencian que la evaluación para los horarios diurno en días hábiles y no hábiles, presentan incumplimiento normativo con el estándar máximo permisible de 70 dB(A), con

diferenciales del máximo orden de 10.8dB(A) para el día hábil, y máximo de 20,8 dB(A) para el día no hábil.

- En el periodo nocturno para días hábiles y no hábiles, para todos los puntos monitoreados correspondientes al sector comercial, se evidencia un incumplimiento generalizado, con diferenciales ente el rango de 8.8dB(A) y 22.7 dB(A) para día hábil, y entre 5.4 y 25.2dB(A) en los días no hábiles.
- En el punto evaluado en el sector rural (P33) se encuentran niveles superiores al máximo permisible de ruido de 55dB(A), con valores de 64.2 dB(A) para el día hábil y de 61.4 dB(A) para el día no hábil, los cuales se correlacionad directamente con las actividades de la comunidad en zonas residenciales.
- En el horario nocturno para el punto de monitoreo en uso rural (P33), cuyo nivel máximo permisible para zonas de uso rural es de 45ddB(A), se evidencia diferenciales por encima de la norma de 13,9dB(A) en día hábil y de 9.2 dB(A) para día no hábil, los cuales se encuentran correlacionados con los aportes de la comunidad de las zonas residenciales.
- Los resultados de ruido ambiental y las comparaciones normativas respecto a los estándares máximos permisibles de acuerdo con los usos de suelo, presentan un incumplimiento generalizado de los aportes de ruido presentes en los ambientes de medición, los cuales evidencian la necesidad de implantar acciones de mitigación y control que permitan descontaminar el ambiente y preservar condiciones óptimas para la salud auditiva.

- El planteamiento de los programas de prevención, seguimiento y control para los diferentes sectores de análisis, deben partir de la articulación de las diferentes actores y responsables de los sectores productivos y la comunidad, con el fin de establecer metodologías para el desarrollo de las acciones y la búsqueda del cumplimiento de los objetivos normativos.
- Para la implementación y desarrollo de las acciones de plan de descontaminación acústica es necesaria la creación de un organismo rector que reúna a representantes de las entidades a cargo, con el fin que este realice la evaluación, el seguimiento de las acciones propuestas, para el alcance de las metas establecidas y los indicadores para la descontaminación acústica del municipio. Adicionalmente se deben contar con la participación de entidades interesadas y la comunidad en general
- En los sectores identificados como zonas de conflicto o prioritarias se deben llevar a cabo actividades de sensibilización y el desarrollo de estudios normativos para discriminar de manera detallada los aportes generados por cada una de las fuentes que aportan en las zonas de análisis y así implementar las acciones propuestas para cada sector en específico.

14. Bibliografía

- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2020). *Datos poblacionales*. Funza.
- 01dB. (2020). *Manual Sonómetro Solo 01dB*.
- Acoem. (2021). <https://www.acoem.com/#>. Obtenido de <https://www.acoem.com/#>: <https://www.acoem.com/#>
- Alcaldia, B. (2021). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de Alcaldia de Bogotá: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/>
- AUSEJO. (2009). *herramientas para la medicionde calidad ambiental (ruido)*.
- Ausejo, M. (2009). *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido*. Madrid: UPM.
- CAR (Cundinamarca). (2020). *Listado de quejas del municipio de Funza*. Funza.
- CAR (Cundinamarca). (2020). *POT (Plan de Ordenamiento Territorial)*. Funza.
- Casella. (2021). <https://casella-es.com/>. Obtenido de <https://casella-es.com/>.
- CE. (25 de 06 de 2002). <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>. Obtenido de <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>: <http://sicaweb.cedex.es/docs/leyes/Directiva-2002-49-CE-Evaluacion-gestion-ruido-ambiental.pdf>
- Contador y Campos Ingenieros. (2011). *ESTUDIO CAMPAÑA DE MEDICIONES COMO APOYO A LA FUTURA NORMA DE EMISIÓN DE RUIDO, PARA VEHÍCULOS LIVIANOS, MEDIANOS Y MOTOCICLETAS*. Santiago de Chile.
- DANE. (2021). *Datos poblacionales*.
- De Frias, E., Quintero, J., & Henríquez, F. (Diciembre de 2018). *Uso de modelos matemáticos para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá*. Obtenido de *Uso de modelos matemáticos para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá*: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2156/3105>
- Extech. (2021). <http://www.extech.com/>. Obtenido de <http://www.extech.com/>: <http://www.extech.com/>
- Gobieron del Principado de Asturias. (2017). *RED AMBIENTAL DE ASTURIAS*. Obtenido de RED AMBIENTAL DE ASTURIAS: <http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=2e28f88d85639210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

UNIÓN TEMPORAL UT RUIDO FACATATIVÁ

MAVDT. (2006). *Resolución 0627 de 2006*.

Medio Ambiente y Movilidad Madrid. (2016). *Mapa Estratégico de Ruido de la Ciudad de Madrid 2016*. Madrid.

Ministerio de Ambiente, V. y. (07 de Abril de 2006). *Resolución 627 de 2006*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>

Ministerio de Salud. (04 de Agosto de 1983). *Resolución 8321 de 1983 Ministerio de Salud*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6305&dt=S>

Ministerio del Trabajo - Ministerio de Salud y Protección Social. (05 de Mayo de 1990). *Resolución 1792 de 1990 Ministerio del Trabajo - Ministerio de Salud y Protección Social*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=87427>

Murillo, D. (21 de Febrero de 2017). *www.researchgate.net*. Obtenido de [www.researchgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/315958232_Resolucion_espacial_en_la_el_aboracion_de_mapas_de_ruido_por_interpolacion](https://www.researchgate.net/publication/315958232_Resolucion_espacial_en_la_el_aboracion_de_mapas_de_ruido_por_interpolacion)

Norsonic. (2021). <https://web2.norsonic.com/>. Obtenido de <https://web2.norsonic.com/>:
<https://web2.norsonic.com/>

Organización Mundial de la Salud (O.M.S). (Abril de 1999). *Guías para el ruido urbano*. Obtenido de *Guías para el ruido urbano*:
<http://cornare.gov.co/SIAR/aire/RUIDO/NORMATIVA/Guias-Ruido-Urbano-OMS-1999.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (1995). *Guidelines for community noise*. Stockholm University and Karolinska Insitute .

Parrondo, L., Velarde, S., José, G., Ballesteros, R., & Santolaria, C. (2006). *Acústica Ambiental*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

Quintero, J., De Frias, E., & Henríquez, F. (1 de Abril de 2019). <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2156>. Obtenido de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2156>:
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2156>

RECUERO. (2002). *mapas de ruido*. Madrid : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=1133185>.

RECUERO. (2002). *mapas de ruido* .

Ribeiro et al. (2005). *GATISO (Guías de Atención Integral Basada en Evidencias para la Hipoacusía Sensorial inducida por Ruido en el lugar de trabajo)*.

ROMEU. (2006). *Monitoreo de ruido*.

ROMEU. (2006). *Monitoreo de ruido*. Bogota:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=1133185>.

Secretaría Distrital de Ambiente. (19 de Octubre de 2010). *Resolución 6918 de 2010 Secretaría Distrital de Ambiente*. Obtenido de
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40790&dt=S>

SILENCE. (2009). *Enviromental sound*.

SILENCE. (2009). *Enviromental sound and his origins*. Arthurs.

SPARK, W. (26 de 07 de 2020). *Climatic Analisis and enviroment data*. Obtenido de Spark weather: <https://es.weatherspark.com/y/23368/Clima-promedio-en-Funza-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

SPARK, W. (2021).

Svantek. (2020). *Manual Svan 977*. Obtenido de Svantek Sound and Vibrations measurement solutions: http://svantek.com/lang-es/product/2/svan_977_analizador_de_ruido_y_vibraciones.html#pdf

Svantek. (2020). *Sound and vibration measurement solutions*. Obtenido de Sound and vibration measurement solutions: http://svantek.com/lang-es/product/1/svan_971_sonometro.html#pdf

Svantek. (2021). <https://svantek.com/es/>. Obtenido de <https://svantek.com/es/>:
<https://svantek.com/es/>

Universidad Nacional de Colombia. (2011). *NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL EN LA ZONA MICROCENTRO DEL MUNICIPIO DE NEIVA - HUILA*. MEDELLÍN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN.

WG-AEN. (2006). *WG-AEN 002.2006(finalEuropean Commission Working GroupAssessment of Exposure to Noise*. Obtenido de Group Assessment :
<http://sicaweb.cedex.es/docs/documentacion/Good-Practice-Guide-for-Strategic-Noise-Mapping.pdf>

WG-AEN. (2007). *Evaluacion objetivo ruido* .

Yeregui, A. G., Altuna, X. M., Gorospe, M. U., Elosegui Aldareguia, J. M., Odriozola Aranzabal, G., Robertson Sangrador, M., & Coto Fernández, J. C. (2006). *PROTOCOLO DE VIGILANCIA DE LA SALUD ESPECIFICA RUIDO*. Obtenido de
https://www.osalan.euskadi.eus/libro/protocolo-de-vigilancia-de-la-salud-especifica-ruido-y-silicosis-y-otras-neumoconiosis/s94-contpub/eu/adjuntos/protocolo_ruido_silicosis.pdf

15. Anexos

ANEXO 1 - Certificados de calibración

ANEXO 2 - Planillas de campo de registro de niveles de ruido y aforos vehiculares

ANEXO 3 – Resolución de acreditación IDEAM

ANEXO 4 - Registros fotográficos de las mediciones de ruido.

ANEXO 5 - Consolidados de las mediciones de ruido ambiental.

ANEXO 6 - Consolidados de los aforos vehiculares.

ANEXO 7 - Cálculos normativos de ruido ambiental.

Enlace de almacenamiento de anexos:

https://drive.google.com/drive/folders/1tCou1rgS0YzMvS2Fw5D6D_ES9zSt7Zv?usp=sharing

FIN DEL INFORME FINAL – MUNICIPIO DE FACATATIVÁ

CONTRATO N°: 641 DE 2021 - 17 DE DICIEMBRE DE 2021

DICIEMBRE DE 2021