



## **DETERMINACIÓN DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA MEDIANTE MAPAS DE RUIDO EN LA COMUNA CENTRO DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA**

### **DETERMINATION OF NOISE POLLUTION THROUGH NOISE MAPS IN THE CENTRAL DISTRICT OF THE CITY OF BUCARAMANGA**

**Walter Pardavé Livia**

*Grupo Ambiental de Investigación Aplicada, Universidad de Santander, UDES, Colombia, wal.pardave@mail.udes.edu.co*

**Juan Fernando Irreño Martínez**

*Semillero de Investigación en Suelos, Aire y Sostenibilidad, UDES Colombia, ferno.1999@hotmail.com*

#### **MODELO ABSTRACT**

The City of Bucaramanga has a population of approximately 1 million inhabitants and its automotive fleet is made up of more than 600,000 vehicles, where motorcycles stand out (49%).

The central commune includes the commercial sector where commercial businesses, small industries, high traffic congestion and other human activities converge that generate environmental noise that significantly affects people's auditory system. In this work, noise maps have been generated with 12 strategic points of the city. Downtown district of the city of Bucaramanga, the purpose is to make a diagnosis of the noise pollution present in a certain area and thus make predictions regarding the trends in noise levels that allow us to provide the necessary information to entities in charge of the preparation, development and updating of the city's Land Use Plan.

For this, the information was collected using the ArcGis software and with data from measurements made with an electronic acoustic measurement equipment "Sonoudes" developed at the University of Santander that allows recording, storing and deriving via blue tooth to a Smartphone in which determine the environmental noise levels in this area in order to analyze and present the current situation of the study area.

It is concluded that the neuralgic sector of noise in the city is the intersection of Carrera 15 with Calle 36 and that in general noise levels are high at various times (above 80 dB), which requires mitigation and control plans of health and safety entities.

#### **KEYWORDS**

Environmental noise, noise pollution, noise maps.

1.1 Sumario: 1. Introducción. 2 Método... 3. Resultados. 3.1 Pruebas de verificación de sensibilidad equipos "SonoUDES", 3.2 Determinación de horarios de medición, 3.3 Determinación de puntos estratégicos, 3.4 Equipos utilizados, 3.5 Resultados de monitoreo, 3.6 Comportamiento de mediciones días hábiles, 3.7 Presentación del Mapa de Ruido días Hábiles, 3.8 Análisis del mapa de ruido días hábiles, 3.9 Evaluación de la metodología establecida en la normatividad, 4. Discusión y Conclusiones. 5. Referencias bibliográficas.

Contents: 1. Introduction. 2 Method. 3. Results. 3.1 Sensitivity verification tests "SonoUDES" equipment, 3.2 Determination of measurement schedules, 3.3 Determination of strategic points, 3.4 Equipment used, 3.5 Monitoring results, 3.6 Behavior of measurements on working days, 3.7 Presentation of the Noise Map on working days, 3.8 Analysis of the noise map working days, 3.9 Evaluation of the methodology established in the regulations 4. Discussion and conclusions. 5. Bibliographic reference

*Traducción de Walter Pardavé Livia*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica se ha convertido con el pasar de los años en un problema que afecta a la población de las grandes ciudades, por lo que se considera como un factor ambiental bastante significativo, ya que incide de manera directa en la calidad de vida humana, interfiriendo en la comunicación, la convivencia, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje; crear estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular y llegar a producir diferentes reacciones fisiológicas, como la pérdida de audición y psicológicas, como la irritabilidad exagerada.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana; el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. El ruido se mide en decibelios (dB); los equipos de medida más utilizados son los sonómetros.

El siguiente proyecto tiene como objetivo generar mapas de ruido ambiental en puntos estratégicos de la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga mediante el software ArcGis y con datos de mediciones realizadas con un equipo electrónico de medición acústica, en los cuales se determinan los niveles de ruido ambiental en esta zona con el fin de analizar y presentar la situación actual del área de estudio.

Para el diseño de los mapas de ruido ambiental se sigue la metodología establecida en la Resolución 627 del 7 de abril del 2006, por la cual se fundamenta la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Inicialmente se analizarán los parámetros, para identificar los puntos estratégicos y generar un área de estudio, luego de establecer los puntos de monitoreo se procederá a realizar las mediciones. Una vez finalizadas las mediciones se realizará el análisis estadístico con el fin de establecer un modelo para la predicción de niveles de ruido ambiental, terminado esto se hará la presentación, entrega de resultados y mapas de ruido ambiental generados.

## MÉTODO

Se planteó una metodología para el levantamiento de un mapa de ruido diurno en puntos estratégicos de la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga, desarrollando una serie de pasos, los cuales se describen a continuación (Ver Ilustración 1):

|   |                                                                                                                                                     |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Realizar las respectivas pruebas de funcionamiento para verificación de sensibilidad del equipo.                                                    |
| 2 | Comparación de mediciones equipo "Sonoudes" vs equipo estándar.                                                                                     |
| 3 | Realizar la calibración ajustada a los datos comparativos obtenidos en campo.                                                                       |
| 4 | Repetir las pruebas de funcionamiento para la verificación de correcta sensibilidad del equipo frente a las necesidades requeridas.                 |
| 5 | Determinación de parámetros, número de puntos y los tiempos de medición para el mapa de ruido ambiental.                                            |
| 6 | Realizar las mediciones en los puntos seleccionados y tiempos establecidos.                                                                         |
| 7 | Uso del software Microsoft Excel para el manejo estadístico de los datos.                                                                           |
| 8 | Uso del software ArcGIS para generar los mapas de ruido ambiental mediante la metodología de interpolación de la distancia inversa ponderada (IDW). |
| 9 | Evaluación de la metodología establecida en la resolución 0627 de 2006.                                                                             |

*Ilustración 1. Metodología para el levantamiento de un mapa de ruido diurno (2019)*  
Fuente: Autores

## RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados para el levantamiento del mapa de ruido ambiental diurno en puntos estratégicos de la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga, ya que esta comuna es considerada como crítica por la autoridad ambiental local. Siguiendo la metodología previamente mencionada se logró obtener los datos en los diferentes puntos de monitoreo seleccionados por medio del equipo de medición de ruido ambiental construido.

### PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DE SENSIBILIDAD EQUIPOS "SONOUDES"

Para iniciar con las mediciones se realizaron diferentes pruebas de verificación de sensibilidad de los equipos construidos en áreas críticas de la ciudad, se presentan los resultados obtenidos en la calle 15 con carrera 22 por 50 minutos anotando los valores obtenidos cada minuto.

## DETERMINACIÓN DE HORARIOS DE MEDICIÓN

En la Ilustración 2 se puede observar el número y tipo de fuentes móviles presentes en la zona centro de la ciudad de Bucaramanga realizado por la CDMB (Corporación Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga) en el horario de 6:00 am a 8:00 pm, información de bastante utilidad ya que debido a esto se establecieron los horarios de medición en las horas pico para lograr captar diariamente los niveles de ruido más altos generados por las fuentes móviles que circulan en la zona.

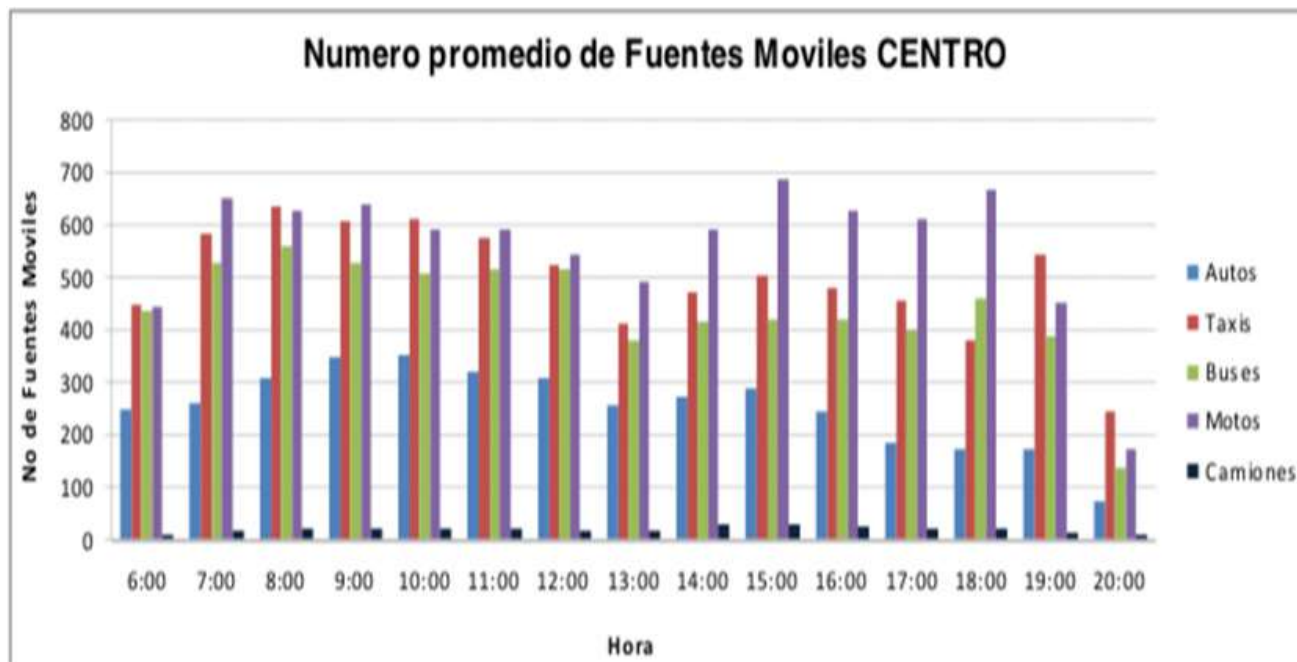


Ilustración 2. Fuentes móviles centro de Bucaramanga  
Fuente: CDMB(2019)

## DETERMINACIÓN DE PUNTOS ESTRATÉGICOS

Para la determinación del número de puntos y la ubicación de los mismos se realizó un barrido general por las diferentes calles y carreras que comprenden la zona centro de Bucaramanga, (Ver Ilustración 3) realizando verificación visual de la situación actual comparada con lo establecido en las fuentes previamente consultadas para la identificación de los puntos más críticos, por lo que se estableció un área de estudio comprendida por 12 puntos, los cuales abarcaron 4 carreras y 3 calles, en las cuales se presenta una gran generación de niveles de ruido por el amplio flujo de vehículos y demás factores (parques, vendedores ambulantes, locales comerciales, bares, casinos, etc).



Ilustración 3. Área de estudio determinada para el monitoreo  
Fuente: Secretaría de Planeación Municipal – Bucaramanga (2019)

En la tabla 1 se presentan los 12 puntos que se tuvieron en cuenta en el presente estudio, se incluye las ubicaciones específicas

Tabla 1. Puntos monitoreados (2019)

| PUNTO | UBICACIÓN                  |
|-------|----------------------------|
| 1     | Cra 15 - Calle 36          |
| 2     | Cra 15 - Calle 33          |
| 3     | Cra 15 - Av. Quebrada seca |
| 4     | Cra 15 - Calle 36          |
| 5     | Cra 15 - Calle 33          |
| 6     | Cra 15 - Av. Quebrada seca |
| 7     | Cra 15 - Calle 36          |
| 8     | Cra 15 - Calle 33          |
| 9     | Cra 15 - Av. Quebrada seca |
| 10    | Cra 15 - Calle 36          |
| 11    | Cra 15 - Calle 33          |
| 12    | Cra 15 - Av. Quebrada seca |

Fuente: Autores

EQUIPOS UTILIZADOS

Las mediciones realizadas se basaron en lo establecido en la norma 627 de 2006, el ruido ambiental se midió ubicando los equipos “SONOUEDES” (Ver Ilustración 4), desarrolladas en el Grupo de Investigación GAIA UDES, y se utilizaron los equipos descritos en la Ilustración 5 para la validación de los datos medidos.

Para las mediciones se llevó en un trípode a una altura de 4 metros sobre el suelo terrestre y a una distancia horizontal de 4 metros de las edificaciones existentes a ambos lados de los puntos de monitoreo. Los periodos de monitoreo se realizaron en un tiempo de 15 minutos por punto. Las mediciones se realizaron en días secos según lo establecido en la norma. (Ver Ilustración 6). Los datos registrados por punto fueron Lmax, valor máximo que se registra durante el tiempo de muestreo por punto; Lmin, valor mínimo que se registra durante el tiempo de muestreo por punto y Leq, valor promedio de todas las medidas en el punto.

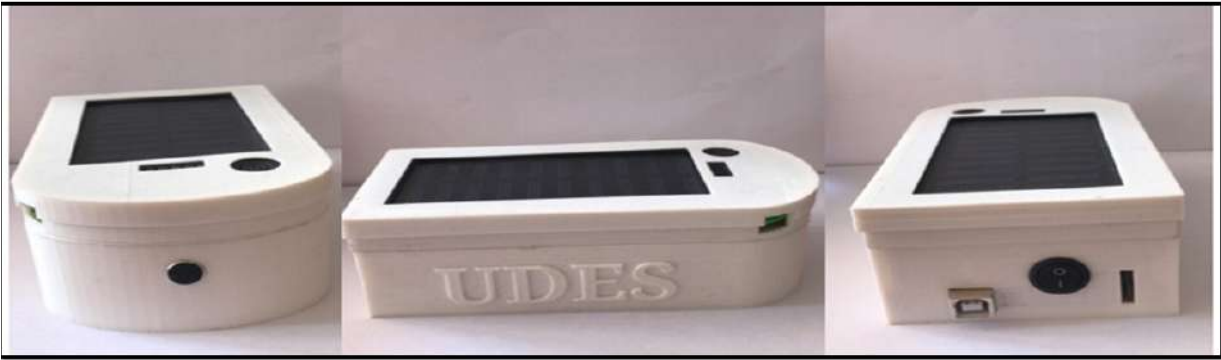


Ilustración 4. Sonómetro desarrollado en la Universidad de Santander (UDES) “SonoUDES”(2019)  
Fuente: Autores



*Ilustración 4. Sonómetro desarrollado en la Universidad de Santander (UDES) “SonoUDES”(2019)  
Fuente: Autores*



*Ilustración 6. Mediciones en Trípode Carrera 15 – Calle 33 (2019)  
Fuente: Autores*

## RESULTADOS DEL MONITOREO

A continuación, se presentan la tabla 2 de los resultados obtenidos en el monitoreo de los 12 puntos críticos establecidos, se encuentran los datos de días hábiles y datos para el día domingo (blanco), también se muestran en las tablas las coordenadas de cada punto, las cuales se obtuvieron por medio de un GPS y que sirvieron para georreferenciar los puntos en el levantamiento de los mapas de ruido ambiental.

Es una de las principales vías de la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga, la cual tiene carriles exclusivos para la operación del sistema Integrado de Transporte Masivo para la ciudad de Bucaramanga denominado “Metro línea” y a su vez es una zona de alta movilidad de peatones, gran cantidad de vendedores ambulantes y edificios de gran tamaño.

Ilustración 4. Sonómetro desarrollado en la Universidad de Santander (UDES) "SonoUDES"(2019)

Fuente: Autores

| PUNTO              | COORDENADAS                                  | LMAX  | LMIN  | LEQ   |
|--------------------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|
| Cra 15 - Calle 36  | <b>LATITUD 7.117958 LONGITUD - 73.126264</b> | 94,15 | 56,46 | 77,46 |
| Cra 15 - Calle 33  | <b>LATITUD 7.120175 LONGITUD - 73.127360</b> | 90,07 | 54,18 | 75,06 |
| Cra 15 - Av. Qseca | <b>LATITUD 7.122725 LONGITUD - 73.128302</b> | 92,6  | 56,63 | 77,43 |

Fuente: Autores

Se puede apreciar que el nivel de mayor presión sonora (Lmax) se registró en la Carrera 15 – Calle 36 con un valor de 94,15 dB, este valor es el reflejo del constante ruido generado por los buses articulados del “Metro línea”, el tránsito de patrullas de policía y ambulancias que generan altos picos de ruido a su paso por la vía. El valor de menor presión sonora (Lmin) se registró en la Carrera 15 – Calle 36 con un valor de 54,18 dB. El valor promedio de los datos registrados (Leq) (Ver Ilustración 7), en los 3 puntos permite observar que la carrera 15 a lo largo del tramo monitoreado presenta niveles de ruido bastante altos y constantes, los cuales superan lo establecido en la norma la cual permite un máximo de 70 dB.

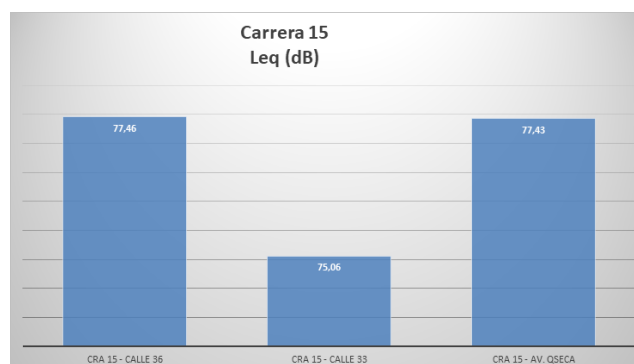


Ilustración 7. Valor promedio de todas las medidas en el punto (Leq) (2019)

Fuente: Autores

## COMPORTAMIENTO MEDICIONES DÍAS HÁBILES COMPORTAMIENTO MEDICIONES DÍAS HÁBILES

Se realizó el análisis estadístico del comportamiento de los niveles de ruido a lo largo de la jornada diurna por carreras en días hábiles, con el fin de obtener ecuaciones matemáticas de predicción de datos mediante el uso del software Microsoft Excel, cabe aclarar que no fue tarea fácil hallar la regresión que más se ajustara al comportamiento de las mediciones, ya que se probó con funciones lineales, exponenciales y logarítmicas que no se ajustaban correctamente o predecían valores poco confiables por lo que fue necesario dividir en tramos los comportamientos y ajustar cada tramo a una función polinómica que se ajustaba con bastante confiabilidad a los mismos prediciendo valores reales dependiendo del rango de hora y carrera. (Ver Ilustración 8 y 9).

A continuación, se muestran los comportamientos divididos por cada carrera de monitoreo y con los respectivos tramos y ecuaciones de cada tramo:

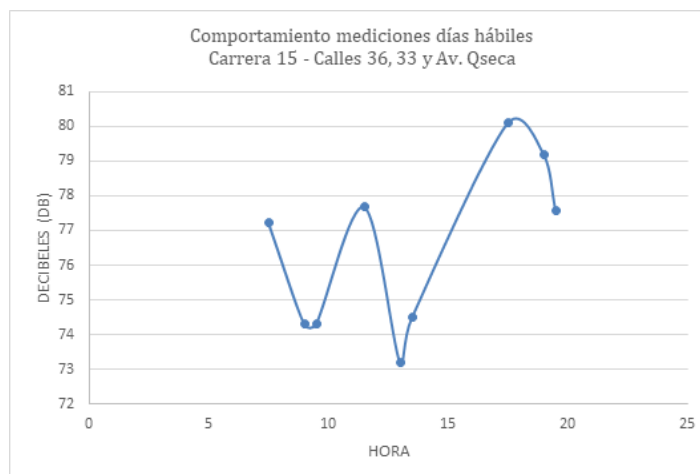


Ilustración 8. Comportamiento mediciones días hábiles Cra 15 – Calles 36, 33 y Av. Qseca (2019)

Fuente: Autores

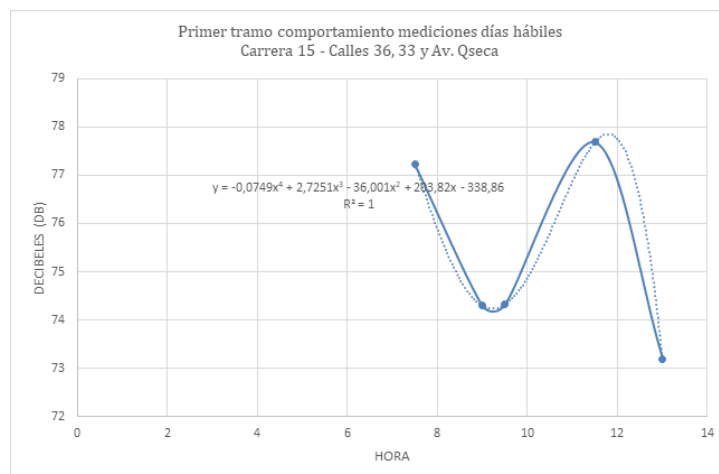


**Ilustración 9. Primer tramo comportamiento Cra 15 – Calles 36, 33 y Av. Quebrada seca (2019)**  
Fuente: Autor

Para el primer tramo que describe el comportamiento de la carrera 15 – Calles 36, 33 y Av. Quebrada seca se obtuvo la ecuación:  $y = -0,0749x^4 + 2,7251x^3 - 36,001x^2 + 203,82x - 338,86$  la cual se ajusta bastante bien al comportamiento descrito y con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) = 1, lo que explica que se encuentra ajustado a la variable que se pretende explicar. Para un rango de horario que va desde el inicio de la jornada diurna hasta el mediodía en el cual se pueden observar los picos que se presentan en las horas pico y los descensos en las horas valle.

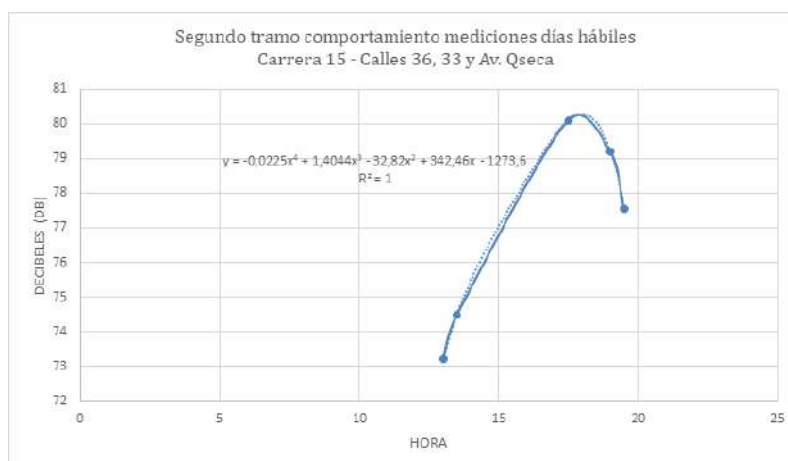


**Ilustración 10. Segundo tramo comportamiento Cra 15 – Calles 36, 33 y Av. Qseca (2019)**  
Fuente: Autores

Para el segundo tramo se obtuvo la ecuación  $y = -0,0225x^4 + 1,4044x^3 - 32,82x^2 + 342,46x - 1273,6$  la cual se ajusta bastante bien al comportamiento descrito y con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) = 1, lo que explica que se encuentra ajustado a la variable que se pretende explicar. Para un rango de horario que va desde el mediodía hasta el final de la jornada diurna. (Ver Ilustración 10).

## PRESENTACIÓN DEL MAPA DE RUIDO DÍAS HÁBILES

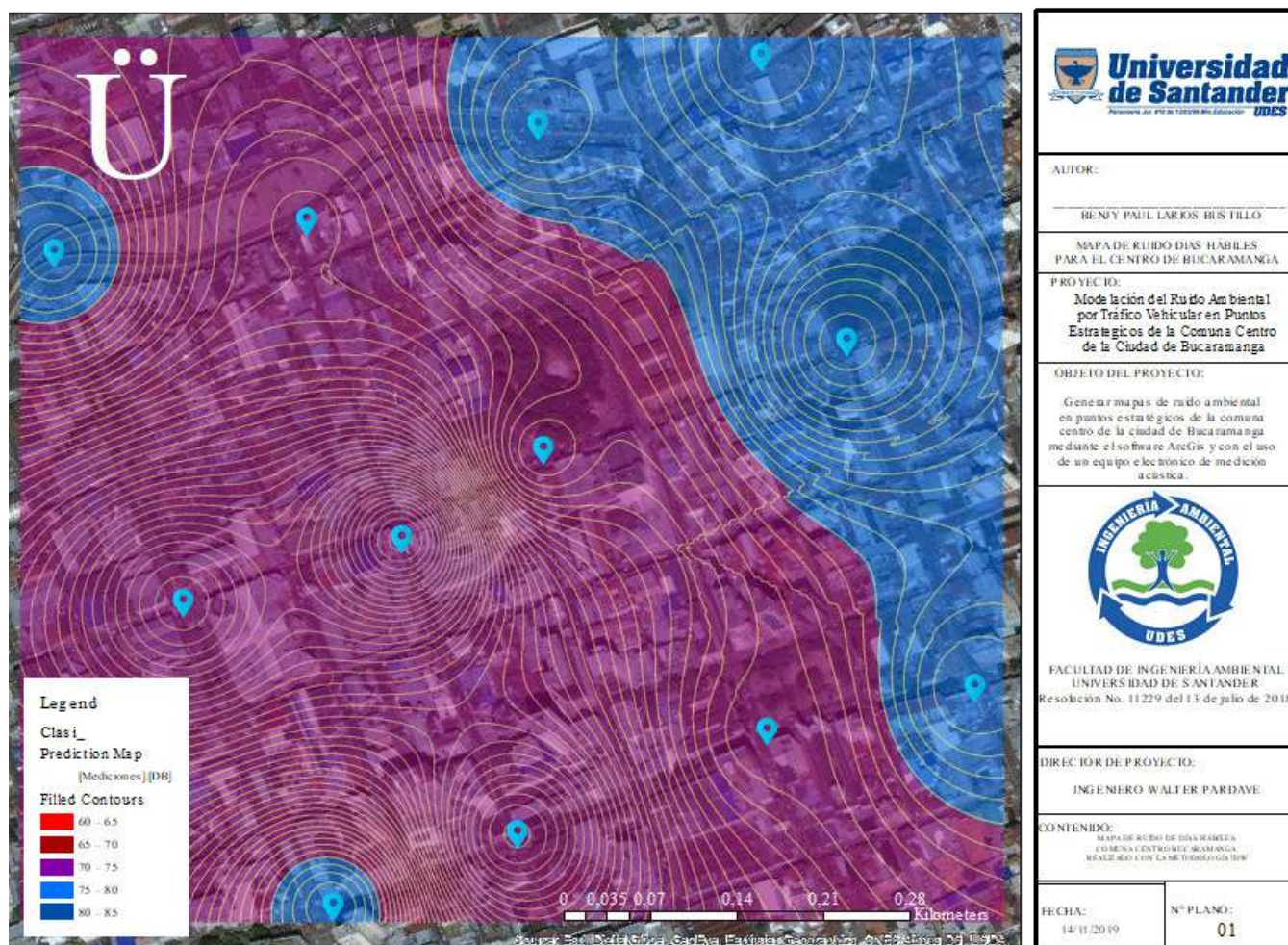
Los datos promedio obtenidos en horario diurno para los días entre lunes y sábado de cada uno de los 12 puntos estratégicos escogidos en la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga se presentaron en las tablas anteriores. A partir de estas tablas se pudo observar que de los 12 puntos monitoreados, todos excedieron la norma debido al alto tráfico vehicular, uso excesivo de claxons por parte de conductores alterados, excesiva presencia de vendedores ambulantes que en su mayoría poseen altavoces y a su vez ralentizan el flujo vehicular, locales comerciales que aportan altos niveles de contaminación acústica debido al uso de grandes amplificadores y a eso sumarle la presencia de vehículos de carga pesada en los puntos ubicados por la Avenida Quebrada seca.

El mapa presenta los monitores realizados en días hábiles (lunes a sábado) en horarios divididos para abarcar los 12 puntos en cada lapso de horas pico, como se muestra a continuación:

- 7:01 – 9:46 am
- 11:00 am – 13:45 pm
- 17:00 – 19:45 pm

La combinación de colores utilizada se asignó según lo establecido la Ilustración 11 “mapa de ruido representación de resultados” de la Resolución 627 de 2006, la cual indica lo siguiente:

- 65 – 70 dB: Carmín
- 70 – 75 dB: Rojo lila
- 75 – 80 dB: Azul



## ANÁLISIS DEL MAPA DE RUIDO DÍAS HÁBILES

Según el mapa de ruido de los días hábiles, las áreas más críticas, representadas por el color azul el cual representa un intervalo de (75 – 80 dB), se presentan principalmente en los puntos críticos ubicados sobre la carrera 15 con calle 36 y Av. Quebrada seca, la extensión de la carrera 21 desde la calle 36 hasta la Av. Quebrada seca y bordeando la Av. Quebrada seca entre la carrera 21 y la carrera 19, aunque lo preocupante del mapa es que los 12 puntos de monitoreo exceden los estándares máximos permisibles de la norma, en los cuales se presentan niveles de presión sonora mayores a 70 dB, algo que genera gran expectativa, ya que es un área de alta movilidad peatonal.

Carrera 15 (Calle 36 – Av. Quebrada seca). Son puntos bastante críticos en cuanto a contaminación auditiva se refiere, ya que al ser los carriles exclusivos del sistema Integrado de Transporte Masivo para la ciudad de Bucaramanga denominado “Metro línea” y utilizados por patrullas de policía y ambulancias, generan grandes niveles de presión sonora a su paso por los puntos de monitoreo registrándose valores máximos de 94,15 dB. Si a esto le sumamos el ruido aportado por los vendedores ambulantes que poseen amplificadores para presentar sus productos, se presenta un ambiente en el cual entablar una conversación se convierte en una tarea difícil debido a la contaminación acústica percibida constantemente.

## EVALUACIÓN DE LA METODOLOGÍA ESTABLECIDA EN LA NORMATIVIDAD

El proyecto se desarrolló siguiendo la metodología establecida por el ministerio de medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial, la cual explica claramente los pasos ordenados para la evaluación del ruido ambiental y generación de mapas de ruido. Los pasos a evaluar son los siguientes:

Determinación de áreas para realizar el monitoreo: La selección del área de estudio se basó principalmente en revisión bibliográfica en lo referente a flujo vehicular en las inmediaciones de la comuna centro de la ciudad de Bucaramanga, encontrando muy poca información específica, todo se da a manera general por lo que el conteo de fuentes móviles encontrado se presenta en la totalidad de la comuna centro y no de manera específica, la norma pide datos de densidad poblacional, conteo de locales comerciales y demás información que no se determinó como necesario para la asignación del área de estudio, la cual se eligió complementando la información con una revisión visual de las carreras y calles de la zona.

Procedimientos de medición: Para las mediciones se trató de seguir las exigencias requeridas en la normativa, se realizó todo de manera cuidadosa y es una de las razones por las que se estipularon 12 puntos de medición por lo que se necesitaba especial cuidado para seguir la metodología. Se establecieron tiempos de monitoreo de 15 minutos por punto, obteniendo datos ciertos haciendo todas las correcciones necesarias. Este punto es de vital importancia debido a que de esto depende el desarrollo de los mapas de ruido ambiental y el análisis que se requiera.

Resultados del muestreo y mapas de ruido: La metodología es muy concreta y establece colores en intervalos de 5 decibeles las áreas, esto facilita el visualizar el mapa y entender que zonas de monitoreo están sobrepasando lo estipulado en la norma, por lo que se recomienda seguir este mecanismo de zonificar el mapa para facilitar la comprensión y el análisis del mismo.

Limitantes en la metodología: Cabe aclarar que, para poder seguir exactamente todas las exigencias propuestas en la norma, se debe contar con gran cantidad de recursos como lo son materiales, financieros, humano, entre otros. Esta fue una limitante para el desarrollo del proyecto ya que tocó sustentar por cuenta propia todo lo requerido para lograr alcanzar el objetivo general propuesto.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según el análisis de resultados evaluado anteriormente y teniendo en cuenta los monitoreos de cada uno de los 12 puntos ubicados estratégicamente en el centro de la ciudad de Bucaramanga, se puede concluir que las zonas de mayor impacto sonoro en el estudio de los días hábiles (Lunes-Sábado) se presentan en los puntos ubicados sobre la Carrera 15 con Calle 36 y Av. Quebrada seca, la Carrera 21 entre Calles 36 y Av. Quebrada seca y la Carrera 19 con Av. Quebrada seca, puntos en los cuales se sobrepasan con creces los límites establecidos en la norma.

Para el día domingo (blanco), las zonas de mayor impacto sonoro se presentaron en 4 puntos de monitoreo (Carrera 15 – Calle 33), (Carrera 17 – Calle 36), (Cra 17 – Av. Quebrada seca) y (Cra 21 – Calle 33), zonas en las cuales se sobrepasan los 70 dB en un rango entre los (70,1 – 72 dB) pero ajustándose en su mayoría al límite inferior por lo que se puede concluir que a diferencia del incumplimiento mencionado en los días hábiles, para el día domingo se presenta un leve incumplimiento de la norma por lo que se puede llegar a estabilizar dichos niveles evitando el uso de fuentes fijas que generan ruido en un día tranquilo como este.

Se lograron obtener ecuaciones matemáticas de predicción de datos evaluando el comportamiento de los monitoreos realizados, con las cuales se pueden predecir datos con un nivel de confiabilidad aceptable dependiendo si es día hábil o día domingo y la hora de la jornada diurna requerida.

De los 12 puntos de monitoreo seleccionados, el 100 % superó la norma en los días hábiles ya que para estos días se presenta un alto flujo vehicular, exceso de vendedores ambulantes que se ubican directamente en las calles generando caos vehicular y elevados niveles de presión sonora generados por los locales comerciales y talleres de mecánica de la zona, los cuales en conjunto generan altos niveles de contaminación auditiva.

En general se puede concluir que los mapas de ruido ambiental son una excelente representación gráfica de los niveles de presión sonora en una determinada zona, los cuales sirven de evidencia para la implementación de medidas preventivas, correctivas y de seguimiento y como apoyo en la elaboración, desarrollo y actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial.



## REFERENCIAS



- Ideam, Subdirección de Estudios Ambientales . (2006). Documento soporte norma de ruido ambiental. Convenio de asociación No. 038/04 (Numeración MAVDT) - 112/04 (Numeración IDEAM). Bogotá, Colombia. p. 160. Instituto Geofísico Universidad Javeriana (2000). Microzonificación sísmica preliminar de Tunja. . Bogotá. p. 4. 32 p: Convenio estudios de amenaza y microzonificación sísmica, vulnerabilidad estructural y evaluación de escenarios de daño.
- Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Consultoría Colombiana s.a. .
- Duque Ramírez, M. A. (2007). Modelación matemática del ruido producido por el tráfico en la ciudad de Pereira. Especialización en Vías y Transporte, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Manizales. p. 3. 151 p.
- Quintero González, J. R. (2010). Elementos del tránsito. Guías de clase, curso de fundamentos de tránsito, primer semestre de 2010. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. p. 22, 64 p. .
- Mayorga, Y. (2010). Valoración del ruido del tráfico urbano considerando técnicas de valoración contingente. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 68 p.
- Fields, J. (2001.). An update catalog of 521 social surveys of residents' reactions to environmental noise (1943-200). NASA/CR-2001-211257. National Aeronautics and Space Administration. Washington D.C. 155 p.
- Flores Puentes, M. A. (2001). estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León. Publicación Técnica No. 193. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro. p. 17-21. 142 p. .
- Pacheco, J., Franco, J. F., & Behrentz, E. (2009). Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá: estudio piloto. Revista de Ingeniería, Núm. 30, pp. 72-80, Universidad de Los Andes, Colombia. p. 72- 76. .
- Fong, S. &. (2000). Health effects of noise. Toronto Public Health, Health Promotion and Environment Protection Office. Community and Neighbourhood Services,. City of Toronto, Canada. p. 6-10. 21 p. .
- Germán-González, M., & Santillán, O. A. (2006). Del concepto de ruido urbano al de paisaje sonoro. Revista Bitácora Urbano Territorial. Universidad Nacional de Colombia, ISSN 0124-7913, Vol. 1, Número 10. Bogotá, Colombia. p. 39-52. p 43. .
- Gómez Escobar, A. (2003). Estudio de contaminación auditiva en el centro de Tunja debido a fuentes móviles. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. . Tunja. 100 p. .
- Gutiérrez Bautista, D., & López Huertas, Y. (2011). Cuantificación del ruido causado por vehículos de transporte en el centro de Tunja. Trabajo de grado. Escuela de Ingeniería de Transporte y Vías. Facultad de Ingeniería. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 65 p. .
- Guzmán Piñero, R., & Barceló Pérez, C. (2006). Estimación de la contaminación sonora del tránsito en Ciudad de La Habana, . Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, Vol. 46, Núm. 2, Agosto, 2008, pp. 1-13. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Ciudad de la Habana, Cuba. p. 1, 2, 7, 8.
- Hidalgo Guerres, A. (2007). El papel de la vivienda en la configuración urbana de las periferias: caso de Tunja-Colombia 1907-2007. Trabajo de Investigación. Doctorado “Periferias, sostenibilidad y vitalidad urbana”.
- Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio. . Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. p. 7, 61 p. .
- Intelligent Energy Europe. (2009). Transporte sostenible y movilidad: manual para estudiantes. Programa de Energía Inteligente para Europa, Comisión Europea. Italia. p. 3. 90 p. International Electrotechnical Commission IEC (2002). International Standard IEC 61672. Switzerland. p. 1-8. : -1. First edition 2002-05. Electroacoustics, Sound level meters. Part 1: specifications. Switzerland. p. 1-7. International Electrotechnical Commission IEC (2003). International Standard IEC 61672-2. First edition 2003-04.
- Penetration, S. & Zaman, J. (2002). The influence noise levels inside urban buses. . Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 69, September p. 684, 687.
- Miraya, F. S., & Rall, J. C. (2000). Análisis dinámico urbano: nuevos enfoques para actuar contra el ruido. Universidad Nacional de Rosario. . Argentina: 6 p. .