



Control y evaluación estadística de los niveles de ruido de la contaminación sonora en las unidades educativas Don Bosco y María Auxiliadora Macas – Ecuador

Control and statistical evaluation of the noise levels of sound pollution in the educational units Don Bosco and María Auxiliadora Macas - Ecuador

Controle e avaliação estatística dos níveis de ruído de poluição sonora nas unidades educacionais Don Bosco e María Auxiliadora Macas - Equador

William Estuardo Carrillo-Barahona ^I
estuardo.carrillo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1432-9638>

José Hernán Negrete-Costales ^{II}
jose.negrete@epoch.edu.ec
<http://orcid.org/0000-0002-2678-761X>

Víctor Miguel Toalombo Vargas ^{III}
victor.toalombo@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9479-6307>

Néstor Augusto Estrada Brito ^{IV}
nestor.estrada@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4100-7351>

Patricia Marisol Chacón Chacón ^V
patriciamarisol5@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0002-8569-7423>

Correspondencia: estuardo.carrillo@epoch.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de noviembre de 2022 * **Aceptado:** 12 de diciembre de 2022 * **Publicado:** 19 de enero de 2023

- I. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- V. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

Resumen

El proceso de contaminación acústica representa una problemática ambiental que va incrementando a medida del avance técnico y tecnológico, referenciando en las instituciones educativas de las urbes, es por ello que la investigación plantea como objetivo general evaluar la contaminación acústica de las Unidades Educativas Don Bosco y María Auxiliadora del cantón Morona, identificando los puntos críticos a través de la generación de mapas de ruido y el diseño de un plan de mitigación frente a esta problemática, metodología: se aplicó el método no probabilístico por conveniencia, registrando datos georreferenciados con la ayuda del sonómetro tipo uno permitiéndonos saber el nivel de presión sonora en cada punto determinado, los datos se registraron en dos momentos del día, para la tabulación de datos se utilizó el software estadístico Minitab Resultados: indican en que ambas zonas la mayor contaminación sonora fue la de mayor tráfico vehicular, donde los valores de LAeq superaban los 70 dB. Se encontró que en ambas unidades educativas tenían puntos considerados como críticos, encontrándose valores entre 65 y 80 dB, lo que causa molestias graves, pero no constituye como un riesgo para la salud. En ambas instituciones se generaron mapas de ruido los cuales se ubicaron los puntos críticos que representan menos del 10 % del total del área muestreada. Conclusiones: Se diseñó un plan de mitigación para reducir el efecto perjudicial de ruidos molestos, analizando todos los factores en estudio, determinando colocar barreras protectoras para aislar las áreas de mayor contaminación sónica y procurar al personal que acude frecuentemente a los centros estudiantiles dotar de equipos de protección en especial en los horarios críticos establecidos.

Palabras Clave: contaminación; mapas de ruido; puntos críticos; tráfico; unidades educativas.

Abstract

The process of noise pollution represents an environmental problem that is increasing as technical and technological progress, referencing the educational institutions of the cities, which is why the research proposes as a general objective to evaluate the noise pollution of the Don Bosco Educational Units and María Auxiliadora of the Morona canton, identifying the critical points through the generation of noise maps and the design of a mitigation plan against this problem, methodology: the non-probabilistic method was applied for convenience, recording georeferenced data with the help of the type one sound level meter allowing us to know the sound pressure level

at each determined point, the data was recorded at two times of the day, for the tabulation of data the statistical software Minitab was used Results: they indicate that in both areas the greatest noise contamination was that of increased vehicular traffic, where LAeq values exceeded 70 dB. It was found that in both educational units they had points considered critical, finding values between 65 and 80 dB, which causes serious discomfort, but does not constitute a health risk. In both institutions, noise maps were generated, which located the critical points that represent less than 10% of the total sampled area. Conclusions: A mitigation plan was designed to reduce the detrimental effect of annoying noises, analyzing all the factors under study, determining to place protective barriers to isolate the areas with the highest noise pollution and ensuring that staff who frequently go to student centers provide equipment. of protection, especially during critical hours established.

Keywords: contamination; noise maps; critical points; traffic; educational units.

Resumo

O processo de poluição sonora representa um problema ambiental que aumenta com o progresso técnico e tecnológico, referenciando as instituições educacionais das cidades, por isso a pesquisa propõe como objetivo geral avaliar a poluição sonora das Unidades Educacionais Dom Bosco e Maria Auxiliadora do cantão de Morona, identificando os pontos críticos por meio da geração de mapas de ruído e o desenho de um plano de mitigação para esse problema, metodologia: o método não probabilístico foi aplicado por conveniência, registrando dados georreferenciados com a ajuda do nível de som tipo um medidor permitindo conhecer o nível de pressão sonora em cada ponto determinado, os dados foram registrados em dois horários do dia, para a tabulação dos dados foi utilizado o software estatístico Minitab Resultados: indicam que em ambas as áreas a maior contaminação sonora foi aquela de aumento do tráfego de veículos, onde os valores de LAeq ultrapassaram 70 dB. Constatou-se que em ambas as unidades educacionais tiveram pontos considerados críticos, encontrando valores entre 65 e 80 dB, o que causa sério desconforto, mas não constitui risco à saúde. Em ambas as instituições foram gerados mapas de ruído, que localizaram os pontos críticos que representam menos de 10% da área total amostrada. Conclusões: Foi elaborado um plano de mitigação para reduzir o efeito prejudicial dos ruídos irritantes, analisando todos os fatores em estudo, determinando a colocação de barreiras de proteção para isolar as áreas com maior poluição sonora e garantindo que o pessoal que frequenta os centros

estudantis forneça equipamentos. de proteção, especialmente durante as horas críticas estabelecidas.

Palavras-chave: contaminação; mapas de ruído; Pontos críticos; tráfego; unidades educacionais.

Introducción

La contaminación acústica es la presencia de ruido en el ambiente, la Organización Mundial de la Salud considera un problema de salud pública, además de los efectos auditivos como pérdida temporal de la audición, hipoacusia o sordera (Amable et al., 2017), el ruido puede causar otros problemas como efectos psicopatológicos: problemas respiratorios, aumento de la presión arterial, dolor de cabeza, psicológicos: estrés, fatiga, depresión y ansiedad, además de trastornos del sueño y del comportamiento (Zamorano et al., 2019): la regulación del sueño por encima de 45 dB es difícil, lo que conduce a episodios de agresión e irritabilidad y efectos sobre la memoria, la concentración y la memoria (Ordaz et al., 2009).

Osejos, (2015) expresa que **la incidencia de la contaminación** acústica urbanística en la ciudad de Jipijapa, Ecuador, y encontró que los niveles de ruido superaban los permisibles por la OMS en todos los lugares muestreados. Las mediciones con equipos se deben realizar en los lugares de trabajo y escuelas con el objetivo de detectar los niveles de ruido emitidos, asegurando que no excedan los niveles máximos permitidos por la legislación ecuatoriana, al determinar si los niveles sonoros presentan un riesgo y para desarrollar las medidas de protección pertinentes, las instituciones escolares deben estar equipadas con equipos de medición acústica, con mayor eficacia sonómetros (Lira-Camargo et al., 2020). Una vez detectado un problema de contaminación acústica, además de aplicar las medidas legales pertinentes para reducir las emisiones sonoras.

Por tanto, **el objetivo de investigación** fue: Evaluar la contaminación acústica en las Unidades Educativas Fiscomisionales “Don Bosco” y María Auxiliadora del Cantón Morona, a través de la identificación de los puntos críticos de ruido en el área de estudio que permita obtener datos para su respectivo análisis, Generar mapas de ruido con la utilización del Software libre QGIS, realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos para que se verifique el cumplimiento a la normativa ambiental vigente y diseñar un plan de mitigación para las Unidades Educativas Fiscomisionales “Don Bosco” y María Auxiliadora del Cantón Morona.

La contaminación acústica se debe al aumento de las actividades diarias de las personas, en este centro se encuentra el flujo de tráfico y comercio ambulante, con inconvenientes y consecuencias para la salud de los ciudadanos, las principales fuentes de contaminación acústica son las siguientes (Vásquez, 2017): Tráfico de vehículos y transporte ferroviario: Lo más importante es que en aquellos países donde se concentran las ciudades, no existe una planificación previa al proceso de desarrollo.

El ruido generado por los vehículos es un tema complejo para las autoridades responsables de la gestión ambiental y urbanística. Las obras de construcción provocan una contaminación acústica considerable debido al uso de grúas, hormigoneras, soldadura, martilleo (especialmente martillos neumáticos), taladrado, etc. Finalmente, el nivel de potencia de sonido de los equipos de audio, transmisión y televisión, como las radios, puede producir un nivel de ruido de 105 decibeles (Ordaz et al., 2009).

Los impactos del ruido en la escuela, los docentes y los alumnos a menudo están expuestos a muchas condiciones de trabajo que afectan su bienestar físico, social, psíquico, influyendo en su salud mental y su calidad de vida; por lo cual es necesario proponer herramientas para promover sus condiciones de salud, trabajo y vida, para mejorar el ambiente de trabajo para optimizar el ambiente de trabajo (Cantor y Muñoz, 2009).

Los entornos escolares cuyo efecto es una serie de manifestaciones, desde malestar por estrés, trastorno del sueño, hasta la hipoacusia, la cual principal afectación del ruido sin duda alguna es el deterioro de la capacidad auditiva, pero también puede provocar dilatación de pupilas, taquicardia, aceleración de la frecuencia respiratoria y parpadeo constante (González y Fernández, 2014), la cual es la expresión más notoria y que causa un efecto negativo en el rendimiento escolar, el cual posteriormente puede repercutir en un retraso económico y social como se expresa en la figura 1.

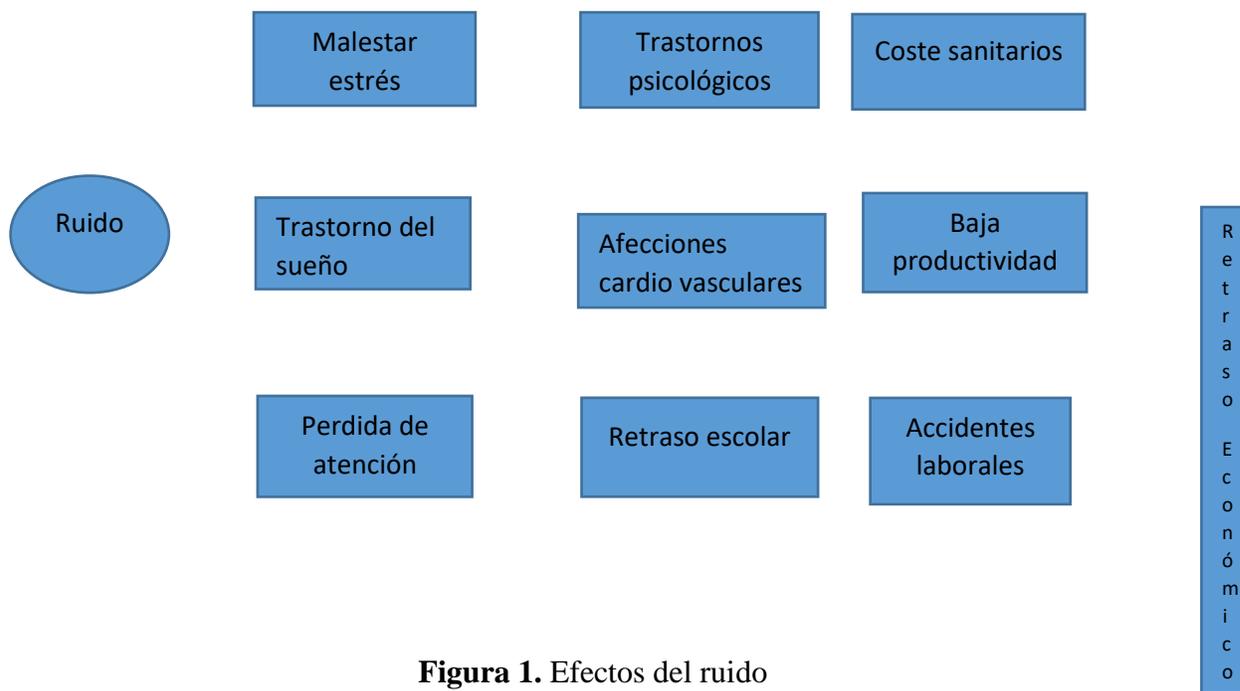


Figura 1. Efectos del ruido

Fuente: (Taboada, 2012)

Para la medición del ruido, uno de los instrumentos importantes es el sonómetro, es un instrumento utilizado para medir los niveles de presión sonora, en un determinado lugar y momento, cuyo funcionamiento se orienta a reaccionar de manera a cómo lo haría el oído humano, dando una lectura directa del nivel de presión sonora en dB (decibelio) en el momento de tiempo definitivo (Platzer et al, 2007).

Los equipos de medición del ruido son: **Dosímetro:** Es una modalidad de sonómetro integrado que indica la dosis total de ruido. Útil para calcular el ruido a la que una persona está sometida. Registra el ruido y lo acumula registrando una suma total sobre una escala en un determinado tiempo; práctico en industrias donde el ruido varía en duración e intensidad, y donde el trabajador cambia de lugares (Román, 2018); **Sonómetro:** Es el instrumento básico para medir los niveles de presión sonora, en un determinado lugar y momento. Su funcionamiento se responde al sonido a una aproximación como lo haría el oído humano; su unidad de medición es el decibelio (dB) (Román, 2018).

Se clasifican en función de su precisión en decibelios (dB) y dependiendo de la frecuencia en:

Sonómetro de Clase 0: De precisión máxima, utilizada en laboratorios y como referencia.

Sonómetro de Clase 1: De precisión elevada para la medición del nivel sonoro.

Sonómetro de Clase 2: Tienen una precisión media, útil en mediciones de campo.

Sonómetro de Clase 3: De baja precisión, empleado para inspecciones.

La protección auditiva personalizada esta constituida por: Los dispositivos de protección auditiva son utilizados para atenuar el ruido ambiental excesivo y proteger la audición. Estos incluyen a elementos tales como orejeras, tapones auditivos, cascos anti ruido, etc. Los protectores auditivos personalizados son los que se hacen a medida de cada persona a partir de un molde del oído y elaborados normalmente en silicona (grado médico), por lo cual pueden ser utilizados durante un período considerable de tiempo sin causar molestias, ofreciendo ajustes precisos (Americannear, 2021).

Materiales absorbentes: tienen la finalidad evitar la reflexión del sonido cuando éste incide sobre ellos. Los materiales porosos como tejidos gruesos, gomaespumas o lanas minerales son materiales que absorben el sonido de manera eficiente. Los materiales fonoabsorbentes son frecuentemente utilizados en el revestimiento de paredes y techos, y en la actualidad destacan la espuma de poliuretano y la lana de vidrio (Euopeanacustica, 2021).

Barreras acústicas: Las barreras acústicas son utilizadas como obstáculo entre una fuente emisora de ruido y un receptor (generalmente zona afectada) con el propósito de disminuir el impacto causado por éste. Elementos como muros, vallas, biombos, vegetación, entre otras, resultan útiles para estos fines.

Las barreras acústicas reflectantes son soluciones muy empleadas en áreas metropolitanas dada la proximidad de los edificios y viviendas a rutas de tráfico.

Aislamientos: El aislamiento acústico implica la aplicación de materiales y tecnología para aislar (mitigar) los ruidos existentes en un espacio determinado. El aislamiento normalmente se lleva a cabo en sectores de la industria que registran altos niveles de contaminación acústica con el

propósito de disipar la energía asociada a las vibraciones, por lo que su foco se centra en puntos generadores de vibraciones y por ende provocan ondas sonoras (García, 2022).

Las casetas son amortiguadoras son empleadas para controlar el ruido a partir del aislamiento de la emisora de este. La mismas presentan una elevada capacidad para controlar altos niveles de ruido, siendo principalmente utilizadas en el sector industrial, en donde las maquinarias (fuente emisora) con una alta generación de ruido operan bajo niveles de ruido aceptables y tolerables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cantón Morona está ubicado en el centro de la provincia de Morona Santiago, la cual a su vez se encuentra localizada en el centro sur de la Región Amazónica, entre las coordenadas geográficas 79°05´ de longitud. W; 01°26´de latitud S y 76°35´ de longitud W; 03°36´ de latitud S; forma parte de la cuenca amazónica sudamericana, que con su enorme superficie, 7.5 millones de kilómetros cuadrados y complejidad eco sistémica, es la más importante reserva biótica existente en el mundo. Corresponde al 19.35% de la superficie provincial y el 4.02% con respecto a la Región Amazónica Ecuatorial, RAE.

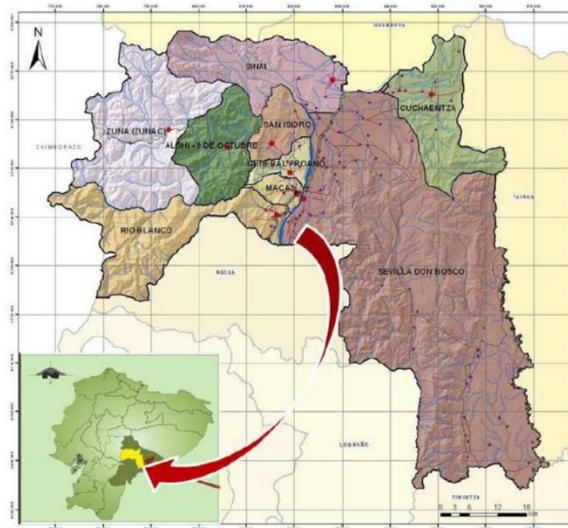


Figura . 2 Mapa político Cantón Morona

Fuente: PDOT Morona Santiago (2019)

La investigación es de tipo cuantitativa, utilizando herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos mediante datos numéricos; aplicada: ya que permite solucionar problemas reales, aportando conocimientos teóricos necesarios para

resolver problemas o mejorar la calidad de vida; exploratoria ya que sirve para incrementar el conocimiento sobre una temática poco conocida o estudiada; experimental a través de la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular: deductiva-inductiva: utilizando para analizar el fenómeno observado, mientras que los métodos deductivos se utilizan para verificar el fenómeno observado.

El proceso se realizó en las áreas en donde se identificó y estableció el problema en estudio, tomando muestras, puntos estratégicos, con sus respectivas repeticiones en horarios “pico”. El diseño del experimento fue de tipo factorial, donde los factores de estudio fueron las unidades educativas, el exterior de estas en donde se tomaron las mediciones y por último las horas establecidas para la medición son las 7:00 am a 9:00 am y de 12:00- 2 pm.

Los factores de estudio se definen como la variable o variables que se investigan en el experimento para observar cómo afectan o influyen en la variable de respuesta.

Tabla 1. Descripción de tratamientos a evaluar

Escuela	Puntos	Horario	Combinaciones
Don Bosco (B) María Auxiliadora (MA)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Matutino (M) Vespertino (V)	M1; V1 M2, V2, M3.V3, M4, V4, M5, V5 M6, V6, M7, V7. M8,V8 M9, V9 y M10, V10

Realizado por: Chacón, Patricia, 2022.

El muestreo se hará en dos escuelas la unidad educativa María Auxiliadora denominada (MA) y la Don Bosco (B), en cada una se harán mediciones con sonómetros en 10 puntos en dos horarios el matutino (M), que es de 7 A 9 A.M y vespertino de 12 A 2 P.M , se tendrán entonces para el análisis se tendrán 20 tratamientos para cada unidad educativa resultado de la combinación de los puntos de muestreo por el horario.

Variables dependientes: Contaminación acústica: la cual fue medida mediante el parámetro: LaEQ (Nivel de Ruido Continuo Equivalente), este parámetro. Permite medir la ponderación del sonómetro que hace que sus lecturas se ajusten a una respuesta auditiva humana teórica. Leq es el nivel de ruido continuo equivalente, y representa la exposición total a ruido durante el período de

interés, o la energía promedio del nivel de ruido durante el período de interés. Leq es generalmente descrito como el nivel de ruido “promedio” durante una medición de ruido

VARIABLES INDEPENDIENTES: Niveles de sonido, los cuales fueron medidos en 10 puntos de las unidades educativas María Auxiliadora y Don Bosco distribuidos en los linderos este, oeste, norte sur de las instituciones y limitando con las áreas externas aledaña a las calles, donde ocurre la emisión de fuerte niveles de sonido, por el flujo vehicular.

La población de estudio data de la Ciudad de Macas; Cantón Morona; Provincia de Morona Santiago, las Unidades educativas que intervinieron en el estudio fueron: Unidad Educativa Fiscomisional “Don Bosco” y Unidad Educativa “María Auxiliadora”.

El tamaño de muestra, se realizará un análisis de las diferentes áreas de cada unidad educativa en el que se identificará los lugares con mayor influencia de ruido según nuestra perspectiva, las cuales están ubicadas en los puntos que limitan con las calles externas de alto flujo vehicular, que luego serán considerados como puntos de monitoreo llegando así a determinar 10 puntos por cada escuela que serán monitoreados con el sonómetro, se escogieron 10 puntos por que los mismos al ser distribuido pueden dar información del nivel de contaminación sónica en toda la escuela y se escogieron estas unidades educativas, por estar ubicadas en el centro de Macas y tener un alto flujo vehicular y de actividad vehicular además de tener una alta población estudiantil, María Auxiliadora con 1171 estudiantes y Don Bosco con 1871 estudiantes, así mismo en la unidad educativa María Auxiliadora trabajan 45 profesores y en la Don Bosco 69.

Técnicas de recolección de datos, generando con el sonómetro tipo I, se empleó la técnica de observación directa de los hechos, tomándose los datos en las horas establecidas, ubicando a una distancia de 1.5 metros de la pared y a un 1.2 m de altura (soportado en un trípode) (Echeverri & González, 2011) en cada horario de muestreo de acuerdo al (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015) se levantaron los datos de la siguiente manera: lunes a viernes en cada unidad, en los horarios de 7:00 a 9:00 am y de 12:00 a 14:00 pm, se identificaron 10 puntos estratégicos para la toma de datos, en cada punto con el sonómetro configurado para la toma de datos cada 15 segundos; durante 7 minutos se tomó la lectura en el lugar establecido dando como resultado la generación de 25 datos por sitio.

Se tabuló diariamente los datos en Microsoft Excel de los muestreos obtenidos para posteriormente realizar el análisis estadístico; la medición y registro de datos: registrando datos georreferenciados con la ayuda del sonómetro tipo 1 permitiéndonos saber el nivel de presión

sonora en cada punto determinado ya sea en un instante o un intervalo de tiempo.(Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019), los datos se registraron en 2 momentos del día de acuerdo a la observación de los periodos critico de concurrencia al centro escolar y el transito automotor como se observa en la figura 1.

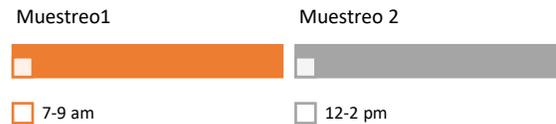


Figura 3. Periodos críticos de 2 horarios, observación de concurrencia al centro escolar y el tránsito automotor

GIS: el programa mencionado se utilizó para elaborar los mapas de ruido, utilizando el software de sistemas de información Geográfica se facilitó el análisis, comparte información y resuelve problemas de planificación y gestión.(Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019). Medición de puntos de ruido: el sonómetro tipo 1 se utilizó como instrumento para la toma de muestras, arrojando resultados aceptables para la investigación. “Los sonómetros registran de forma directa el nivel de la presión sonora de un fenómeno acústico, y expresa el resultado en dB, con una presión sonora de referencia de 20×10^6 ”.(Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019), los cuales se describen la tabla 2

Tabla 2. Puntos de muestreo a considerar en cada unidad educativa

Punto	María Auxiliadora		Don Bosco	
1	820674,464	9745083,998	820749,081	9744890,738
2	820659,464	9745023,998	820749,081	9744815,738
3	820719,464	9745008,998	820809,081	9744800,738
4	820764,464	9745008,998	820779,081	9744890,738
5	820764,464	9745023,998	820809,081	9744875,738
6	820764,464	9745053,998	820839,081	9744875,738
7	820674,464	9745068,998	820839,081	9744860,738
8	820719,464	9745038,998	820824,081	9744815,738

9	820779,464	9745053,998	820794,081	9744830,738
10	820719,464	9745023,998	820764,081	9744830,738

Toma de datos según la legislación: Para la toma de datos según (TULSMA, 2015), indica que el sonómetro debe estar colocado sobre un trípode a una altura mayor o igual a 1,5m desde el suelo con dirección a la fuente de emisión de ruido con una inclinación de 45 a 90 grados sobre un plano horizontal, al momento de tomar la muestra el medidor debe de estar alejado del instrumento mínimo un metro.

Tabulación de datos: para la tabulación de datos se utilizó el software estadístico Minitab una vez ya obtenidos los puntos y mediciones correctas (Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019)

Elaboración de mapas de ruido: Para la construcción de los mapas de ruido se requirió del levantamiento de datos geográficos, equipo técnico y personal de apoyo. En la actualidad existe el apoyo tecnológico para compartir y editar geo datos ayudando a potenciales proyectos ambientales de gestión de ruido para finalmente realizar un plan de mitigación que ayudará a reducir la contaminación auditiva en el sector.(Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019)

Plan de mitigación de ruido: Según los resultados de los mapas de ruidos se observó la exposición de la población al ruido, para poder optar por un plan que ayude a reducir y prevenir el ruido ambiental especialmente cuando los efectos pueden ser resultar nocivos a la salud humana.(Zambrano-Monserrate & Ruano, 2019). Para determinar la contaminación acústica en las Unidades Educativas de la ciudad de Macas se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando el programa estadístico Minitab.

Resultados y discusión

Se presenta es la identificación de los puntos de monitoreo, tanto en la unidad educativa Auxiliadora, como en la Don Bosco, con la finalidad de seleccionar los puntos críticos de mayor

contaminación sónica, construir posteriormente los mapas de ruido, que ayudara al establecimiento de las medidas de mitigación, los resultados se presentan a continuación en la figura 4.

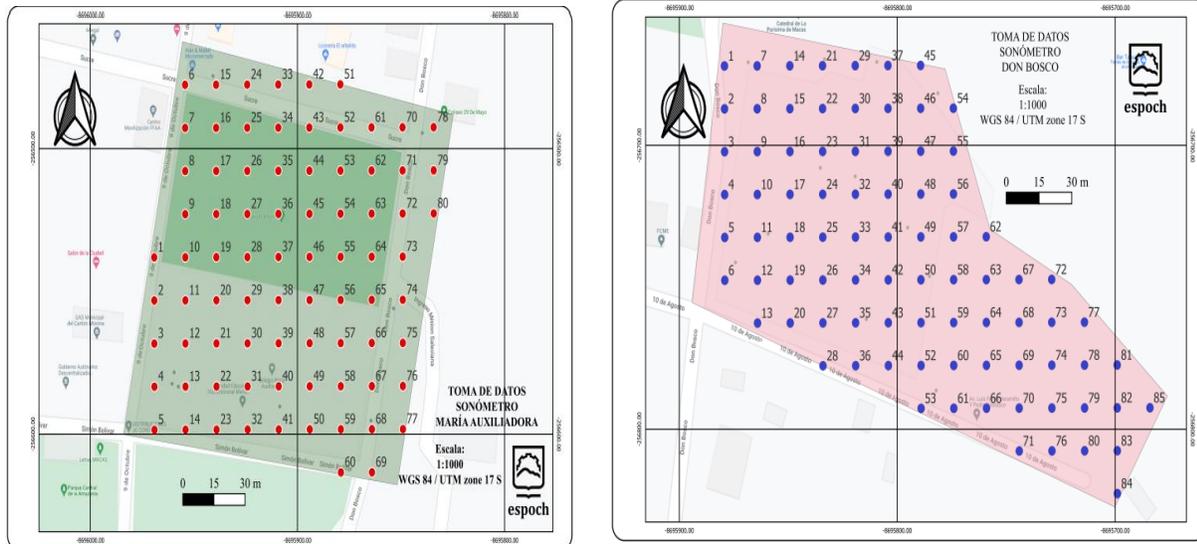
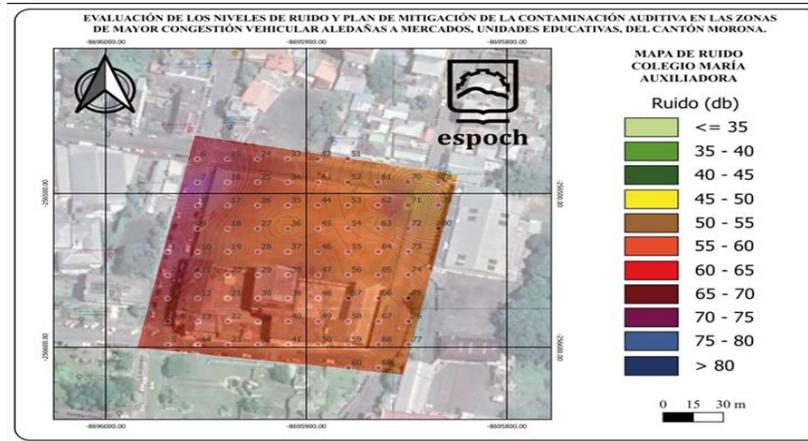


Figura 4. Puntos de muestreo unidad educativa

María Auxiliadora y Don Bosco

El primer resultado que se presenta fue la identificación de los puntos críticos de ruido en el área de estudio lo cual se logró mediante la superposición del mapa obtenido en Google Earth con el mapa de ruido generado por el software de información geográfica QGIS que fue construido a partir de los datos obtenidos en los diferentes puntos de muestreo usando el sonómetro, en el caso de la Unidad Educativa María Auxiliadora se observa que los puntos críticos se ubican hacia la periferia de las escuelas, especialmente en el lindero, los cuales son vecinos a las vías de comunicación con mayor flujo vehicular, figura 5.

Figura 5. Puntos críticos de ruido identificados en la Unidad Educativa María Auxiliadora del cantón Morona Santiago.



En el caso de la Unidad Educativa Don Bosco cuyos resultados se observan en la figura 13-4, el comportamiento fue similar al observado en la unidad educativa María Auxiliadora, donde los puntos críticos se observaron hacia la periferia, en los límites colindantes con las vías de mayor flujo vehicular, con la particularidad de que en esta unidad educativa en el lindero este existe un área de bosque sin población en donde no se observó mayores problemas de contaminación sónica, contrario a lo observado en el lindero oeste, donde se encontraron los mayores niveles de contaminación por ruidos molestos

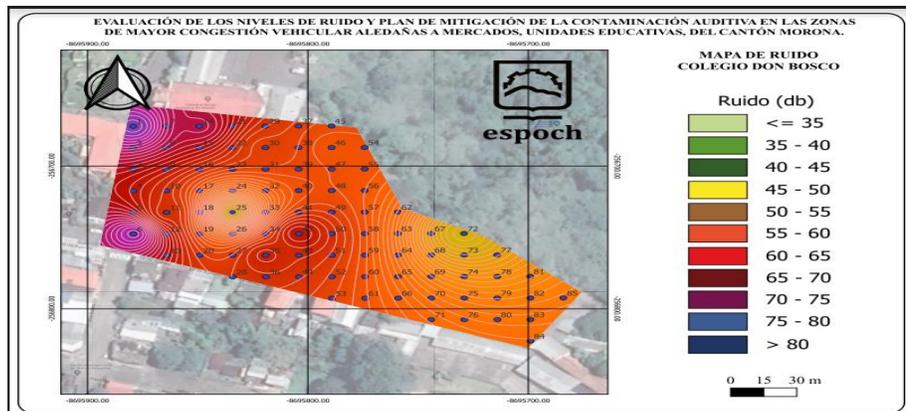


Figura 6. Puntos críticos de ruido identificados en Don Bosco, cantón Morona Santiago.

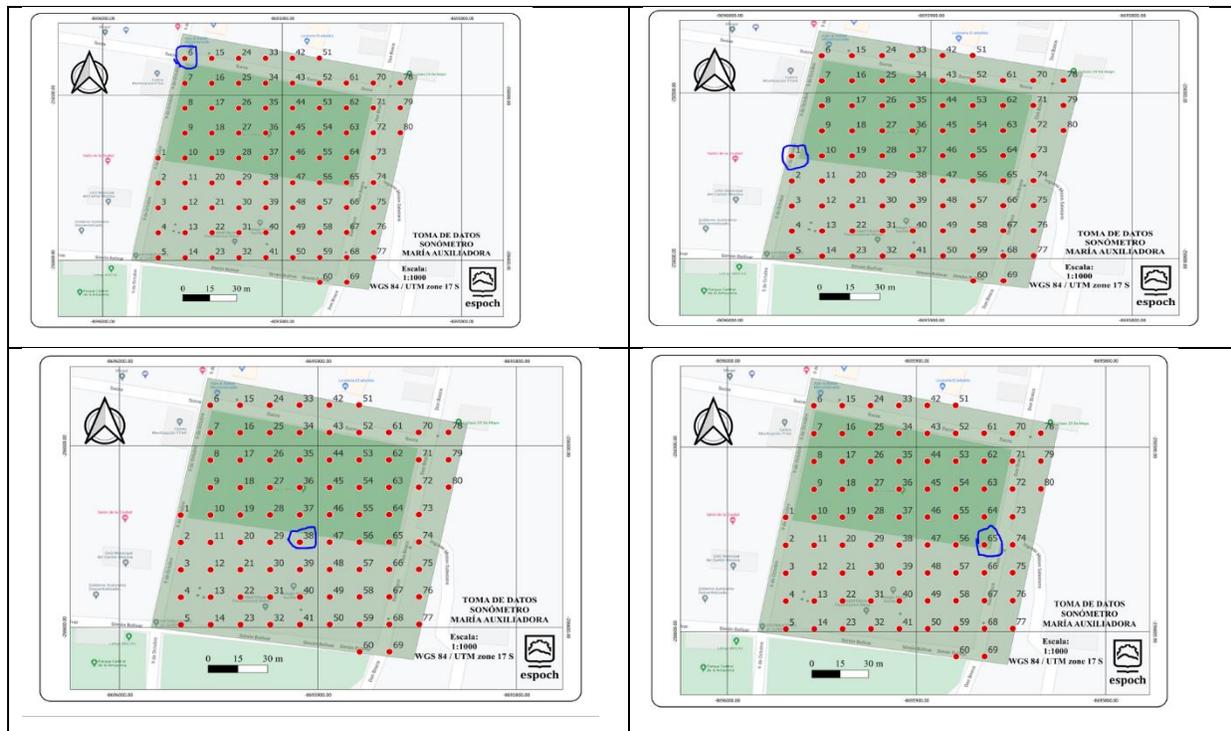
Así mismo en la unidad educativa María Auxiliadora se ubicaron los puntos de menor contaminación sónica y donde no es necesario llevar a cabo medidas de mitigación de ruidos los cuales se encontraban limitando con el lindero este, hacia una de las calles de menor flujo vehicular,

los puntos identificados fueron el 1,2 3, 4, 5, 6, 8 y 9. Cuyas coordenadas se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de los puntos de menor contaminación sónica (1, 2,3,4,5,6,8,9) en la Unidad Educativa María Auxiladora de la Provincia Morona Santiago

PUNTO	COORDENADAS		SONÓMETRO
1	820674,464	9745084	64,3741935
2	820659,464	9745024	64,3150794
3	820719,464	9745009	65,9352227
4	820764,464	9745009	65,0710843
5	820764,464	9745024	64,812
6	820764,464	9745054	65,3753036
8	820719,464	9745039	64,3907258
9	820779,464	9745054	63,3344

En estos puntos la intensidad del sonido oscilo entre 63,33 dB y 65,93 dB y la ubicación de los puntos se ilustra en la figura 7.



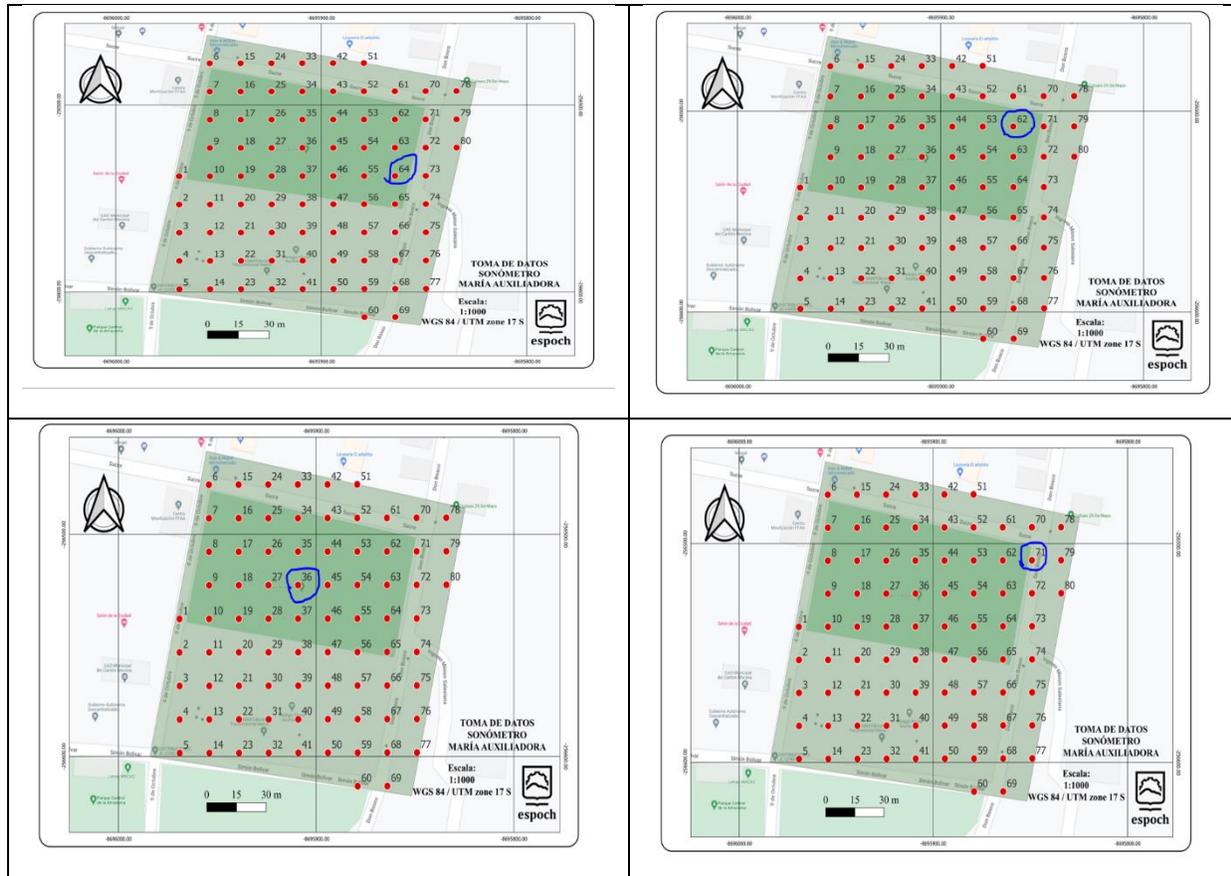


Figura 7. Ubicación de los puntos de menor contaminación sónica (1,2 3,4,5,6, 8 y 9) en la Unidad Educativa Maria Auxiliadora de la Provincia Morona Santiago.

Mientras que en la Unidad Educativa Don Bosco se ubicaron los puntos de menor contaminación sónica y donde no es necesario llevar a cabo medidas de mitigación de ruidos las cuales se encontraban limitando con el lindero este, que limitan con una zona de bosque en la cual no se observó ninguna actividad antrópica., los puntos identificados fueron el 1, 4, 5, 6, 9 y 10, cuyas coordenadas se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Coordenadas geográficas de los puntos de menor contaminación sónica (1,4,5,6,9 y 10) en la Unidad Educativa Don Bosco de la Provincia Morona Santiago.

PUNTO	COORDENADAS	SONÓMETRO
1	820749,081 9744890,74	66,458871
4	820779,081 9744890,74	67,1736842

5	820809,081	9744875,74	66,836255
6	820839,081	9744875,74	65,7702811
9	820794,081	9744830,74	65,0372
10	820764,081	9744830,74	67,7534137

En estos puntos la intensidad del sonido oscilo entre 65,03 dB y 67,75 dB y la ubicación de los puntos se ilustran en la figura 8, cuyos valores superan los encontrados en la Unidad Educativa María Auxiliadora.

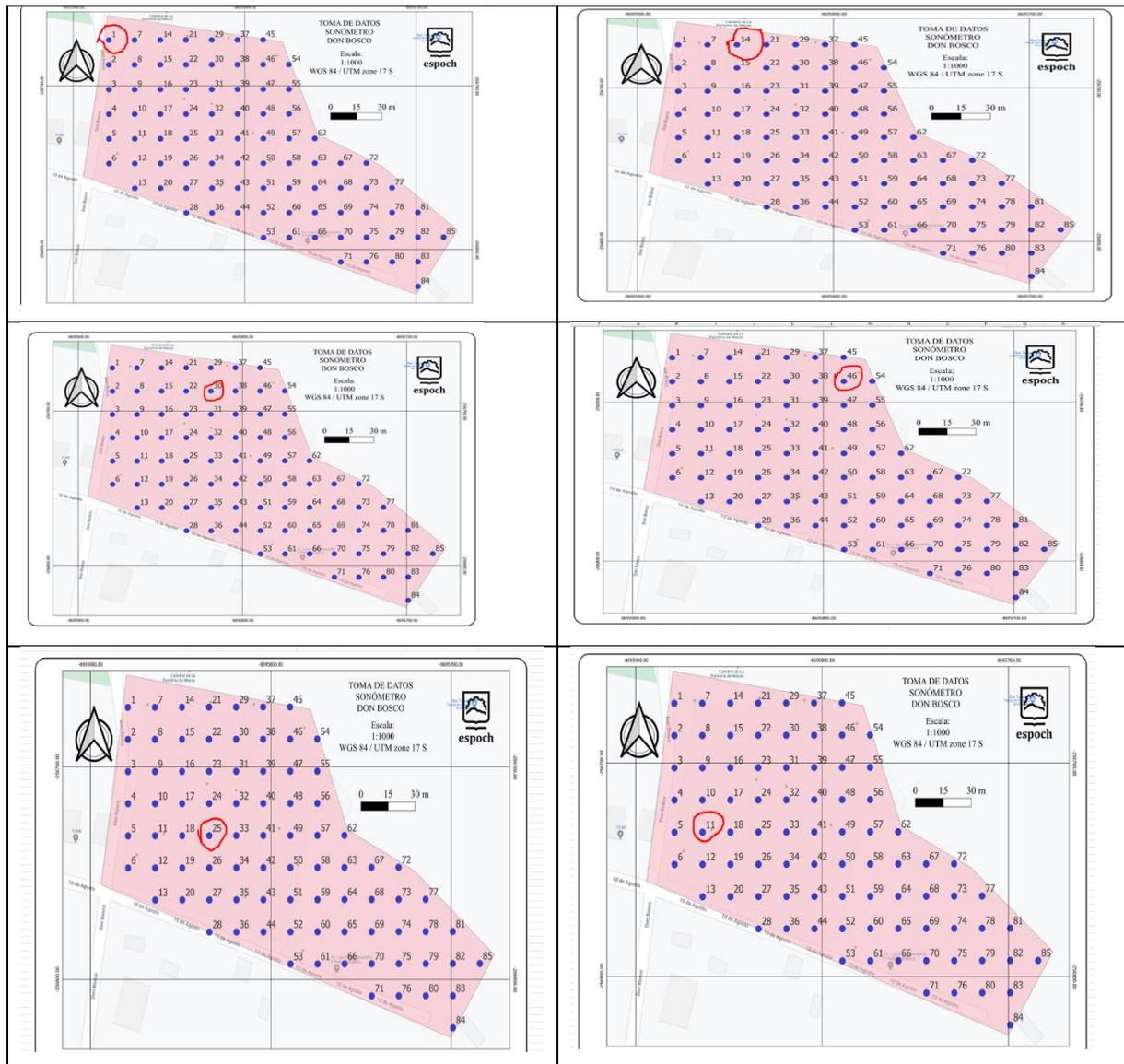


Figura 8. Ubicación de los puntos de mayor contaminación sónica (1, 4, 5, 6, 9, 10) en la Unidad Educativa Don Bosco de la Provincia Morona Santiago.

Luego de la identificación de los puntos críticos se realizó un análisis estadístico de los datos obtenidos para que se verifique el cumplimiento a la normativa ambiental vigente, tomando como referencia el análisis del parámetro L_{Aeq} . En el análisis de L_{Aeq} es el nivel de ruido continuo equivalente, y representa la exposición total a ruido durante el período de interés, o la energía promedio del nivel de ruido durante el período de interés. L_{eq} es generalmente descrito como el nivel de ruido “promedio” durante una medición de ruido. A continuación, se detalla los resultados obtenidos de acuerdo con los puntos escogidos tanto en la Unidad Educativa María Auxiliadora y la Unidad Educativa “Don Bosco” una vez realizado el análisis estadístico por cada punto. Finalmente con los datos obtenidos y los puntos de muestreos seleccionados, se generaron los mapas de ruido con la utilización del Software libre QGIS, observando en la figura 9 que en la unidad educativa María Auxiliadora los puntos que generar mayor contaminación sónica, fueron el 10 y el 9, los cuales se encuentran cercano a las avenidas de mayor tráfico vehicular con valores que superan los 70 dB y se reconocen de color violeta, y los puntos de menor muestreo corresponden a los puntos 3, 4 y 5 alejados de a las vías de circulación y se observaron de color naranja claro con valores menores a 60 dB y están cercanos a una zona de bosque donde no existe actividad antrópica.

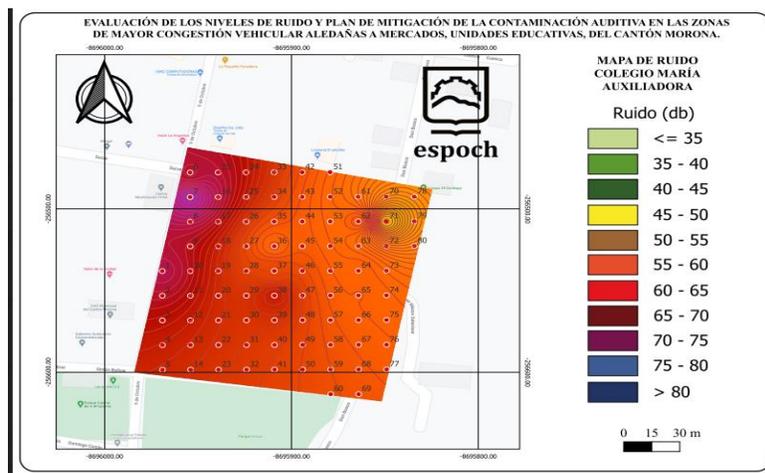


Figura 9. Mapas de ruido de la Unidad Educativa María Auxiliadora obtenido mediante Software libre QGIS a partir de del procesamiento de datos obtenidos en la institución.

En relación al mapa de ruidos de la unidad educativa Don Bosco (Figura 10) la distribución fue similar a la observada en la unidad educativa María Auxiliadora los puntos que generar mayor contaminación sónica, fueron el 10 y el , los cuales se encuentran cercano a las avenidas de mayor tráfico vehicular con valores que superan los 70 dB y se reconocen de color violeta, y los puntos de menor muestreo corresponden a los puntos 4 y 5 alejados de a las vías de circulación y se observaron de color naranja claro con valores menores a 60 dB.

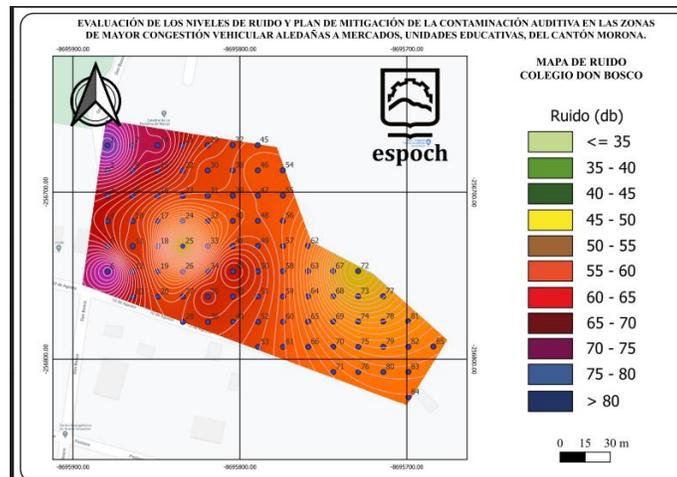


Figura 10. mapa de ruido de la unidad educativa Don Bosco obtenido mediante Software libre QGIS a partir de del procesamiento de datos obtenidos en la institución.

Plan de mitigación: A través de estudios de niveles de sonido en las unidades educativas María Auxiliadora y Don Bosco de la ciudad de macas, considerando el transporte y comercialización se ha diseñado la normativa ambiental vigente al libro sexto anexo 5, estableciendo los límites máximos permisibles de ruido amparada a la ley de gestión ambiental para prevenir y controlar la contaminación ambiental, para realizar se presenta una matriz FODA, donde se identifican los puntos clave que se deben considerar para la implementación de la misma.

Tabla 5 Matriz FODA para la implementación de propuesta de mitigación de ruido en unidades educativas aria Auxiliadora y Don Bosco

<p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se tienen identificados puntos críticos Se realizaron mapas de ruidos Se cuenta con equipos de medición 	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> Financiamiento de organismos nacionales Participación de sectores de comunidad educativa.
---	---

Existe una normativa que establece medidas de mitigación de ruidos	Convenios con organismo de tránsito terrestre Concientización sobre problemática de contaminación sónica
<p>Debilidades:</p> <p>Presupuesto insuficiente</p> <p>Recurso humano escaso para monitoreo</p> <p>Ausencia de medidas legales robustas en casos de contaminación sónica</p> <p>Parque automotor no adaptados a normativas de mitigación de ruidos</p>	<p>Amenazas:</p> <p>Aumento del flujo vehicular</p> <p>Resistencia al uso de equipos de protección</p> <p>Deterioro de equipos de medición</p> <p>Desacato a medidas de mitigación de ruido</p> <p>Atención oportuna de autoridades para el monitoreo y aplicación de normativa legal vigente</p>

Fuente: Chacón, 2022

Normativa: En zonas educativas los ruidos deben ser menores a 55 dB el cual es superado en casi todos los puntos de muestreo. Las medidas consisten en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el propietario o representante legal de la nueva fuente.

Considerando este apartado de las normativas se sugieren las siguientes medidas: Atenuar el ruido al interior mediante barreras aislante tanto en el exterior como en las aulas de clases, restringir el flujo vehicular en las calles aledañas en las horas de actividad escolar.

La entidad Ambiental de Control podrá señalar o designar en ambientes urbanos, los tipos de vehículos que no deberán circular, o deberán hacerlo con restricciones en velocidad, horario, en calles, avenidas o caminos, en que se determine los niveles de ruido, debido a tráfico exclusivamente, superen los siguientes valores: nivel de presión sonora equivalente mayor a 65 dBA en horario diurno, y 55 dBA en horario nocturno.

Controlar el uso innecesario de bocinas de cualquier vehículo de motor en las vías públicas, en áreas escolares o residenciales, excepto en los casos que sea como señal de advertencia de peligro o emergencias.

Algunas medidas del plan de acción como es la identificación de los puntos críticos, producto de la medición en varios sitios de muestreo de ambas unidades educativas en los horarios matutino y vespertinos, lo cual permitió generar un mapa de ruido en el cual se pueden generar acciones puntuales como son el uso de barreras aislante en los puntos de mayor ruido y la dotación de equipos de protección de estudiantes la ser usado en periodos críticos en la zonas de menor intensidad sonora.



Figura 11. Colocación de barreras aislante y equipos de protección auditivo.

Las cuáles serán colocadas en ambas escuelas en los siguientes puntos críticos que se presentan en la tabla

Tabla 6. Lugares de escuelas donde se deben llevar a cabo medidas de mitigación de ruidos.

Escuela	Barreas aislante	Equipos de protección
María Auxiliadora	10,9	8,1,7,2,6
Don Bosco	10,9	3,7,1,8, 6,2, 4

Fuente: Chacón, 2022

Plan de disminución de ruido por fuentes móviles: Dado que el ruido es emitido generalmente por automóviles en áreas aledañas a las escuelas, las medidas a tomar serán basadas de acuerdo con la normativa nacional vigente.

Figura 12. Plan de disminución de ruido

Conclusiones

- Se determinaron puntos de corte de ruido para la zona de estudio, y en ambos colegios las zonas más contaminadas por ruido fueron aquellas aledañas a vías de mayor tránsito vehicular, donde valores de LAeq superiores a 70 dB podrían causar a la larga pérdida auditiva, en el caso de la unidad educativa Don Bosco, la ubicación cerca de una zona boscosa reduce la contaminación acústica en los alrededores del sitio.
- Durante el análisis estadístico de los datos obtenidos para verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental, se encontró que en las dos unidades educativas existían puntos considerados críticos, se encontraron valores entre 65 y 80 decibeles, lo que provocó un malestar severo, pero no un riesgo para la salud debido a la exposición de dos horas, sin embargo, este inconveniente puede afectar el comportamiento y el rendimiento académico de los estudiantes.
- En las dos unidades educativas se generaron los mapas de ruido utilizando el software libre QGISm, donde se pueden ubicar los puntos clave con ruido molesto, que representan menos del 10% del área total muestreada y se ubican entre la escuela y la vía de mayor tránsito. Lindando con la zona de mayor densidad de población. Se diseñó un plan de mitigación para las unidades educativas “Don Bosco” y María Auxiliadora del Cantón Morona para reducir los efectos nocivos del ruido molesto, basado en la colocación de barreras

protectoras para aislar las zonas más ruidosas del mapa de ruido y dotar de estudiantes con Proporciónar equipo de protección para protegerlos de ruidos molestos, especialmente en momentos críticos

Recomendaciones

- Realizar encuestas para conocer la percepción de los estudiantes sobre los efectos adversos de los ruidos molestos.
- Compara los resultados con la contaminación sónica de otras unidades educativas cercanas y Correlacionar los datos de contaminación sónica con el rendimiento académico de los estudiantes de ambas unidades educativas.
- Establecer convenio con el instituto de tránsito para establecer medidas de contingencia para reducir el tráfico vehicular en las horas que más afectan el desempeño estudiantil.

Hacer una evaluación de la salud auditiva de docentes y alumnos de las unidades educativas a ser estudiadas.

Referencias

1. AMABLE ÁLVAREZ, Isabel, et al. “Contaminación ambiental por ruido”. Revista Médica Electrónica, 2017, vol. 39, no 3, p. 640-649. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242017000300024
2. AMERICANEAR. Protección auditiva personalizada. [En línea] [Citado el: 30 de abril de 2022.]. <https://www.americanear.cl/proteccion-auditiva.html>
3. CANTOR CUTIVA, Lady Catherine; MUÑOZ SÁNCHEZ, Alba Idaly. “Condiciones acústicas de las aulas universitarias en una Universidad pública en Bogotá”. Medicina y Seguridad del Trabajo, 2009, vol. 55, no 216, p. 26-34. <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v55n216/original2.pdf>
4. EUROPEANACUSTICA. La importancia del uso de materiales acústicos. 2018. [En línea] [Citado el: 30 de abril de 2022.]. <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/la-importancia-del-uso-de-materiales-acusticos>
5. GARCÍA MILLÁN, Luis. Los 5 mejores aislantes acústicos para pared en 2022. 2022. [En línea] [Citado el: 30 de abril de 2022.]. <https://luisgarciamillan.es/los-5-mejores-aislantes-acusticos-para-pared/>

6. LIRA-CAMARGO, Zoila R.; ALFARO-CRUZ, Sarela C.; VILLANUEVA-TIBURCIO, Juan E. “Contaminación sonora en la ciudad de Barranca-Lima-Perú”. Investigación Valdizana, 2020, vol. 14, no 4, p. 213-219. <https://doi.org/10.33554/riv.14.4.744>
7. ORDAZ CASTILLO, Elena et al. Efecto de la exposición a ruido en entornos laborales sobre la calidad de vida y rendimiento. Medicina y Seguridad del Trabajo, 2009, vol. 55, no 216, p. 35-45.
8. OSEJOS MERINO, Miguel Ángel. “Análisis de la incidencia de la planificación urbanística en la contaminación acústica de la ciudad de Jipijapa, Ecuador”. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 2015, vol. 18, no 36. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/12145>
9. PLATZER, Usbeth, et al. “Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile”. Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, 2007, vol. 67, no 2, p. 122-128. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162007000200005>
10. ROMÁN, Gabriela. “Evaluación de los niveles de ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Tarija, Bolivia”. Acta Nova, 2018, vol. 8, no 3, p. 421-432. http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3_a09.pdf
11. TABOADA, D. Efectos del ruido. [En línea] [Citado el: 30 de abril de 2022.] <http://biphase.net/efectos-ruido.gif>
12. TULSMA, 2015. Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones – Acuerdo Ministerial No. 028. Retrieved on August 8, 2018, from. <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155123.pdf>
13. VÁSQUEZ CACHO, Diana Marisol. Contaminación sonora en puntos de mayor afluencia vehicular en la zona urbana de la ciudad de Cajamarca, en el año 2017. 2018. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11230>
14. ZAMBRANO-MONSERRATE, Manuel A.; RUANO, María Alejandra. Does environmental noise affect housing rental prices in developing countries? Evidence from Ecuador. Land use policy, 2019, vol. 87, p. 104059. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104059>
15. ZAMORANO GONZÁLEG, Benito, et al. “Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas”.

Estudios demográficos y urbanos, 2019, vol. 34, no 3, p. 601-629.
<https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1743>

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).