

Riesgo ambiental por contaminación sonora ocasionado por el parque automotor en la ciudad de Celendín, Perú

Environmental risk due to noise pollution caused by the automobile fleet in the city of Celendín, Peru

Azucena Chávez Collantes¹ *  Leslie Diana Velarde Apaza¹ 
Juan Esteban Gonzáles García²  Amadita Chávez Collantes³ 
Eisner Will Castillo Rojas⁴  Jimmy Alberto Díaz Estrada⁴ 
Alejandro Seminario Cunha⁴ 

¹Instituto de Innovación Agraria EEA-Baños del Inca, Cajamarca. 06004, Jr. Wiracocha S/N, Baños del Inca, Cajamarca, Perú.

²Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH). Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

³C&C Ingeniería Consultoría y Medio Ambiente, Cajamarca, Perú.

⁴Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH). Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

*Autor de correspondencia [e-mail: achavezc22@gmail.com]

RESUMEN

El objetivo en este estudio fue determinar el nivel de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín, región Cajamarca, Perú. Para ello, fueron identificados puntos críticos; de 22 puntos evaluados, 12 calificaron para ser monitoreados; asignándoles una codificación de identificación, cada punto fue clasificado por zonas de aplicación (Residencial, comercial, mixta, industrial y zona de protección especial), procediendo a monitorear 4 días por semana (Lunes, miércoles, viernes y domingo), por 48 días; los resultados fueron sistematizados y analizados en valores promedios, máximos, mínimos y equivalentes; para la elaboración del mapa de ruido y predecir el espacio de influencia del impacto sonoro. Los resultados obtenidos, presentaron valores promedios equivalentes a 71,6 dB en la zona residencial, 70,6 dB en la zona comercial, 81,9 dB en la zona industrial, 79,2 dB en la zona mixta y 64,1 dB en la zona de protección especial; los cuales superan los ECA establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM. Se concluye que existe un nivel de riesgo moderado en la ciudad de Celendín,

por la presencia de ruido ambiental ocasionado principalmente por el parque automotor desordenado.

Palabras claves: Residencial, comercial, industrial, decibeles, ruido.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the level of environmental risk due to noise pollution in the vehicle fleet in the city of Celendín, Cajamarca region, Peru. For this, critical points were identified; Of 22 points evaluated, 12 qualified to be monitored; Assigning them an identification coding, each point was classified by application zones (Residential, commercial, mixed, industrial and special protection zone), proceeding to monitor 4 days per week (Monday, Wednesday, Friday and Sunday), for 48 days; The results were systematized and analyzed in average, maximum, minimum and equivalent values; to prepare the noise map and predict the influence space of the sound impact. The results obtained presented average values equivalent to 71.6 dB in the residential area, 70.6 dB in the commercial area, 81.9 dB in the industrial area, 79.2 dB in the mixed area and 64.1 dB in the special protection zone; which exceed the RCTs established in the D.S. No. 085-2003-PCM. It was concluded that there is a moderate level of risk in the city of Celendín, due to the presence of environmental noise caused mainly by the disorderly vehicle fleet. *Key words:* Residential, commercial, industry, decibels, noise.

INTRODUCCIÓN

La contaminación sonora es producto del conjunto de sonidos ambientales nocivos que recibe el oído; puede definirse como el incremento significativo de los niveles sonoros en el medio y es uno de los factores importantes del detrimento de la calidad del ambiente (Ranpise y Tandel, 2024). El ruido está relacionado con los estímulos sonoros que hacen impacto directa e indirectamente en el sentido de la audición y en otras áreas de nuestro cuerpo, y que por su cantidad o calidad resultan nocivos. El ruido es considerado como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos nocivos fisiológicos y

psicológicos para una persona o grupo de personas (Azañero y Cabrera, 2017).

La primera declaración internacional que contempló las consecuencias del ruido sobre la salud se remonta a 1972, cuando la OMS decidió catalogarlo como un tipo más de contaminación; siete años después, la Conferencia de Estocolmo clasificaba al ruido como un contaminante específico; aquellas disposiciones fueron ratificadas posteriormente por la entonces emergente Comunidad Económica Europea, que requirió a los países miembros un esfuerzo para regular legalmente la contaminación acústica; en el Perú ha representado la aprobación del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM

«Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido»; un importante principio legislativo, donde se ha reconocido el valor de la planificación territorial y la zonificación acústica. El concepto de riesgo ambiental tradicionalmente ha estado asociado a la ocurrencia de un hecho contaminador, actualmente se lo considera como un accidente con repercusiones sobre el entorno, algunos de estos riesgos se han materializado en impactos significativos que tuvieron consecuencias determinantes en la toma de conciencia sobre la relevancia de las cuestiones ambientales (DGCA, 2020).

Los procesos fisiológicos de los trabajadores y de quienes viven cerca de aeropuertos, industrias y calles ruidosas (movimiento vehicular) pueden verse afectados permanentemente por la exposición al ruido. Las personas sensibles al ruido pueden experimentar repercusiones a largo plazo por la exposición a ruidos fuertes, como enfermedades cardíacas e hipertensión, si la exposición se mantiene. Las reacciones más comunes en personas expuestas a niveles de ruido superiores a 60 dB son: respiración y latidos cardíacos rápidos, aumento de la presión arterial, colitis o gastritis, problemas neuromusculares que provocan dolor y lentitud, disminución de la visión nocturna, aumento de la fatiga y problemas para dormir. Más de 8 horas diarias de exposición a 85 dB provocan

malestar, dolores de cabeza y tensión (Kumar et al., 2024).

Según el monitoreo realizado por la oficina desconcentrada Cajamarca del OEFA, el 27 de diciembre de 2013; los calores sonoros se encuentran entre un nivel mínimo de 64,9 dBA y un máximo de 78,2 dBA. El punto de monitoreo con mayor nivel de ruido ambiental es en la Av. Evitamiento Norte con el Jr. El Inca (con 78,2 dBA), además se indica que los resultados obtenidos durante el monitoreo ambiental en la ciudad de Cajamarca, responde al ruido generado por el tránsito vehicular el cual se instituye como una de las principales fuentes de contaminación sonora, aunado al alto congestionamiento de las vías, ocasionado mayor generación de ruido por el incremento del uso de bocinas (Shukla y Tandel, 2024).

La ciudad de Celendín, no cuenta con evaluaciones sobre el nivel de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor, lo cual conllevó a plantear la interrogante ¿Cuál es el nivel de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín, Perú, 2017?; a fin de articular las propuestas de investigación con las políticas locales de desarrollo territorial; contribuir con información técnica que permita una adecuada toma de decisiones y el fortalecimiento de las autoridades municipales, locales y otras, para el adecuado ejercicio de sus funciones de control y fiscalización

ambiental y los resultados se convierten en una herramienta de trabajo para impulsar la formulación de normas de regulación claras para la gestión del ruido en las ciudades y su adecuado control y fiscalización ambiental.

En este sentido, se planteó como objetivo determinar el nivel de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín, región Cajamarca, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en la zona urbana y periurbana del distrito de Celendín, ubicada entre los 6°52'08" de latitud sur y los 78°08'34" de longitud Oeste; el distrito de Celendín, la cual se ubica en la parte sureste del departamento de Cajamarca, en la sierra norte del Perú (Canavire et al., 2017).

El distrito de Celendín tiene una superficie de 409 km², cuenta con 24 627 habitantes aproximadamente, el clima es templado seco, la temperatura media es de 13.7 °C (entre 2200 y 2800 m.s.n.m.) tiene poca variación a lo largo del año, la atmósfera es seca y las precipitaciones pluviales son escasas durante el verano (Mayo – Agosto) el período de precipitaciones se presenta entre los meses de septiembre a abril, la humedad relativa varía desde el 75% en septiembre hasta el 87% en marzo, las aguas superficiales que discurren en el distrito de Celendín pertenecen casi en

su totalidad a la cuenca del río Marañón, una parte del territorio del distrito pertenece a la microcuenca del río Grande y otra a las subcuencas Tolón, La Llanga y Cantange (MPC, 2019).

Las actividades comerciales se agrupan principalmente en el centro de la ciudad, a lo largo de los jirones Cáceres, José Gálvez y Dos de Mayo; los cuales están cerca al mercado modelo y plaza de armas; donde se emplazan tiendas comerciales, restaurantes, cajas financieras, banco de la nación, discotecas, bares, y presencia de vendedores ambulantes. Las instituciones educativas se encuentran dispersas en la ciudad de Celendín, algunas en la parte céntrica como las de educación inicial, primaria y secundaria; en tanto la mayoría de instituciones de educación superior se ubican en la zona periurbana. Los establecimientos médicos existentes son: ESSALUD, hospital de apoyo Celendín, Red III de Salud y clínicas privadas; se localizan en su mayoría en la avenida Túpac Amaru, la cual es la vía más transitada de la ciudad. Celendín no cuenta con una terminal terrestre, lo cual se traduce en informalidad de paraderos y terminales de las empresas que prestan servicios de transporte a distritos y centros poblados, los cuales ubican sus oficinas en pequeños garajes, en calles públicas cerca al mercado, plaza de armas y a las salidas a cada distrito, es ahí donde

cargan y descargan sus pasajeros (MPC, 2019)

Diseño experimental

La metodología utilizada fue el diseño experimental, longitudinal de tendencia (Hernández, 2008). Se evaluó y analizó los cambios del nivel de presión sonora a través del tiempo, recolectándose datos en puntos y períodos específicos con el fin de evaluar el nivel de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín; en el desarrollo de la investigación no se involucró a humanos ni animales en forma directa. Se tuvo como antecedente para el desarrollo metodológico de la presente investigación, las etapas propuestas y aplicada por Gonzáles (2018), son, etapa de revisión inicial, la etapa de acopio y sistematización de la información de campo y la tercera, etapa de análisis, que, para el presente estudio, se desarrolló en ocho pasos metodológicos, que se detallan a continuación:

Determinación del Índice Medio Diario (IMD)

Se realizó el conteo vehicular por un lapso de dos semanas en las calles con mayor incidencia de tránsito vehicular y mayor índice de ruido vehicular; se hizo el reconocimiento del área por observación directa y usando el estudio preliminar del Plan Nacional de

Evaluación y Fiscalización Ambiental 2017 de la municipalidad provincial de Celendín (Aprobado mediante resolución de alcaldía N° 020-2017-A-MPC, de fecha 27 enero 2017). Se sistematizó los datos y se identificó los puntos críticos a evaluar en los días con mayor incidencia de tránsito vehicular. Las técnicas usadas fueron el conteo vehicular (Incidencia vehicular) y clasificación vehicular. El instrumento fue la ficha de registro de IMD o aforo vehicular (Validado y/o indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

Georreferenciación de puntos críticos seleccionados

A la par se desarrolló actividades de georreferenciación de los puntos críticos considerados con mayor incidencia de tránsito vehicular, para elaborar el mapa de puntos críticos por zonas de aplicación. Las técnicas e instrumento de recolección para esta segunda actividad: Técnica: Posicionamiento espacial de los puntos críticos, según la localización geográfica definida en un sistema de coordenadas y datum específicos. Instrumento: Sistema de Posicionamiento Global – GPS marca Garmin, modelo GPSmap76CSx.

Clasificación de puntos críticos según zona de aplicación

En cada punto establecido para el conteo vehicular se registró ciertas

observaciones, como la existencia de locales comerciales, mercados, centros educativos, centros médicos, clínicas, restaurantes, espacios habitacionales, hospitales, bares, entre otras; con la finalidad de elaborar un mapa de clasificación que sirva como zonas de aplicación (Debido a que la municipalidad provincial de Celendín, pese a contar con un plano catastral de la zona urbana, no cuenta con un mapa catastral donde se clasifique las zonas de protección, comerciales, residenciales e industriales).

Con fines prácticos de clasificación, se establecieron la zona de aplicación, bajo el criterio de los Estándar de Calidad Ambiental para ruido señalado en el D.S. N° 085-2003-PCM.; en tal sentido, se consideró la existencia de dos o más locales comerciales como zona comercial, del mismo modo para las demás clasificaciones (residencial, industrial y de protección especial); en el caso de la existencia de un local comercial, un centro educativo, viviendas y un puesto médico y/o clínico se ha considerado como una zona de aplicación mixta; en concordancia con el Art. 6., del D.S. N° 085-2003-PCM. Posteriormente se elaboró un mapa de superposición que contiene los puntos críticos identificados y georreferenciados, con el mapa de zonas de aplicación. De ésta manera se eligió los puntos críticos a ser monitoreados, considerando que la muestra sea representativa y no recaiga

en una misma zona de aplicación. La técnica utilizada fue la superposición de mapas (Puntos críticos, clasificación de zonas de aplicación); el instrumento de recolección el Software libre – QGIS 10.3.1, ECA ruido y Plano catastral de la ciudad de Celendín.

Evaluación del nivel de ruido

Se estableció los puntos críticos a evaluar, se seleccionó los equipos y materiales (sonómetro, trípode, otros), se verificó el certificado de calibración por INACAL. Se estableció el horario de medición del nivel de ruido, considerando diurno al horario comprendido desde las 07:00 hasta las 12:00 horas y 13:00 hasta las 18:00 horas, con un total de diez (10) horas diarias; teniendo en cuenta lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Ruido (D.S. N° 085-2003-PCM). La medición se desarrolló por un periodo de 10 horas diarias en cada punto establecido, evaluando los índices de presión sonora en intervalos de 15 minutos (considerando a este lapso como frecuencia de monitoreo); logrando así que los 12 puntos establecidos sean medidos en los cuatro días de la semana con mayor incidencia de tránsito vehicular (lunes, miércoles, viernes y domingo), por un total de 48 días. Se obtuvo 160 datos por punto y un total de 1920 datos.

El trípode se instaló a una altura de 1,5 m respecto al suelo, se niveló y colocó el

sonómetro formando un ángulo de inclinación entre 30 a 60 grados con respecto al plano horizontal.

Se consideró una distancia mínima, entre el sonómetro y el cuerpo del operador de 0,5 m; a fin de evitar alteraciones en la medición.

El micrófono del sonómetro se orientó hacia las fuentes de generación de ruido ambiental (parque vehicular) y a favor del viento.

Se planificó considerar no realizar monitoreos de ruido, bajo efectos de fenómenos meteorológicos tales como precipitación presencia de rayos, truenos, caída de granizo.

Durante la medición se registró la ficha de campo (Descripción del punto de monitoreo, fecha y hora, nombre del anotador, codificación del punto, condiciones atmosféricas y nombre de la calle).

Al término de la medición, el sonómetro automáticamente detiene la medición y registra el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (El nivel de presión sonora máxima y el nivel de presión sonora mínima; los cuales son registrados en la ficha de campo).

Al finalizar, se realizó el desmontaje de los equipos.

Para el desarrollo del mismo, se utilizó el Sonómetro, marca Sper Scientific, modelo: 850013; trípode, soporte del equipo de medición (Sonómetro), GPS,

marca: GARMIN, modelo: GPSmap76CSx (para localización de puntos), Laptop, marca Toshiba, procesador Intel Core i5; para el ordenamiento, clasificación y procesamiento de información, Software libre – QGis 10.3.1; esri® data, Fichas de campo.

Sistematización y procesamiento de la información

Se agrupó los puntos de monitoreo en función a las zonas de aplicación que fueron presentados en intervalos de 1 hora por cada día de monitoreo; posteriormente se determinó los valores promedio por cada punto. Se realizó la comparación de los resultados con el Estándar de Calidad Ambiental para ruido. Se sistematizó los datos haciendo uso del software Excel 2017, se verificó la normalidad de los datos, su significancia y prueba de T con el Software SPSS V.25.

Elaboración del mapa de ruido

Se elaboró el mapa de ruido; identificando las zonas de afectación y horas picos de incidencias de ruido vehicular, para ello fue necesario, realizar un análisis exploratorio de datos con el cual se generó los mapas de predicción de ruido a través del Software QGis 10.3.1. Se inició con la generación de histogramas de frecuencia (Figura. 1) que permitieron analizar la tendencia direccional y formular el modelo del comportamiento del ruido.

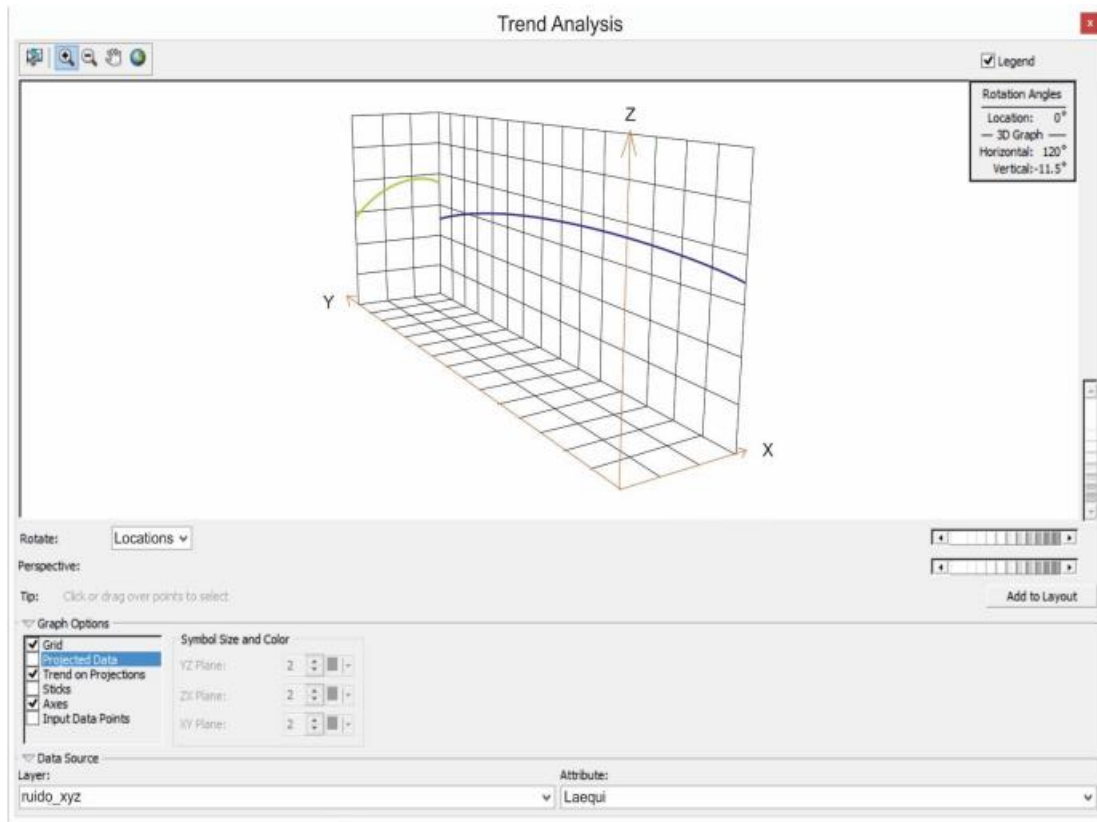


Figura 1. Tendencia de datos y comportamiento del ruido en Celendín, Perú

Con la tendencia de los datos, se procedió a seleccionar el método de interpolación "Kriging", este método es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores Z (LAeqT). Es necesario indicar que, a diferencia de otros métodos de interpolación en el conjunto de herramientas de interpolación, utilizar la herramienta Kriging en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores "Z" antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.

Se realizó la interpolación o estimación espacial de los datos; en esta parte se predijo el valor de presión sonora en posiciones desconocidas a partir de los datos conocidos. Se creó un modelo de semivariograma (Figura 2) que representa la autocorrelación espacial (la relación estadística) de los puntos observados. El computador calculó la distancia y la varianza de cada par de puntos de la muestra, los agrupó, y luego graficó la distancia promedio y la varianza promedio de cada par de puntos de la muestra. La función es ajustada a través de los grupos de puntos trazados. También se incorporó el parámetro "Lag size". Este valor representa el valor promedio de

separación entre los puntos muestreados (lag), el cual operó de manera directa con el número de segmentos (number of lags) en el área de trabajo. La multiplicación del valor de distancia promedio (lag size) por el

valor (number of lags), dio como resultado: la máxima distancia de búsqueda de un vecino para estimar el valor de presión sonora en una posición cualquiera X, Y.

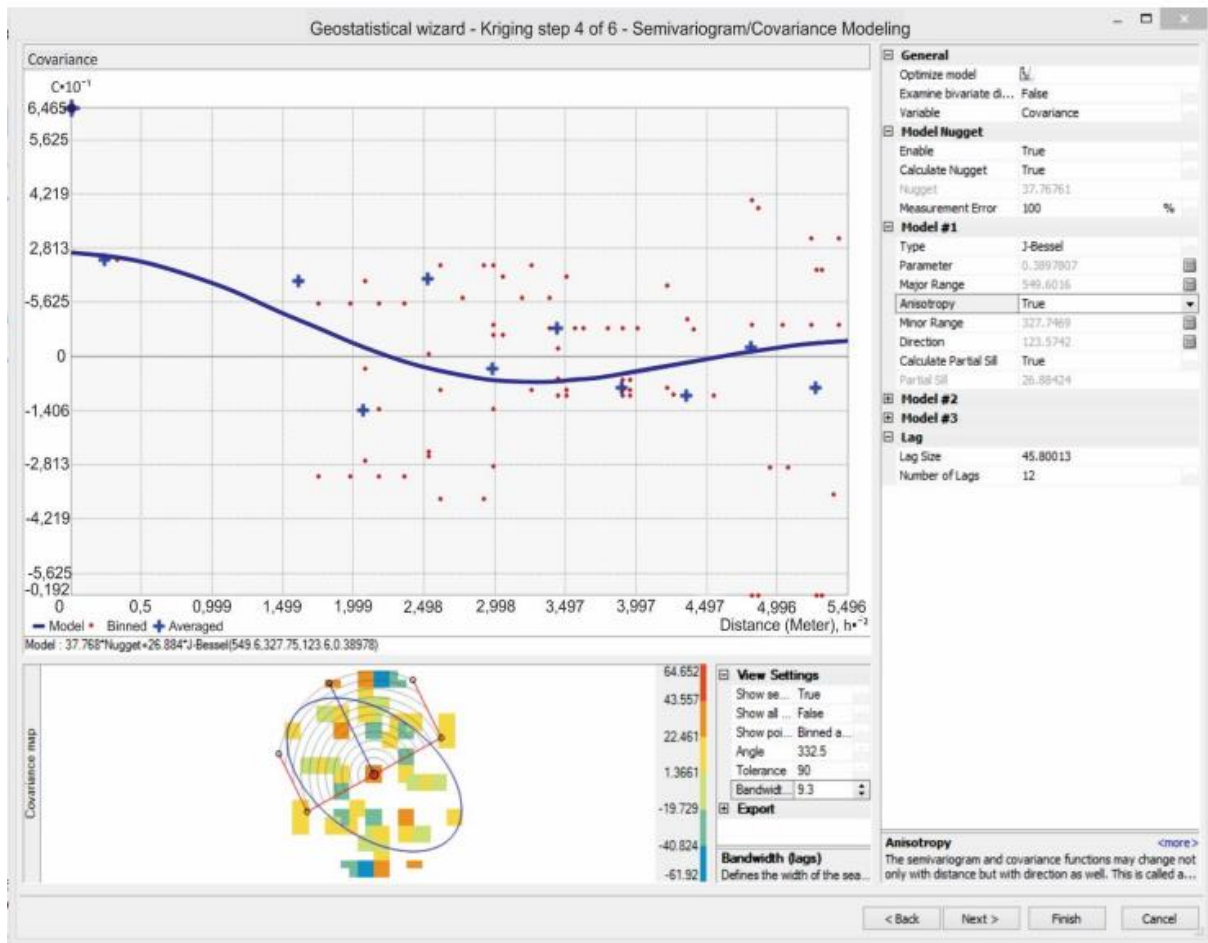


Figura 2. Visualización del modelo semivariograma y covarianza (modificado de QGIS)

Evaluación del riesgo ambiental

Se evaluó el riesgo ambiental según sus dimensiones (probabilidad de ocurrencia y consecuencias según entornos); siendo necesario indicar que el análisis del riesgo se realizó por zona de aplicación. Para ello, se determinó la probabilidad

de ocurrencia, esto se realizó con los datos promedio de los valores LAeqT que exceden el estándar de calidad ambiental establecido según las zonas de aplicación monitoreadas. Además, se estimó la gravedad de las consecuencias por cada zona de aplicación; en base a

los tres entornos (humano, natural y socioeconómico), identificando y valorando escenarios, tales como la cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada - calidad del medio – patrimonio y calidad productiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Monitoreo de ruido

Los valores reportados en el monitoreo de ruido por zona de aplicación en la

ciudad de Celendín, dejan visualizar de acuerdo a la Tabla 1, que el valor mínimo registrado fue de 41,1 dB en la Zona de protección Especial correspondiente al Punto de Monitoreo 1 y el valor máximo registrado de 97,5 dB en el Punto de Monitoreo 11 correspondiente a la zona industrial, este último sobrepasando el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para ruido aprobado mediante D.S. N°085-2008-PCM.

Tabla 1. Valores de ruido evaluados por zonas de aplicación en la ciudad de Celendín

Punto	Zona de aplicación	Ubicación	Máx prom (dB)	Mín prom (dB)	ECA Ruido (dB)
PM1	Zona de protección especial	Jr. Dos de Mayo y Psje. El Tecnológico	83,7	41,1	50,0
PM2	Zona de protección especial	Jr. Dos de Mayo y Psje. El Obrero	67,0	43,9	50,0
PM3	Zona industrial	Jr. Dos de Mayo y Jr. Arica	99,8	61,5	80,0
PM4	Zona mixta	Jr. Ayacucho y Jr. Sucre	88,6	43,4	70,0
PM5	Zona mixta	Jr. José Gálvez y Jr. Pardo	94,3	65,5	70,0
PM6	Zona de protección especial	Jr. Ayacucho y Jr. Grau	78,0	47,6	50,0
PM7	Zona de protección especial	Jr. Salaverry y Av. Túpac Amaru	81,8	48,5	50,0
PM8	Zona comercial	Jr. Salaverry y Jr. José Gálvez	91,3	51,4	70,0
PM9	Zona comercial	Jr. Dos de Mayo, Jr Jorge Chávez y Av. Amazonas	89,6	44,3	70,0
PM10	Zona mixta	Jr. Cáceres y Av. Amazonas	91,1	58,5	70,0
PM11	Zona industrial	Jr. Amazonas y Jr. Túpac Amaru	97,5	73,4	80,0
PM12	Zona residencial	Jr. San Cayetano y Jr. Dos de Mayo	81,3	50,9	60,0

Zona residencial

Valores atribuidos al flujo vehicular intermitente, éste punto es el acceso principal de transporte interdistrital a Sucre, José Gálvez, Jorge Chávez y Huasmín, además es una ruta alterna a la ciudad de Cajamarca. Omeokachie et al. (2024) indican que la presencia de valores excedentes, se debe generalmente a la circulación de vehículos y al uso excesivo del claxon, además, Cerín et al. (2024) afirma que los horarios críticos de tráfico vehicular se evidencian en horarios de 14:00 a 18:00 horas.

Zona comercial

Estos valores son atribuidos al continuo flujo vehicular y peatonal, según Shi et al. (2023), el flujo del tránsito o intensidad del tránsito; tiene una incidencia directa en el ruido, pues al encontrarse próximo al mercado Modelo de Celendín es un punto crítico por el elevado flujo vehicular, peatonal y sumado a esto la presencia de vendedores ambulantes que utilizan altoparlantes para la comercialización de sus productos.

En cuanto al PM9; la cercanía al grifo "BASASI" y su alta concurrencia de vehículos motorizados debido a que el Jr. Dos de Mayo es una de las vías más circuladas de la ciudad. Lan y Helbich (2023) refiere que, en las vías de circulación principal, existe presencia de congestionamiento vehicular, ocasionando el incremento del ruido por los motores encendidos, uso de freno y

claxon. Asimismo, Siregar et al. (2023) menciona que el alto número de vehículos que componen el parque automotriz, es el principal agente contaminante de ruido, a esto sumamos los malos hábitos de conducción.

Zona industrial

El PM3, son atribuidos al tránsito de vehículos pesados (Sutanaya y Winaya, 2023). Asimismo, la evidencia de valores cercanos a los 100 dB se atribuye a la ubicación de talleres de mecánica de carros, camiones, motos y otros, lo que ocasiona la presencia de vehículos que se estacionan de forma desordenada para obtener atención vehicular; éste punto de monitoreo posee los valores más altos de presión sonora, por ser una zona industrial.

Los valores del PM11, son atribuidos principalmente al ruido vehicular, puesto que la Av. Túpac Amaru es una vía destinada al tránsito de vehículos pesados, como afirma Kumar et al. (2024) la presencia de vehículos de carga (buses, camiones, volquetes, tráiler, catarpilas) ocasiona que incrementen los valores de presión sonora de forma significativa, por otro lado, Shukla y Tandel (2024) afirman que la presencia de contaminación sonora es evidente en vías de alto y moderado tránsito vehicular; ocasionando riesgos significativos en la salud de las personas.

Zona mixta

Los valores del PM4 son atribuidos a la presencia de establecimientos comerciales y restaurantes. Cheng et al.

(2023) mencionan que la presencia de tránsito vehicular ocasiona el incremento del nivel de presión sonora. Ibili et al. (2023) afirma que los malos hábitos que muestran los conductores y el mal estado de los vehículos son factores determinantes en la contaminación sonora. Sutanaya y Winaya (2023) afirman que la presencia de zonas comerciales son determinantes en la existencia de valores por encima a los 70 dB por la existencia de tráfico vehicular. En el PM5 los valores son atribuidos principalmente al alto flujo vehicular. Sobolewska et al. (2018) afirma que la presencia de centros comerciales que no cuentan con zonas de parqueo y se emplazan en zonas de mayor circulación vial, ocasiona que los conductores hagan uso excesivo de claxon generando el incremento de ruido; por otro lado, Ramírez y Domínguez (2015) mencionan que la carencia de una planificación en el esquema vial ocasiona desordenes que se ven reflejados en los altos índices de valores de ruido que son perjudiciales para la salud de la persona.

Los valores registrados en el PM10 son atribuidos al flujo vehicular y a la utilización de éste espacio como zona de embarque y desembarque de pasajeros que hacen uso del servicio de colectivo hacia la ciudad de Cajamarca. Lobos (2008), menciona que los principales agentes de contaminación por ruido, se debe a los malos hábitos de manejo, como el exceso de velocidad, silenciadores en mal estado, exceso uso de bocinas, asimismo Gamero (2020) menciona que el incremento de los

niveles de ruido responde a las emisiones de sonidos molestos, producto del tránsito vehículos.

Zona de protección especial

En el PM1, los valores registrados, son atribuidos al flujo vehicular, por ser una vía de salida hacia las localidades de la parte norte de la provincia de Celendín y al centro turístico Llangat el que es muy concurrido, al estar próximo a una institución de educación inicial y al instituto superior tecnológico hay una afluencia vehicular principalmente, como menciona Ibils et al. (2023), la presencia de un espacio utilizado como ingreso a instituciones educativas, genera una tendencia en la variación de niveles de presión sonora incrementando considerablemente el ruido.

Los valores del PM2, son atribuidos al flujo vehicular, por encontrarse el instituto superior pedagógico público Arístides Merino Merino y el colegio secundario Coronel Cortegana, por lo que se requiere de servicios de transporte local incrementando el flujo vehicular (Lan y Helbich, 2023).

Es necesario realizar acciones de prevención y/o mitigación de ruido, debido a que produce un incremento en el estado de cansancio crónico, lo cual dificulta las actividades laborales, además de evidenciarse conductas como irritabilidad, labilidad emocional o ansiedad (Kumar et al., 2024).

En el PM6; los valores atribuidos principalmente al flujo vehicular de

unidades motorizadas menores, próximos a éste punto se encuentra la institución educativa Nuestra Señora de Fátima, cooperativa de ahorro y crédito Celendín y consultorios médicos privados, sumado a ello un flujo peatonal considerable, Cerín et al. (2024), afirma que la presencia de centros comerciales que no cuentan con zonas de parqueo y se emplazan en zonas de mayor circulación vial, ocasiona que los conductores hagan uso excesivo de claxon generando el incremento de ruido.

En el PM7; los valores son atribuidos principalmente al flujo vehicular, en el período de monitoreo se observó un considerable flujo vehicular; próximo a éste punto de monitoreo se encuentra

las instalaciones de ESSALUD, hospital de apoyo Celendín, Red III de Salud, clínicas privadas, consultorios médicos privados, sumado a ello un flujo peatonal considerable, como menciona Shkla y Tandel (2024) el registro considerable de nivel de presión sonora alta, corresponde a la presencia de vías con alto y moderado tráfico vehicular.

En resumen, la figura 3 muestra los valores mínimos y máximos en promedio reportados, sometidos a comparación con los Estándares de Calidad Ambiental de acuerdo a la zona de aplicación evaluada. De estos, los comportamientos en su totalidad para los valores máximos superaron los ECAs; siendo la zona industrial donde se apreció 98,7 dB y la zona de protección especial de 77,6 dB.

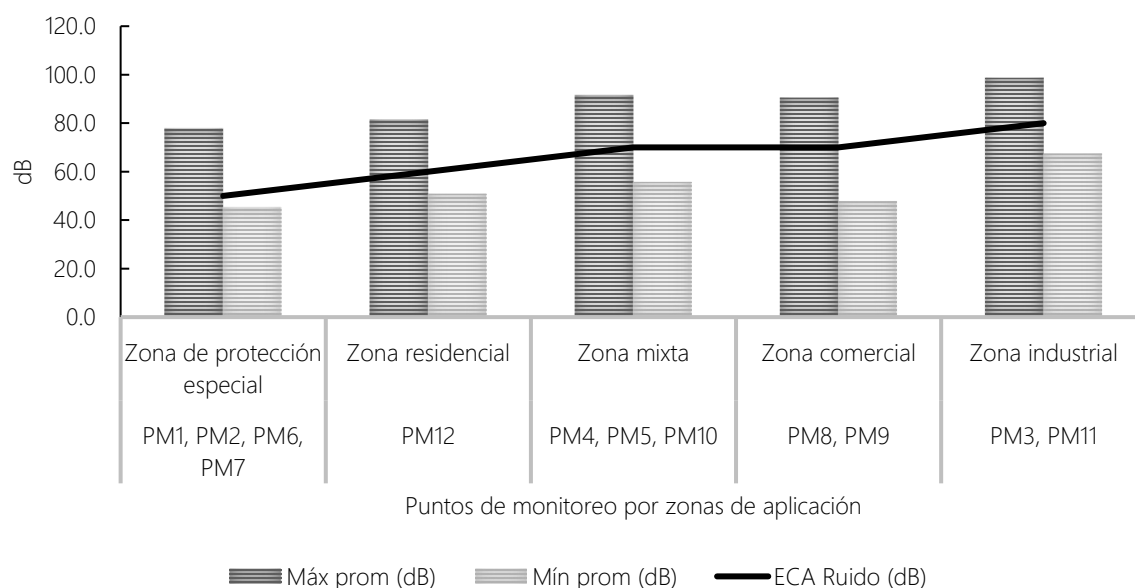


Figura 3. Comportamiento de los valores de ruido en las zonas evaluadas de Celendín

Evaluación del riesgo ambiental

Las zonas evaluadas en Celendín presentan un RIESGO MODERADO, por la incidencia del tránsito vehicular; lo cual muestra la necesidad de adoptar medidas de control y mitigación de los efectos fisiológicos y psicológicos sobre la salud OMS (2022), además de ser necesario la implementación de medidas que regulen y controlen el nivel de presión sonora, ocasionado principalmente por el flujo vehicular intermitente y las actividades cotidianas propias de estas zonas.

Como menciona el OMS (2022) la exposición al ruido puede tener un impacto permanente sobre las funciones fisiológicas en las personas que viven en calles muy ruidosas. Asimismo, como mencionan Lan y Helbich (2023), la exposición al ruido ocasiona afectación al sistema nervioso, ocasionando tensiones que generan respuestas de irritabilidad y nerviosismo, síntomas claros de estrés; por otro lado, como afirman Cheng et al. (2023) la exposición por más de dos horas continuas a niveles de ruido por encima de los 50 dB, genera un riesgo físico significativo; además de evidenciarse alteraciones en los niveles de algunas hormonas como aumento de adrenalina y noradrenalina (Amajad et al., 2024)).

Omeokachie et al. (2024) mencionan que las personas expuestas al ruido a 82 dB, tienen 3 veces mayor riesgo de sufrir accidentes en el trabajo; además de vivir bajo los patrones del estrés, según Canavire et al. (2017) señalan que una exposición a 85 dB por tiempos mayores

a 8 horas diarias, genera malestar, dolor de cabeza y estrés; además de sufrir sordera, tal como lo afirma Ranpise y Tandel (2024) que el ruido de 92 dB (A) puede causar sordera definitiva, si la exposición excede tres horas por día.

Propuesta técnica para la mitigación y control de la contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín

Acciones para el fortalecimiento de la gestión de la contaminación sonora

Implementar y fortalecer las áreas técnicas para la adecuada gestión ambiental en la municipalidad provincial de Celendín, impulsando la creación de ordenanzas en materia de ruido para la ciudad de Celendín, en el marco del Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.

Fortalecer el sistema de control, fiscalización y sanción de la emisión de ruidos, a través del diseño y elaboración de un protocolo y/o procedimiento para el control, seguimiento y fiscalización de denuncias ambientales.

Racionalización del transporte, a partir de la 1. Supervisar y certificar a los vehículos de transporte, realizando una revisión técnica en forma periódica a los posibles emisores de ruido., 2. Rediseñar los recorridos y paraderos de las líneas de transporte interdistrital, en base a un equilibrio de demanda y armonía con el ambiente., 3. Desarrollar programas de mantenimiento de infraestructura vial para zonas de protección especial y zonas críticas de contaminación sonora., y 4. Diseñar estrategias y mecanismos alternativos como la implementación de

reductores de ruido, con materiales y/o elementos seleccionados, con el fin de aislar los altos niveles de ruido, guardando armonía con el ambiente urbano.

CONCLUSIONES

Existe 12 puntos críticos expuestos a la contaminación sonora del parque automotor, en la ciudad de Celendín, Perú; con presencia de valores de ruido equivalentes que oscilan entre 50,95 dB (A) y 93,5 dB (A); los cuales sobrepasan los Estándares de Calidad Ambiental.

Se evidencia una alta probabilidad de ocurrencia y alta posibilidad de generar consecuencias en la salud humana; debido al nivel de riesgo ambiental que genera el parque automotor en los puntos críticos identificados de la ciudad de Celendín, Perú, 2017;

Existe un nivel moderado de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín, Perú, 2017; por tanto, se rechaza la hipótesis de existencia de un nivel alto de riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amajad, R., Rubí, T., Talid, S., Zahra, S., Liaquat, M. & Batoool, A. (2024). Malformaciones hormonales y morfológicas inducidas por el ruido en palomas reproductoras. *Brazilian Journal of Biology*, 84(271945), 225-

354. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.271945>.

Azañero, O., & Cabrera, F. (2017). Evaluación de los niveles de ruido ambiental en las principales zonas comerciales de la ciudad de Trujillo durante el período noviembre 2016 – febrero 2017. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Escuela de Ingeniería Ambiental. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9878>

Canavire, A., Contreras, J., Jove, J. & Zuleta, A. (2017). Planeamiento Estratégico e la Provincia de Celendín. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9617/CANAVIRE_CONTRERAS_PLANEAMIENTO_CELENDIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20provincia%20de%20Celend%C3%ADn%20se,al%20norte%20del%20territorio%20peruano.

Cerín, E., Chan, Y., Symmons, M., Soloveva, M., Martín, E., Shaw, J., Knibbs, L., Jalaludin, B. & Barnett, A. (2024). Asociaciones del entorno construido y natural del barrio con indicadores de salud cardiometabólica: un análisis transversal de moderadores ambientales y mediadores conductuales. *Environmental Research*, 240(2). 117-524.

- <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117524>.
- Cheng, K., Chow, H., Li, S., Tsang, T., Ng, H., Hui, Chi, Lee, Y., Cheng, K., Cheung, S., Lee, C. & Tsnag, S. (2023). Clasificación basada en espectrogramas en vehículos con escapes ruidosos modificados mediante redes neuronales convencionales. *Applied Acoustics*, 205(109254), 45-56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109254>.
- Dirección General de Calidad Ambiental. (2020). Dirección General de Calidad Ambiental. Viceministerio de Gestión Ambiental. Ministerio del Ambiente. Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales. http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d80cbb8f232b_Guia_riesgos_ambientales.pdf.
- Gamero, H. (2020). Comparación de los niveles de ruido, normativa y gestión de ruido ambiental en Lima y Callo respecto a otras ciudades de Latinoamérica. *Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 1(5), 107-147. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202001.004>.
- Gonzales, J. (2018). Evaluación del riesgo ambiental que genera la planta de tratamiento de residuos sólidos de la ciudad de Cajamarca debido al manejo de los lixiviados. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2238>.
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. 2008. Metodología de la investigación. 4 ed. México. Editorial McGraw-Hill. 850 p.
- Ibili, F., Adams, C., Adebajji, A. y Andam, S. (2023). Lo último en prácticas de regulación del ruido del tráfico en Ghana. *Sage Journals*, 54(4-5), 204-214. <https://doi.org/10.1177/09574565231161645>.
- Kumar, S., Garganta, N. y Guatama, C. (2024). Análisis del efecto de las variaciones estacionales sobre los niveles de ruido ambiental en zonas urbanas. *Springer*, 4(25), 166-178. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4594-8_18
- Lan, Y. y Helbich, M. (2023). Secuencias de exposición a corto plazo y síntomas de ansiedad: una serie temporal de trayectorias de movilidad basadas en teléfonos inteligentes. *International Journal of Health Geographics*, 22(27), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12942-023-00348-1>.
- Municipalidad Provincial de Celendín. (2019). Plan Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Portal web. <https://www.gob.pe/municelendin>.
- Omeokachie, D., Laniyan, T., Olawade, D., Abayomi, O., Esan, D. Ree, A. (2024). Condiciones ambientales interiores de centros comerciales seleccionados en Nigeria: un

- estudio comparativo de condiciones microclimáticas, niveles de ruido y cargas microbianas. *Science of the Total Environment*, 906(167620), 45-89. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167620>.
- Organismo Mundial de la Salud. (2022). La OMS publica una nueva norma para hacer frente a la creciente amenaza de la pérdida de audición. <https://www.who.int/es/news/item/02-03-2022-who-releases-new-standard-to-tackle-rising-threat-of-hearing-loss>.
- Ranpise, R. & Tandel, B. (2024). Efectos de la composición del tráfico sobre el ruido ambiental y desarrollo del mapa de ruido de edificios de escuelas, colegios y hospitales al borde de la carretera. *Springer*, 377(4), 327-337. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4464-4_21.
- Shi, J., Huang, J., Guo, M., Tian, L., Wang, J., Wong, T., Webster, C., Leung, G. & Ni, M. (2023). Contribuciones del ruido del tráfico residencial a la depresión y el bienestar mental en Hong Kong: un estudio de cohorte prospectivo. *Environmental Pollution*, 338(122641), 12-29. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122641>.
- Shukla, A. & Tandel, B. (2024). Asociación entre la exposición al ruido del tráfico rodado y la cognición de los escolares: un enfoque de modelo de ecuaciones estructurales. *Environmental research*, 240(117388), 25-45. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117388>.
- Siregar, H., Sugiarto, S. & Saleh. (2023). Análisis de las características y condiciones de conducción de motocicletas y turismo en Banda Aceh. *Engineering Project Management* 2711(7), 1-29. <https://doi.org/10.1063/12.0016414>.
- Sobolewska, M., Majchrzak, A., Chojnachi, B. & Pilch, A. (2018). Insensibilidad global al ruido: un análisis complejo del problema. *Research Gate*, 47(14), 1-15. https://www.researchgate.net/publication/327988113_Global_Noise_Insensitivity-A_Complex_Analysis_Of_The_Problem.
- Sutanaya, P. & Winaya, P. (2023). Análisis de los factores que influyen en la propiedad de motocicletas y automóviles en regiones medianas de países en desarrollo (un estudio de caso de Badung Regency, Bali-Indonesia). *Horizon Research*, 11(3), 1498-1511. https://www.hrpub.org/journals/article_info.php?aid=13037.

Recibido: 30-10-2023 Aceptado: 5-12-2023 Publicado:31-12-2023