

Modeling and Generation of the Noise Map for the Commercial Heading Sector, Carrera 33, Municipality of Bucaramanga, Colombia, Applying the Custic 3.2 Advanced Program.

Carolina Jones Zambrano, Ing. Sanitaria y Ambiental¹, Carlos Alberto Amaya Corredor, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Master en Gestión y Auditorias Ambientales², Oscar Mauricio Ardila Rojas, Ingeniero Ambiental⁴, Edinson Eduardo Blanco Montañez, Ingeniera Ambiental⁵

Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, cjones@correo.uts.edu.co¹, Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, camaya@correo.uts.edu.co², Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, alexita_0804@hotmail.com⁴

Abstract -- Bucaramanga is cataloged as the fifth most important city in Colombia, its population, urban and industrial growth makes urgent the need to protect the environment and the quality of life. At the urban level, the health of the human being is affected and violated by air pollution, evidenced by increases in noise levels and pollution.

Today air pollution is associated in some proportion with the concept of Noise implicit refers to auditory pollution, which is defined as the excess of sound (excessive annoying noise) that exists in a particular place that alters normal conditions of this. Noise has been considered an environmental problem especially in urban conglomerates, the large number of cars passing regularly, dense public transport systems, heavy cargo traffic with diesel engines without adequate silencers, and lack of maintenance for industrial activity specifically Its machinery and equipment are made up of multiple sources of sound emission. Altering the conditions of life and disturbing the tranquility of the community.

All the aspects described affect the quality of life in the city of Bucaramanga, requiring the identification and zoning of the problem in order to establish control measures that promote healthy urban environments, which promote a better quality of life and enhance the dynamics of life. city. The proposal for modeling and noise mapping of the commercial sector of Bucaramanga is required, establishing the Cabecera sector as a study area, based on the application of current regulations in Colombia.

Keywords – Pollution, Noise, Map, Quality Environmental, Isophones.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.430>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Análisis del comportamiento de las emisiones de Ruido en el sector Carrera 33, Municipio de Bucaramanga, Colombia, Aplicando el Programa Cusic 3, 2 Advanced.

Analysis of the behavior of noise emissions in the Carrera 33 sector, Municipality of Bucaramanga, Colombia, Applying the Cusic 3, 2 Advanced Program

Carolina Jones Zambrano, Ing. Sanitaria y Ambiental¹, Carlos Alberto Amaya Corredor, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Master en Gestión y Auditorias Ambientales², Oscar Mauricio Ardila Rojas, Ingeniero Ambiental⁴, Edinson Eduardo Blanco Montañez, Ingeniera Ambiental⁵
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, cjones@correo.uts.edu.co¹, Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, camaya@correo.uts.edu.co², Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, alexita_0804@hotmail.com⁴

Resumen – Bucaramanga esta catalogada como la quinta ciudad en importancia en Colombia. Cuenta con importantes centros universitarios representativos del país, con un aeropuerto internacional, una significativa infraestructura hotelera acompañada por un sin número de atractivos turísticos. Además, con un buen sistema de servicios públicos y se proyecta hacia el siglo XXI como un gran centro industrial, tecnológico, económico y cultural. Lo que ha jalonado un crecimiento y desarrollo urbano significativo en los últimos años.

Hoy en día en la contaminación atmosférica se asocia también el concepto de ruido, contaminación auditiva, la cual se define como el exceso de sonido (ruido excesivo molesto) que existe en un lugar determinado que altera las condiciones normales de este. Si bien el ruido a diferencia de la contaminación ambiental no se acumula, puede llegar a causar efectos psicológicos y fisiológicos en una persona o grupo de personas.

El ruido se ha considerado una problemática ambiental en especial en los conglomerados urbanos, el gran número de autos transitando regularmente, los densos sistemas de transporte público, el tráfico de carga pesada con motores diesel sin silenciadores adecuados, y faltas de mantenimiento se constituyen en múltiples fuentes sonoras. Las aeronaves y trenes también contribuyen al ruido ambiental. En la industria, la maquinaria emite altos niveles de ruido y los centros de esparcimiento y juegos perturban la tranquilidad.

Todos estos aspectos afectan la ciudad de Bucaramanga, requiriendo su identificación y zonificación, para establecer medidas de control que propicien ambientes urbanos sanos, que soporten calidad de vida y potencien la dinámica de ciudad. Esto requiere la propuesta de realizar el modelamiento y mapa de ruido del sector comercial de Bucaramanga, como lo es la zona de cabecera, a partir del cumplimiento y la aplicación de la normativa presente.

Keywords-- Contaminación, Ruido, Mapa, Calidad, isófonas.

Abstract– Bucaramanga is listed as the fifth most important city in Colombia. It has representative university centers in the country, with an international airport, a hotel infrastructure location for a number of tourist restaurants. In addition, with a good system of public services and projects towards the XXI century as a great industrial, technological, economic and cultural center. What has marked significant urban growth and development in recent years.

Nowadays, air pollution is also associated with the concept of noise, auditory contamination, which is defined as the excess of sound that exists in a certain place that alters the normal conditions of this. While noise can be an environmental pollution does not accumulate, it can cause psychological and physiological effects on a person or group of people.

Noise has always been an environmental problem. Especially in urban conglomerates, the large number of cars passing regularly, dense public transport systems, heavy cargo traffic with diesel engines without adequate silencers, and lack of maintenance are recorded in multiple sound sources. Aircraft and trains also contribute to environmental noise. In the industry, machinery emits high levels of noise and entertainment centers and games disturb the tranquility.

All these aspects affect the city of Bucaramanga, requiring its identification and zoning, to establish control measures that propitiate the healthy urban environments, that support quality of life and power the dynamic of the city. This requires the proposal of modeling and noise mapping of the commercial sector of Bucaramanga, as is the header zone, based on compliance with and application of the present regulations.

Keywords-- Pollution, Noise, Map, Quality, Isophones.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.430>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

I. INTRODUCCIÓN

El ruido debe considerarse como un contaminante medioambiental de primer orden con efectos nocivos importantes sobre la salud de la población humana, fauna silvestre y calidad de vida.

Está presente en todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana y por tanto, estamos expuestos a sus efectos. Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), los niveles a partir de los cuales el ruido puede afectar a la salud son 65 dB(A) equivalentes durante el día y 55 dB(A) [1] equivalentes durante la noche. Son muchos los efectos adversos que elevados niveles de ruido generan al ser humano, algunos de ellos: trastornos auditivos, deficiencias en la comunicación oral, perturbación del sueño, incremento del estrés, efectos sobre el sistema circulatorio, daños en el equilibrio y demás aspectos sociales y económicos.

El perfil epidemiológico de Colombia muestra la prevalencia e incidencia de las enfermedades del oído, audición y comunicación que padece la población colombiana y su etiología, que incluye múltiples causas: 1) biológicas 2) hereditarias y/o congénitas, 3) malformaciones, 4) infecciones durante el embarazo, 5) otras infecciones, 6) complicaciones durante el periodo peri y postnatal, 7) Enfermedades infecciosas del oído (otitis media), 8) medioambientales: Exposición a ruidos excesivos, 9) Traumatismos craneoencefálicos y del oído. 10) adquiridas: enfermedad de Meniere, 11) tumores, 12) enfermedad cerebro-vascular, 13) envejecimiento, 14) uso de medicamentos ototóxicos, 15) comportamientos inapropiados, entre otros [2]

El ruido generado por las infraestructuras de transporte, especialmente por los vehículos, se convierte en uno de los grandes problemas que afectan a la calidad de vida del hombre, de forma más significativa en los núcleos urbanos y en las zonas suburbanas habitacionales aledañas a las carreteras.

La caracterización del ruido ambiental requiere de mediciones de nivel y análisis que permitan la modelación y representación gráfica de ruido. La metodología y las comparaciones utilizada en las mediciones de ruido se hicieron con base en la Resolución 0627 del 7 de Abril del 2006 (norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental) emitida por el antes Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [3].

Bucaramanga se ha consolidado como la quinta ciudad más importante en Colombia [4], ya que tiene un crecimiento exponencial por encima de la media de todas las regiones.

Pasó de ser la ciudad de los parques a la ciudad del comercio, de la variedad y la oferta. En estos años es importante resaltar la evolución que ha tenido la ciudad y el auge de sectores como la construcción y el transporte.

Uno de los problemas que enfrenta la capital Santandereana es la generación de ruido, a causa de actividades urbanas como el tráfico rodado, el comercio, las actividades de construcción y la industria manufacturera, que si bien son generales de cualquier centro urbano, las condiciones de la vida urbana en Bucaramanga las identifican como las principales responsables del alto grado de decibeles que tiene que soportar el oído humano.

El sentido del oído es un don valioso, sin embargo, se va perdiendo a medida que se envejece. La sociedad moderna, con la gran variedad de sonidos y ruidos que la caracterizan, acelera este proceso. Estudios médicos indican que Alrededor del 75 por ciento de la pérdida auditiva que padece un ser humano se debe al trato que ha dado a los oídos a lo largo de su vida, y no sólo al envejecimiento [5].

La exposición intensa a sonidos fuertes, aunque sea breve, puede perjudicar los delicados mecanismos del oído interno. No obstante, la pérdida auditiva suele producirse por el efecto acumulativo de trabajos, aficiones y diversiones ruidosas”.

Estas condiciones se han potenciado en la construcción e los centros poblados, dada la dinámica de aglomeración de población en la maximización ocupacional del espacio. En Bucaramanga, a partir de su Plan de Ordenamiento Territorial de 2012 [6], se impulsó la construcción de espacios habitacionales en propiedad horizontal, con lo cual , zonas residenciales de viviendas unifamiliares en construcciones de alturas no superiores a tres pisos, se reconvirtieron a grandes construcciones multifamiliares de 10, 12 o hasta 20 pisos con tres y cuatro unidades unifamiliares por piso, lo cual aumenta en la ciudad el flujo poblacional y los sistemas de transporte asociados a ellos, el uso del vehículo particular, el servicio público de taxi, el sistema de transporte público, aumento sus tráfico y por consiguiente su aporte a la contaminación atmosférica, por ruido y polución, en espacios urbanos más delimitados.

Junto a esto la proliferación comercial, para atender bienes y servicios de las nuevas concentraciones poblacionales, genera nuevas fuentes de ruido, que paulatinamente van sumando en toda la vida urbana bajo condiciones particulares.

Para monitorear el ruido urbano, la Resolución 0627 de 2006 en el Capítulo III, Artículo 17, especifica los sectores relacionados a niveles de emisión ruido ambiental: A hospitales, bibliotecas, B zonas residenciales y C como áreas

industriales, a partir de los cuales debe establecer condiciones de monitoreo y generación de mapas que permitan la identificación sobre el territorio y la toma de decisiones para el control y la gestión ambiental.

Con las mediciones realizadas se obtuvieron registros de los actuales niveles de ruido ambiental a los que están expuestos los diferentes puntos y con ello generar el mapa de isófonos que facilite la identificación de la existencia del ruido sobre el terreno, para promover condiciones de control y regulación de fuentes que mantengan los niveles de contaminación acústica en protección de la salud humana y el entorno urbano.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Antecedentes de gestión del ruido

En todos los países del mundo se han elaborado normas que se encargan de la protección del medio ambiente contra el exceso de ruido desde el año 2006 en Colombia se cuenta con una norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Los esfuerzos más serios de la comunidad internacional se centran en la profundización de los estudios sobre causas y origen (fuentes), deterioro y políticas de prevención y control de la contaminación sonora.

Si bien en Bucaramanga, la autoridad ambiental urbana, monitorea las condiciones de contaminación atmosférica, solo lo hace en tres puntos de la ciudad, lo cual no permite un reconocimiento objetivo de las condiciones a intervenir. Además el monitoreo de contaminación acústica no se hace permanente sino por demanda y como herramienta específica por necesidades o expectativas puntuales y particulares.

Bucaramanga es el área metropolitana con mayor cantidad de clase media [7], con importante capacidad de ahorro y con el más alto crecimiento per cápita de la economía en la última década. A su turno, Santander es la cuarta región económica de Colombia, después del Distrito Capital, y los departamentos de Antioquia y Valle incluidas sus capitales [8].

Situaciones similares a las generalidades de Bucaramanga, evidencia la necesidad y proceso llevado, para el monitoreo de emisión de niveles de ruido urbano, que han permitido una radiografía de la realidad y orientado la toma de decisiones para la gestión del ruido en favor de la calidad de vida urbana.

Colombia cuenta con un amplio marco de normatividad jurídica y técnica que permiten evaluar y regular mediante su aplicación el ruido acústico ambiental generado en contextos regionales. En el documento “Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación”, se realiza una recopilación de Leyes, Decretos

y Resoluciones que regulan el ruido acústico ambiental, al igual que las normas técnicas a tomar en cuenta cuando de ruido se trata, como son NTC, ANSI, ISO, entre otras que son de relevancia en Colombia. Mediante el análisis de casos de estudio de cinco de las ciudades más importantes del país: Bogotá, Medellín, Cali, Cartagena y Barranquilla, la revisión permite estudiar la aplicación actual de dicha normatividad según las condiciones de cada zona analizada [9].

A febrero 2018 los escenarios de contaminación atmosférica urbana, están presentes en todas las ciudades de Colombia, los datos de monitoreo de niveles de ruido, no son los más referenciados, pero como agente asociado a los desequilibrios ambientales urbanos, las fuentes de ruido tienen especial protagonismo.

Colombia, cuenta con parámetros legales específicos para el desarrollo del monitoreo de niveles de ruido, se deben tomar como referencia tres resoluciones ministeriales [10]:

Resolución No. 627/06 MAVDT: se adopta la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental (parámetros permisibles, procedimientos técnicos y metodológicos para la medición de ruido, presentación de informes, y otras disposiciones).

Resolución DAMA No. 185/99: establece condiciones generales para la obtención de permisos de perifoneo en el Distrito Capital.

Resolución DAMA No. 832/00: establece la clasificación empresarial por impacto sonoro UCR que permite valorar las industrias y establecimientos, respecto a su nivel de generación de ruido.

Por su parte, como lo hace ver el Área Metropolitana del Valle de Aburrá [11], La gestión del ruido urbano tiene como propósito el diseño de medidas encaminadas a su control y reducción, basándose en tres pilares fundamentales: la legislación, la prevención y el control, siendo el éxito de ésta dependiente de la forma en que estos tres componentes se relacionen. Dado que el ruido es considerado por la mayoría de las personas de los grandes centros urbanos como uno de los contaminantes de alto nivel que afecta de manera negativa su calidad de vida y la de los ecosistemas, a nivel mundial se han tomado una serie de acciones con el fin de mantener los niveles de ruido dentro de unos niveles tales que no perjudiquen la salud y el bienestar de las poblaciones.

De igual manera, experiencia en monitoreo, modelación y formulación de herramientas para la gestión de niveles de ruido ambiental, han mostrado la importancia de la especialización de estos datos y su aporte significativo en la prospectiva poblacional.

El trabajo realizado por Cano Á, Jorge [12], presenta una metodología para la elaboración de mapas de ruido, utilizando

el software de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS en su versión 9.3. Para la elaboración del mapa de ruido se usó una muestra de 26 puntos, con valores de presión sonora, tomados por la Universidad de Antioquia, en la plataforma y en los alrededores del aeropuerto Olaya Herrera de la Ciudad de Medellín.

Para la elaboración de los mapas de ruido se aplicaron técnicas de geoestadística, pues esta técnica señala que para fenómenos como los de tipo ambiental, las mediciones de la misma variable cercanas en tiempo o espacio deben estar correlacionadas.

De igual manera, en el año 2015 AMB Área Metropolitana Bucaramanga [13], realizó mediciones de niveles de ruido en la jornada urbana de día sin carro. En este, se indica las mediciones de niveles de ruido en sitios estratégicos del área metropolitana para comparar resultados con el Día Sin Carro. Donde durante tres semanas continuas se realizó una serie de mediciones técnicas en diferentes lugares de los cuatro municipios del área, con el propósito de establecer los niveles de ruido que se registran en la jurisdicción. El monitoreo lo realizó el Grupo de Protección de Calidad del Aire de la Subdirección Ambiental y en esencia buscó que los resultados de dos y tres semanas.

En el Distrito capital de Bogotá, el monitoreo de ruido cuenta con un manual técnico que indica el procedimiento a seguir para la identificación y gestión de los niveles de emisión de ruido existentes en la ciudad. El procedimiento de Monitoreo, Seguimiento y Control de Ruido en el Distrito Capital [14] dentro del aplicativo Forest, permite establecer las actividades para realizar el monitoreo, seguimiento y control de las fuentes generadoras de ruido en Bogotá D.C., de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

En relación a la ciudad capital, la CAR, corporación autónoma regional de Cundinamarca, ha tenido la experiencia en la formulación y actualización de mapas de ruido en diferentes centros poblados de ese departamento. En la formulación de estos mapas, la CAR considera que, se hace necesario contar con información precisa y actualizada para generar programas, proyectos y actividades, enmarcados en planes de acción reales, que permitan a las diferentes autoridades e instituciones su implementación, para garantizar una mejor calidad de vida de la población. Al respecto, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR ha contratado la actualización del mapa de ruido del municipio

Otras Corporaciones autónomas, también han avanzado en monitoreo de ruido ambiental, CORPORCALDAS [15], ha trabajado en diferentes municipios de su jurisdicción con el fin de cualificar el ambiente sonoro que se caracterizó en cada uno de los puntos de monitoreo por medio del seguimiento a

los principales eventos ocurridos en el área de influencia de las fuentes y/o zonas analizadas, que por su naturaleza (e.g. Aglomeraciones, Flujo vehicular, Comercio, Centros de Culto, Industria, Fauna local, Etc.) pueda afectar la relación entre ambiente/uso de suelo.

Adicional con este seguimiento se busca proyectar de manera textual lo percibido por los posibles receptores que se encuentran emplazados en las áreas objeto de estudio y que puedan tener conflictos y afectaciones relacionadas con los efectos adversos originados por las emisiones sonoras.

Se registraron entre otros factores los principales ejes viarios, estado de las vías, pendiente de la vía, las posibles aglomeraciones, invasión del espacio público, distancias a receptores, conflictos entre sectores comerciales y residenciales siendo estos los principales actores en la generación de ruido y afectación comunitaria.

Por su parte, la ciudad de Medellín, centro urbano de especial referencia en el control de la contaminación atmosférica, desde 2007, el área metropolitana, adelanta estudios de niveles de emisión de ruido urbano, como lo muestra Sánchez A[16], en donde utilizando técnicas geoestadísticas, la Universidad Nacional de Colombia preparó el primer mapa de ruido ambiental diurno y nocturno de la zona urbana del municipio de Medellín, con base en la elaboración de un muestreo sistemático ejecutado por el Politécnico Jaime Isaza Cadavid.

Para la elaboración del mapa en la franja horaria diurna, se estimaron 3 millones de datos con base en la técnica conocida como kriging Ordinario de Bloques (KOB), teniendo en cuenta un rango de influencia de las muestras de 560 metros y donde los barrios El Poblado y Lalinde mostraron niveles de ruido ambiental entre 65 y 70 dB(A).

Con base en la información suministrada por el estudio de ruido ambiental en la zona urbana del municipio de Medellín, se apropió la tecnología del Kriging Poligonal, muy común para la estimación global de yacimientos minerales, y además muy apropiado para apoyar programas de control y monitoreo del ruido ambiental. En este caso, los polígonos adaptados correspondieron a la cobertura de barrios de la ciudad de Medellín y como prueba piloto, se elaboró una muestra compuesta de 14 puntos distribuidos en el barrio El Poblado y 2 puntos de muestreo en el barrio Lalinde.

La elaboración de mapas de ruido permite iniciar estrategias de ordenamiento en políticas públicas y del territorio, proyectadas a establecer modelos de ciudad, teniendo en cuenta la importancia que ha ido adquiriendo la problemática de contaminación auditiva [17]. El modelo de ciudad caminable pretende generar espacios urbanos donde se

reduzca el uso del transporte, se enfatizan las bondades de la movilidad a pie y en bicicleta, y se rehabiliten espacios públicos y áreas verdes, mecanismos que podrían reducir la contaminación auditiva y otras afectaciones ambientales.

Mediante el análisis los niveles de ruido generados en algunas calles del Centro Histórico de la Ciudad de México tras su conversión peatonal, tomando como referencia el estudio realizado por la Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial (PAOT) en el año 2008. El estudio planteado por Miriam Alfie Cohen, intenta establecer cómo la medición del ruido y las políticas públicas generadas por ello pueden formar parte de una estrategia integral para combatir la contaminación auditiva [18]

La validación de los mapas de ruido, depende en gran parte de la utilización de software que permitan visualizar el comportamiento de los niveles de presión sonora generados en el sector de estudio. El estudio realizado en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), pretende validar el mapa de ruido de tráfico de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), desarrollado por la Universidad de las Américas en el transcurso del año 2017. La primera fase del proyecto consistió, en realizar a lo largo del territorio urbano, mediciones de ruido de corta y larga duración, poniendo a consideración la evaluación del flujo vehicular.

Por otro lado, se plantean conteos vehiculares con la finalidad de verificar la clasificación vial del DMQ, propuesta por la Gerencia de planificación de la movilidad (EPMMOP). La validación consiste, en la comparación de niveles generados por distintos modelos de predicción (entre ellos el RLS-90, utilizado durante la construcción del mapa actual), proporcionados por el software de simulación CADNA-A, con aquellos medidos durante la etapa inicial del trabajo.

Finalmente, se estudió el comportamiento del modelo validado, adaptado a las características de la zona urbana del DMQ, con los datos adquiridos durante el periodo de medición bajo la metodología de larga duración. Debido a que el proyecto implica muestreo, el proceso va acompañado de un análisis estadístico. Como resultado el comportamiento del modelo predictivo RLS-90 es muy similar al modelo suizo STL-86, sin embargo, este último cuenta con grandes ventajas al presentar una tendencia clara de sobre exposición, además de tener menor error absoluto y menor dispersión.

Por otro lado, el modelo NMPB-08 genera predicciones de nivel menores en contraste con los valores reales medidos. Adicionalmente, el presente estudio contempló una validación del flujo vehicular, en donde se realizaron conteos de automotores con el fin de contrastar sus resultados con la información proporcionada por la Secretaría de Movilidad y, a la postre, poder realizar un análisis sobre la variación de nivel

en dBA que puede suscitarse en la simulación del CADNA-A y su influencia que éste puede ejercer sobre los datos registrados [19].

Marco Metodológico

El estudio desarrollado, planteo como fin fundamental la modelación de niveles de presión sonora y su impacto ambiental en el sector comercial de la Carrera 33, de la ciudad de Bucaramanga. Para lograr esta meta, el trabajo se enfocó en determinar el inventario de fuentes, tipo y características de ruido en el sector de estudio y los parámetros aplicables a cada subsector existente, a partir de lo cual, realizar el registro y procesamiento de niveles de emisión de ruido ambiental en puntos a seleccionar según el anexo III de la Resolución 0627 de 2006 y el análisis de niveles reales y equivalentes, para terminar con el procesamiento de datos, modelación y elaboración de mapas de ruido del sector y subsectores de estudio, aplicando el programa Cusic 3,1 Advanced.

Una buena base metodológica la constituye el documento, Gestión para la Prevención y Mitigación del Ruido Urbano [20], desde el cual identifica que en síntesis, una adecuada gestión del ruido urbano debe incluir las siguientes tareas:

1. Vigilar la exposición de los seres humanos al ruido.
2. Mitigar la inmisión en ambientes de ruido.
3. Considerar las consecuencias del ruido cuando se planifican sistemas de transporte y usos del terreno.
4. Introducir sistemas de vigilancia para los efectos adversos sobre la salud relacionados con el ruido.
5. Evaluar la efectividad de las políticas sobre la reducción del ruido.
6. Adoptar medidas preventivas para el desarrollo sostenible de los ambientes acústicos.

Bajo esta condición, el proceso de manejo del ruido urbano, requiere establecer procesos secuenciados que evidencien las características particulares del ruido y por consiguiente las estrategias que éste requiere.

La propuesta desarrollada, constituye una alternativa nacida de la academia al identificar una necesidad de ciudad. El trabajo realizado permitió conocer las condiciones de contaminación acústica de un eje vial de la ciudad y en el cual las condiciones de tráfico vehicular, consolidación de actividades comerciales y la concentración de población, llevaron a la proliferación de fuentes de contaminación y aumento en la emisión de niveles de ruido, con lo cual identificar acorde a las condiciones del territorio, estrategias de gestión que mitigan y controlen el ruido existente.

El desarrollo del monitoreo de niveles de ruido, se basa en el cumplimiento de los parámetros de la normatividad aplicada, por esto, se cumplieron tres momentos básicos:

1. Las mediciones se realizaron de acuerdo con los criterios del interesado, el procedimiento para la realización del monitoreo de ruido ambiental según la Resolución 0627 de abril de 2006. En medidas, horarios.
2. El análisis de datos se realizó teniendo en cuenta los protocolos previstos, normativa nacional vigente asociada e ISO aplicable.
3. La modelación se ejecutó implementando herramientas adecuadas para tal fin, entregando como resultados gráficos.

Software de modelación: CUSTIC versión 3.2

Este es un software de origen Español para evaluar la contaminación sonora y el impacto ambiental del ruido. El modelo numérico que usa CUSTIC 3.2 [21] da la posibilidad de estudiar numéricamente una gran cantidad de emisores de contaminación sonora que afectan el medioambiente actual.

El modelo CUSTIC 3.2 admite datos meteorológicos para establecer las condiciones de la forma de la contaminación sonora. El modelo establece la contaminación sonora producida por cada una de las fuentes emisoras teniendo en cuenta las propiedades del medio. Existe la posibilidad de realizar promedios temporales (diarios, mensuales o anuales) de tal manera que se puede establecer la contaminación sonora promedio en cada punto del medio. Permite obtener mapas de ruido en los planos XY (pantalla) y XZ (perpendicular a la pantalla). Se pueden trabajar en dos modelos de cálculo diferentes: el modelo CUSTIC clásico y el modelo de la ISO-9613 para fuentes puntuales recomendado por la directiva de la Unión Europea.

III ANÁLISIS Y RESULTADOS

A. Medición y Análisis Ruido Ambiental

El monitoreo se realizó durante diecisiete (17) días, en la jornada dominical y ordinaria y en sus horarios diurno y nocturno, comenzando el día 01 de junio de 2017 y finalizó el día 17 de junio de 2017. Se llevaron a cabo mediciones de ruido ambiental en cuatro (4) estaciones ubicadas sobre la carrera 33, sector C, comercial, siguiendo lo establecido en la Resolución 0627 de 2006.

Medición previa de las condiciones actuales

El procedimiento de calibración de los equipos se llevó a cabo ajustando las indicaciones dispuestas por el fabricante, estuvo acorde con lo establecido en la norma, de igual forma se realizó la calibración en campo del instrumento de medición (sonómetro) antes de iniciar las mediciones diarias y una vez finalizada, como recomienda la norma.

La captura de datos meteorológicos se obtuvo por medio de una estación portátil, con el objetivo de medir la temperatura (°C), humedad relativa (%), presión atmosférica, velocidad (m/s) y dirección del viento en cada uno de los puntos evaluados. Según las condiciones meteorológicas obtenidas, el operador estuvo en la capacidad de seguir o detener el monitoreo hasta que las condiciones fueran aptas para continuarlo, respaldado por el Artículo 20 del Capítulo IV Resolución 0627 de abril 7 de 2006 del MAVDT.

Se tuvo en cuenta las recomendaciones descritas en el Anexo 3 Capítulo II literal d (Resolución 0627 de 2006), donde especifica que el micrófono siempre estará protegido con la pantalla antiviento, las mediciones de las velocidades del viento no sobre pasaron los tres (3) m/s, al igual que no se presentaron condiciones de lluvia.

Los equipos estacionarios fueron montados e instalados en trípodes a 4 metros de altura medidos a partir del suelo y equidistantes de las fachadas o barreras existentes a ambos lados de la medición, con el micrófono protegido con la pantalla anti-viento y con posición orientada así: Norte, Oeste, Sur, Este y vertical. Se realizaron mediciones en jornada Ordinaria y Dominical y en sus horarios diurno y nocturno, con un número de horas de medición no inferior a 1 (una), por cada punto.

Los parámetros monitoreados fueron: LAeq (Slow), Lmax , Lmin, LAeq (Impulse),

La medición de ruido ambiental se realizó en un intervalo de tiempo de una hora, la cual puede ser medida en forma continua o en intervalos con un tiempo mínimo de 15 minutos de captura, según se estipula en el Artículo 5 de la Resolución 0627 de Abril 7 de 2006 del MAVDT, el cual debe constar de cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales.

B. Determinación de Ruido Ambiental

Para el cálculo del nivel equivalente resultante de la medición en cada uno de los puntos y para cada jornada y horario de muestreo se aplicó la expresión (1):

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{5} \cdot (10^{LN/10} + 10^{LO/10} + 10^{LS/10} + 10^{LE/10} + 10^{LV/10})\right) \quad (1)$$

Dónde:

LAeq = Nivel equivalente resultante de la medición.

LN = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido norte.

LO = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido oeste.

LS = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido sur.

LE = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido este.

LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido vertical.

Ajustes de los niveles de presión sonora

Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq,T, LAeq,T, Residual y nivel percentil L90, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq,T, LRAeq,T, Residual y nivel percentil L90, respectivamente. La expresión (2) se utilizó como base para efectuar dichas Correcciones:

$$LR A(X),T = LA(X),T + (KI, KT, KR, KS) \quad (2)$$

Dónde:

- KI Ajuste por Impulsividad (Calculado) (dB(A))
- KT Ajuste por Tonalidad y contenido de información (Calculado) (dB(A))
- KR Ajuste por Horarios (Asignado según condiciones de monitoreo) (dB(A))
- KS Ajuste positivo o negativo por Bajas Frecuencias (Asignado según condiciones) (dB(A))
- (X) Corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de la resolución.

Determinación de los valores de correcciones K

La corrección de nivel KS se aplica si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y climatización, bajas frecuencias: 5 dB(A) en período diurno; 8 dB(A) en período nocturno.

La corrección de nivel KR por horarios se aplica si se desea calcular el nivel equivalente corregido ponderado por frecuencia A para el día y la noche LRAeq, dn, se efectúa la medición nocturna de ruido de la fuente específica, si esta funciona durante la noche, para tener en cuenta el grado de molestia que pueda causar a las personas se hace una corrección por adición de 10 dB(A) para el período nocturno en el cual funcione la fuente específica.

La corrección de nivel KT toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos.

- 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).

La corrección de nivel KI toma en consideración los componentes impulsivos en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos.

- 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).

La manera detallada de evaluar la presencia de componentes tonales se presenta a continuación:

- Se hace un análisis con resolución de 1/3 de octava.
- Se calcula la diferencia: $L = L_t - L_s$

Dónde:

- L_t es el nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro;
- L_s es la media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f.

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

- Si $L < 8$ dB(A), no hay componentes tonales.
- Si 8 dB(A) $\leq L \leq 12$ dB(A), hay componente tonal neto.
- Si $L > 12$ dB(A), hay componente tonal fuerte.

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

- Si $L < 5$ dB(A), no hay componentes tonales.
- Si 5 dB(A) $\leq L \leq 8$ dB(A), hay componente tonal neto.
- Si $L > 8$ dB(A), hay componente tonal fuerte.

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

- Si $L < 3$ dB(A), no hay componentes tonales.
- Si 3 dB(A) $\leq L \leq 5$ dB(A), hay componente tonal neto.
- Si $L > 5$ dB(A), hay componente tonal fuerte.

La corrección de nivel KI toma en consideración los componentes impulsivos en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos.

- 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).

El ruido que se evalúa tiene componentes impulsivos si se perciben sonidos de alto nivel de presión sonora y duración corta. Para evaluar de manera detallada la presencia de componentes impulsivos se establece el siguiente procedimiento:

Para determinar la fase de ruido de duración T_i en un ruido impulsivo se tuvo en cuenta lo siguiente:

- 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 , LAI.
- Se calcula la diferencia $L_i = LAI - L_A, T_i$.
- Si $L_i < 3 \text{ dB(A)}$, no hay componentes impulsivos.
- Si $3 \text{ dB(A)} \leq L_i \leq 6 \text{ dB(A)}$, hay percepción neta de componentes impulsivos.
- Si $L_i > 6 \text{ dB(A)}$, hay percepción fuerte de componentes impulsivos.

C. Cálculo de valores y nivel equivalente por punto monitoreado.

A partir del trabajo en campos obtuvieron los datos que permitieron consolidar los resultados promedio que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores y Niveles equivalentes monitoreados

CÓDIGO	Horario Diurno					Norma Diurna	Cumplimiento
	L_{Aeq}	L_{min}	L_{max}	L_{RAeq}			
HORA VALLE							
ESTACIÓN 1	66.4	42.8	79.6	69.4	70		Cumple
ESTACIÓN 2	62.7	43.6	75.2	65.7	70		Cumple
ESTACIÓN 3	73.4	48.7	81.2	73.4	70		No Cumple
ESTACIÓN 4	70.6	44.2	80.7	70.6	70		Cumple
HORA PICO							
ESTACIÓN 1	69.4	42.1	83.2	72.4	70		No Cumple
ESTACIÓN 2	72.9	43.2	86.1	75.9	70		No Cumple
ESTACIÓN 3	71.7	42.6	83.4	74.7	70		No Cumple
ESTACIÓN 4	72.3	43.9	86.2	78.3	70		No Cumple
Horario Nocturno							
HORA VALLE							
	L_{Aeq}	L_{min}	L_{max}	L_{RAeq}			
ESTACIÓN 1	62.6	43.5	76.3	65.6	55		No Cumple
ESTACIÓN 2	63.8	40.3	78.3	66.8	55		No Cumple
ESTACIÓN 3	71	58.9	80.1	77	55		No Cumple
ESTACIÓN 4	48.3	27.5	44.2	48.3	55		Cumple

Con los resultados obtenidos, los datos obtenidos evidencian contaminación en toda la zona monitoreada para niveles de ruido ambiental.

En la Fig. 1, se puede observar que los resultados obtenidos de los niveles de presión sonora en horario diurno en las estaciones de medición en hora pico y valle, jornada ordinaria y dominical, se reportan sobre el valor límite permisible correspondiente al Sector C (70 dB(A)) en horario diurno) establecido en la Resolución 0627 de 2006. Estos datos están asociados al tráfico rodado constante con presencia de componentes tonales y ausencia de componentes impulsivo.

Se atribuye total predominancia a la fuente lineal por radiación de energía sonora de forma cilíndrica, ya que al doblar la distancia entre la fuente móvil y el receptor esta decrece.

En las estaciones 2, 3 y 4 no se cumplió el límite en jornada dominical, por presencia alta de estallamientos comerciales con servicios de alimentos, almacenes, en las estaciones 1, 3 y 4 no se cumplió el límite establecido por la norma en hora valle, y la totalidad de las estaciones en hora pico no cumplieron con los límites.

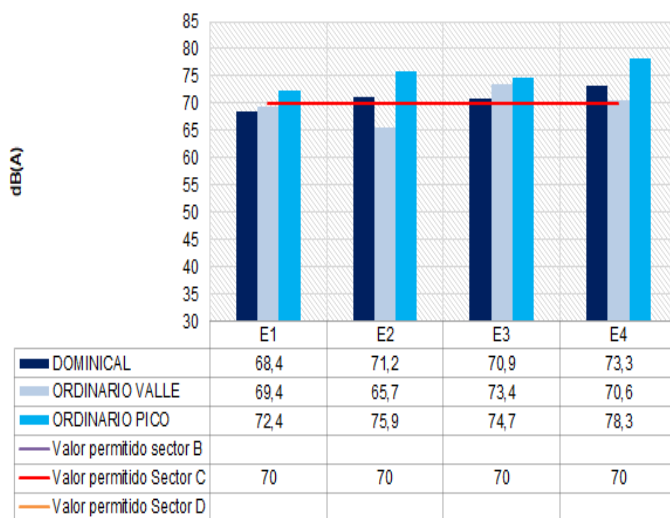


Fig. 1 Limite de Ruido Ambiental Diurno.

En la Fig. 2 el horario nocturno para la jornada ordinaria y dominical en los puntos clasificados como sector C, las estaciones 1, 2, 3 en jornada ordinaria sobrepasaron el límite de la norma que establece un valor máximo de 55 dB(A), en jornada dominical la estación 1, es la única que sobrepasa el límite, atribuido a tráfico rodado con presencia de componentes tonales e impulsivos.

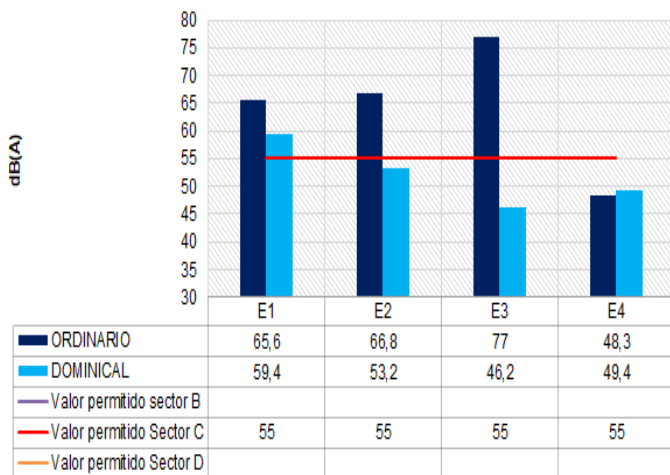


Fig. 2, Limite de Ruido Ambiental Diurno

Los valores supuestos de nivel sonoro utilizados en el modelo CUSTIC 3.2 para simular los posibles impactos en el corredor vial fueron obtenidos en la campaña de monitoreo de ruido ambiental realizado en los días 01 y 11 de julio de 2017.

No se realizó análisis de ruido de emisión para saber los niveles de presión sonora de cada fuente fija, pues el corredor vial abarca gran cantidad de establecimientos públicos y el tránsito de peatones a los alrededores de la vía. La fuente de mayor impacto sonoro en este caso es el ruido generado por el tráfico rodado en el corredor vial en la carrera 33 entre calles 45 y 56 en la zona de cabecera de la ciudad de Bucaramanga. Por esta razón se tomaron los valores más altos de los niveles de ruido obtenidos en el monitoreo ambiental, ya que la predicción de niveles de ruido debe hacerse en las condiciones más desfavorables y de mayor molestia para así poder asegurar el cumplimiento de normas en todo momento y establecer el grado de afectación en los lugares sensibles de interés.

Es importante resaltar que esta condición es muy lejana de la situación que generó el estudio, por ese motivo no se utilizó los valores por defecto que usa el modelo, y como lo muestra la Tabla 2 se usaron los valores para correr el modelo, se tomó cada valor y se extendió a lo largo del tramo, simulando una condición de igual valor en la longitud del trayecto.

Tabla 2. Valores asumidos para el software ACUSTIC 3.2

	Diurno ordinario hora pico	Nocturno ordinario	Diurno dominical	Nocturno ordinario
Valores dB(A)	78.3	77.0	73.3	59.4

Al correr la simulación y mapa de ruido en el software, se logra identificar condiciones como:

- Lectura mediante líneas de nivel sonoro constante a lectura del mapa mediante un coloreado
- Malla numérica, nos permite otra representación alternativa del ruido calculado, establece una malla numérica equiespaciada a lo largo de la pantalla de cálculo.
- Mapas de los resultados haciendo uso de colores. Es especialmente útil cuando la variación del ruido es muy fuerte en una distancia muy corta.

Para la evaluación de los niveles de ruido generados por la fuente lineal (corredor vial) durante un día entre semana y dominical se utilizaron niveles acústicos de la campaña de monitoreo de ruido, valores estimados como los más altos. La modelación se realizó buscando la condición más desfavorable es decir de mayor molestia. En la siguiente tabla se observa que los niveles sonoros esperados en cada una de sus jornadas y horarios por el tráfico rodado en la vía (corredor vial):

Tabla 3. Niveles de ruido generados en el modelamiento por la fuente lineal (corredor vial) y las normas establecidas en la legislación vigente

ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVELES SONOROS ESPERADOS dB(A)				RESOLUCIÓN 0627 DE 2006	
		ORDINARIO DIURNO	ORDINARIO NOCTURNO	DOMINICAL DIURNO	DOMINICAL NOCTURNO	SECTOR C. RUIDO INTERMEDIO RESTRINGIDO	
						Diurno	Nocturno
1	Colegio La Presentación	65.81	64.40	60.64	46.97	70	55
2	Clinica Bucaramanga	66.00	64.74	60.82	47.17	70	55
3	Calle 52 entre carrera 33 y 32 (zona de IPS)	62.14	60.90	56.83	43.36	70	55
4	Calle 48 entre carrera 33 y 34 (zona de bares)	62.01	60.77	56.72	43.29	70	55
5	Carrera 33 entre calles 45 y 44 (zona residencial)	54.67	53.46	52.77	39.30	70	55
En 50 m a la redonda se pueden esperar valores		Entre 47.6 y 53.2 dB(A)	Entre 46.3 y 52.9 dB(A)	Entre 41.5 y 48.4 dB(A)	Entre 29.1 y 35.4 dB(A)		

Cumplimiento Norma ■
Incumplimiento Norma ■

A partir de esto, los datos se extendieron por la zona de influencia del eje vial analizado y permitieron generar la cuadrilla de valores de nivel de ruido emitido modelado y el mapa de isófonos mostrando las áreas de influencia de la contaminación Acústica.

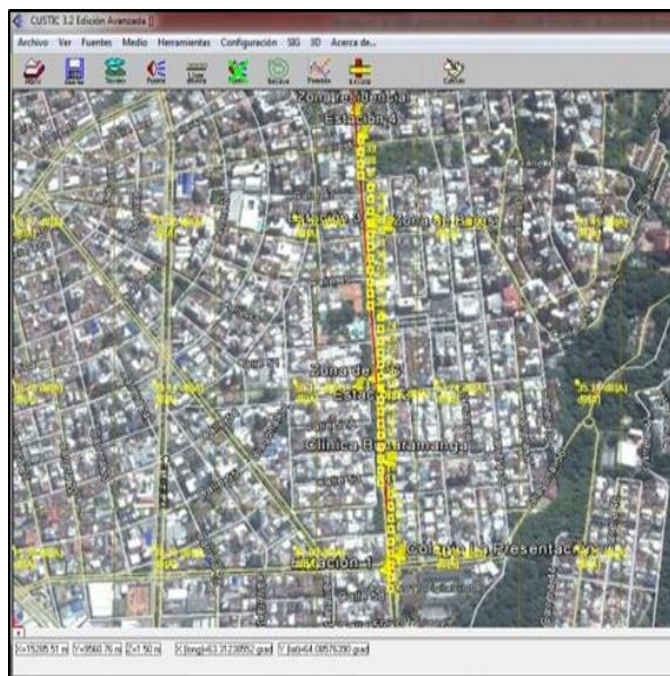


Imagen. 1. Grilla Modelada de Niveles de ruido

De igual manera, la modelación permitió generar el mapa de ruido que evidencia la proyección de áreas de niveles de ruido a partir del eje vial monitoreado. Esto se evidencia a través de Isófonas [1], generadas en la gráfica, las cuales unen puntos cuyo niveles de presión sonora son iguales.

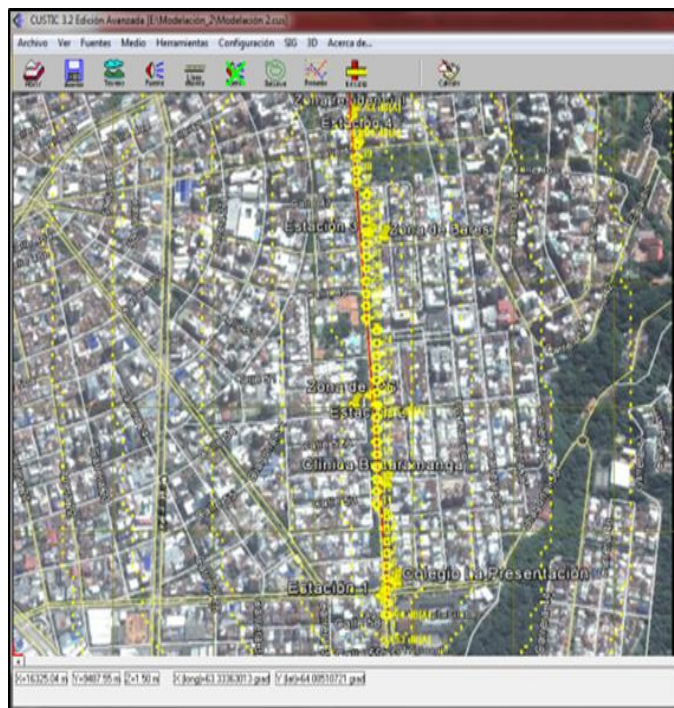


Imagen. 2. Isofonas

IV. CONCLUSIONES

La medición en la estación 1 (Carrera 33 con 56), estación 2 (Carrera 33 con 52), estación 3 (Carrera 33 con 48) y la estación 4 (Carrera 33 con 45) fueron clasificados en Sector C 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; Zonas con usos permitidos de oficinas; Zonas con usos institucionales con un valor máximo permisible de 70.0 dB(A) en horario diurno y 55.0 dB(A) en horario nocturno, según la Resolución 0627 de 2006 MAVT.

En jornada ordinaria en horario diurno presenta un sobrepaso de los límites de la norma en la totalidad de las estaciones de registro, disminuyendo en hora valle en la estación del 2, sector de medicina ambulatoria y consultas, en jornada dominical presenta un sobrepaso en las estaciones 2 (52), 3 (48) y 4 (45), y disminución en los dB en la estación 1 (Carrera 33 con calle 56) suponiendo la baja afluencia de personas y vehículos en este punto por la clase de servicios comerciales que se prestan en este sector.

En Horario Nocturno en jornada ordinaria se presenta un sobrepaso de la totalidad de las estaciones en jornada dominical nocturno, excepto la estación 4 (carrera 33 con calle 45), se muestra un mejor ambiente por Nivel de presión sonora en jornada dominical en la mayoría de sectores registrados.

De la modelación de ruido realizada en el corredor vial de la carrera 33 entre calles 45 y 56 en la zona de Cabecera de la ciudad de Bucaramanga se obtienen lo siguiente:

No se tuvo en cuenta la característica mínima que asume el modelo ACUSTIC 3.2, de un escenario de 1000 vehículos por hora a una velocidad media de 50 km por hora lo que generaría un nivel sonoro de 68 dB(A), por tratarse de un escenario lejos de la realidad actual.

La modelación comprendió un tramo de aproximadamente 1.2 km, los valores supuestos cargados en el modelo para jornada ordinaria en horario diurno fue de 78.3 dB(A) y nocturno de 77.0 dB(A), en la jornada dominical diurna de 73.3 dB(A) y en horario nocturno de 59.4dB(A), valores máximos obtenidos en la campaña de ruido ambiental realizada en el corredor vial en los días 01 y 17 de junio de 2017.

La predicción de la afectación de los niveles de ruido generado por el tráfico rodado del corredor vial se realizó en la condición más desfavorable y de mayor molestia, y así poder asegurar cumplimiento de las normas en todo momento.

Los valores obtenidos en la modelación del corredor vial mostraron intensidades acústicas que podrían llegar a estar en la jornada ordinaria en horario diurno entre 54.67 dB(A) a 66.00 dB(A), valores que ubican dentro del límite de la resolución 0631 de 2006 la cual establece valores máximos en horario diurno de 70.0 dB(A) de igual forma en la jornada dominical diurna con valores entre 52.77 dB(A) y 60.82 dB(A) y dominical nocturno con valores entre 39.30 y 47.17 dB(A) este último daría cumplimiento en el horario nocturno según la norma ya que establece un máximo de 55.0 dB(A).

El incumplimiento se presentaría en la jornada ordinaria nocturna con valores entre 60.77 y 64.74 dB(A) para el sector en estudio. Los niveles de presión sonora anteriormente mencionados son analizados desde la óptica de receptores sensibles y expuestos al ruido. Ya un poco más generalizado es decir a 50 m a la redonda del corredor vial se podrían experimentar valores entre 29.09 y 53.2 dB(A).

Teniendo en cuenta la Resolución 0627 de 2006, y los resultados obtenidos en la modelación y las consideraciones necesarias para el cumplimiento de la normatividad ambiental, se observa que los niveles sonoros de ruido, generados por el tráfico rodado del corredor vial presentaría afectación en la jornada ordinaria en horario nocturno al sobre pasar los límites de la norma. En las demás jornadas y horarios no se esperan efectos adversos sobre la población.

Las simulaciones permitieron determinar el alcance geográfico de la calidad acústica de la zona mediante imágenes del cómo se percibe las sondas sonoras y con estos resultados numéricos se puede calificar la intensidad de los impactos esperados de acuerdo a la metodología seleccionada en el informe.

REFERENCIAS

- [1] A. M. D. V. D. A. AMVA, «Gestión Para La Prevención Y Mitigación Del Ruido Urbano,» Medellín, 2008.
- [2] D. N. d. E. DANE, «Metodología de Proyecciones Municipales 2006-2020,» DANE, Bogotá, 2005.
- [3] D. N. d. E. DANE, «Atlas Estadístico de Colombia, Tomo III Económico,» DANE, Bogotá, 2012.
- [4] A. M. D. B. AMB, «AMB, Área Metropolitana De Bucaramanga,» Bucaramanga, 2015.
- [5] C. A. R. d. C. CORPOCALDAS, «Mediciones De Ruido Ambiental Y Elaboración Del Plan de Control Acústico,» CORPOCALDAS, Manizales, 2015.
- [6] L. H. Sánchez A, «Monitoreo de los niveles de ruido ambiental en el barrio el Poblado,» *Revista Gestión y Ambiente*, vol. 13, n° 2, pp. 51-58, 2010.
- [7] S. D. D. A. B. D. SDA, «<http://ambientebogota.gov.co>,» Secretaría Distrital De Ambiente. [En línea]. [Último acceso: 18 08 2017].
- [8] P. J. M. BOIX, Acústica y Audiometría, San vicente, Alicante, España: Club Universitario, 2013.
- [9] CANARINA, «<http://www.canarina.com/custic.htm>,» canarina, 10 10 2010. [En línea]. [Último acceso: 20 08 2017].
- [10] M. d. A. y. D. S. MINAMBIENTE, *Resolución 0627 DE 2006*, Bogotá: MINAMBIENTE, 2006.
- [11] G. Hernández W y B. L, «ABECE, Salud Auditiva y Comunicativa "somos todos oídos",» Ministerio de Salud Colombia, Bogotá, 2017.
- [12] B. Berglund, T. Lindvall y D. H. Schwela, «Guías para el Ruido Urbano,» OMS, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2010.
- [13] R. V. V. Mónica Lizeth Barrera Ortiz, «Hacia la construcción de un sistema de información de turismo cultural y de naturaleza para la planificación en el municipio de Bucaramanga (Colombia),» *RITUR Revista Iberoamericana de Turismo*, vol. 7, n° 1, pp. 135-148, 2017.
- [14] J. R. Q. González, «El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana,» *Puente, Revista Científica*, vol. 7, n° 1, pp. 93-99, 2013.
- [15] d. B. Alcaldía, «POT Plan de Ordenamiento Territorial,» Bucaramanga, 2013.
- [16] C. M. B.-V. J. S. M.-E. Oscar Casas-García, «Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación,» *Entramado*, vol. 11, n° 1, pp. 263-286, 2015.
- [17] J. C. Alvares, «Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: aeropuerto Olaya Herrera De La Ciudad De Medellín,» UNAL Medellín, Medellín, 2009.
- [18] C. Y. VESGA, «Monitoreo, Seguimiento y Control de Ruido en el Distrito Capital,» CAR, Corporación Autónoma Regional, BOGOTÁ, 2008.
- [19] D. L. Yepes, M. Gomez, L. Sanchez y A. C. Jaramillo, «Metodología de Elaboración de Mapas Acústicos como Herramienta de Gestión del Ruido Urbano, Caso Medellín, Colombia,» *DYNA*, vol. 76, n° 158, pp. 29-40, 2009.
- [20] M. A. Cohen y O. S. Castillo, «Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable,» *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 32, n° 1, pp. 65-96, 2017.
- [21] A. Á. M. Luisa y O. T. C. Andrés, Validación del mapa de ruido de tráfico de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito, Quito, Ecuador: Universidad de las Américas, 2018.
- [22] G. M. V, M. C. O y M. G. M, «Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano,» *Producción mas Limpia*, vol. 5, n° 1, pp. 58-75, 2018.