

Artículo original

## Evaluación del riesgo ambiental por ruido en la avenida Participación, Iquitos, Perú

[Evaluation of the environmental risk due to noise on Participation Avenue – Iquitos – Peru]

Luis Antonio Flores Flores<sup>\*1,2</sup>, Pascual Ancelmo Castillo Valdiviezo<sup>2</sup>, Frank Romel León Vargas<sup>1,3</sup>, Kosseth Marianella Bardales Grández<sup>1</sup>, Miguel Angel Flores Flores<sup>4</sup>, Maria Enith Alva Chirinos<sup>5</sup>

1. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Facultad de Ingeniería Química. Av. Freyre 616, Iquitos, Maynas, Loreto, Perú. Correos electrónicos: l.flores123@outlook.com (L. A. Flores \* Autor para correspondencia), frarolevar@hotmail.com (F. R. León), koma2326@hotmail.com (K. M. Bardales).
2. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Facultad de Ingeniería Química. Av. Juan Pablo II s/n, Trujillo, La libertad, Perú. Correo electrónico: pcastillo@unitru.edu.pe (A. Castillo).
3. Universidad Científica del Perú (UCP). Facultad de Ciencia e Ingeniería. Av. Quiñones km 2,5, San Juan Bautista, Maynas, Loreto, Perú.
4. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Facultad de Zootecnia. Av. La Molina s/n, Lima, Lima, Perú. Correo electrónico: 20220416@lamolina.edu.pe (M. A. Flores).
5. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Facultad de Ciencias Biológicas. Jr. Pevas cuadra 5, Iquitos, Maynas, Loreto, Perú. Correo electrónico: enithalva@yahoo.es (M. E. Alva).

### Resumen

Las actividades antropogénicas en nuestros días se han incrementado debido a los avances tecnológicos, originando la generación de ruido ambiental, que necesita atención para evaluarlo. La investigación tiene como objetivo estimar el riesgo ambiental por ruido en la avenida Participación de la ciudad de Iquitos (Perú), se identificó las fuentes generadoras, se midió el nivel de emisión, luego se estimó la probabilidad y la gravedad de la consecuencia. Se realizaron las mediciones de ruido cada 15 minutos en tres horarios al día, haciendo por día 5 estaciones, luego los datos se ingresaron al estimador de riesgo. Los resultados indicaron que el ruido de 77,50 dB; 77,24 dB y 77,67 dB en la avenida Participación genera un riesgo moderado para la salud de las personas. El ruido ambiental en la avenida participación no es ajeno en comparación con otras ciudades del país. Por lo tanto, es necesario adoptar medidas de mitigación a corto plazo.

**Palabras clave:** Actividad antropogénica, Gravedad de consecuencia, Mitigación, Probabilidad.

### Abstract

Anthropogenic activities in our present times have escalated due to technological advancements, resulting in the generation of environmental noise that requires assessment. The research aims to estimate the environmental risk posed by noise on Participation Avenue in the city of Iquitos, Peru. The sources of noise generation were identified, emission levels were measured, and the probability and severity of consequences were subsequently estimated. Noise measurements were taken every 15 minutes at three different times of the day, at five stations each day. The data were then input into the risk estimator. The results indicated that the noise levels of 77,50 dB, 77,24 dB, and 77,67 dB on Participation Avenue pose a moderate health risk. The environmental noise on Participation Avenue is significant when compared to other cities in the country. Therefore, the adoption of short-term mitigation measures is necessary.

**Keywords:** Anthropogenic activity, Risk stimator, Severity of consequence, Probability.

## INTRODUCCIÓN

En la década de los 80, la Comunidad Europea emitió la Directiva de Ruido Ambiental (Esteban, 2003), que estableció una serie de medidas para reducir los niveles de ruido ambiental en Europa (Toribio *et al.*, 2011). La Directiva de Ruido Ambiental incluyó la obligación de llevar a cabo evaluaciones del ruido ambiental y estableció objetivos de calidad acústica para diferentes ambientes (Alenza, 2003), como zonas residenciales, hospitales y escuelas (Bao *et al.*, 2022).

En los últimos años, se ha intensificado la investigación sobre el riesgo ambiental por ruido, con el objetivo de mejorar la comprensión de los efectos del ruido sobre la salud humana (Ahmadi *et al.*, 2023) y el medio ambiente (Montes *et al.*, 2023), y desarrollar medidas efectivas de mitigación (Boschi *et al.*, 2019). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado una serie de informes sobre el ruido ambiental, incluyendo la Guía de la Organización Mundial de la Salud sobre ruido ambiental y salud, publicada en 2011. Esta guía establece objetivos de calidad acústica para diferentes ambientes y proporciona recomendaciones sobre medidas de mitigación para reducir los niveles de ruido ambiental (Lemos *et al.*, 2018).

Sobre ello podemos acotar que la contaminación del aire en Bogotá (Colombia), en nuestros días se ve seriamente influenciado por el índice de tráfico (moto, motokar y carro) o crecimiento del tránsito vehicular (Unión, 2020; Medina, 2019) sino también, por las fuentes fijas (Platzer *et al.*, 2007) que son todas aquellas que se encuentran estacionadas (radio, parlante, vehículo detenido, compresor, etc.), la creciente demografía (Fallah *et al.*, 2022), esto conlleva a la producción de un contaminante que es muy barato (Sornoza, 2021) de originar, el ruido se encuentra presente especialmente en áreas urbanas (Alfaro *et al.*, 2020) y es una característica común a diario en todos los seres vivos (Faulkner y Murphy, 2022).

En ese sentido, el ruido se interpreta como un contaminante hecho por el ser humano (Ecos *et al.*, 2021) que perjudicaría a las personas y al ambiente que nos rodea (Massa *et al.*, 2021), en cambio el ruido ambiental, es considerado como el segundo factor de riesgo de enfermedades, tales como la hipoacusia, estrés, problemas cardiovasculares, ansiedad, dolor de cabeza, problema de la comunicación verbal, entre otros (Fallah *et al.*, 2022). Y ha sido registrado como un peligroso problema de salud pública (Chen *et al.*, 2023) que debe abordarse públicamente (Selamat *et al.*, 2021), por los organismos competentes (Montano, 2022), sociedad civil y los organismos no gubernamentales con su única finalidad de hacer frente a las consecuencias que se pueda originar en la salud de las personas (Chen *et al.*, 2023).

La evaluación del riesgo ambiental por ruido (Ahmadi *et al.*, 2023) es un proceso que implica la identificación, evaluación y gestión de los efectos del ruido en la salud humana (Flanagan *et al.*, 2023) y el medio ambiente. Esta evaluación se lleva a cabo para determinar si los niveles de ruido en un ambiente determinado son aceptables (Minchola *et al.*, 2022) o si representan un riesgo para la salud humana y el medio ambiente (Baffoe *et al.*, 2022). La evaluación del riesgo ambiental por ruido también puede ayudar a identificar medidas de mitigación que reduzcan los niveles de ruido (Ramírez *et al.*, 2021) y minimicen sus efectos negativos (Maya *et al.*, 2010). Además, el riesgo ambiental indica la posibilidad de daño debido a factores ambientales, que pueden ser naturales o inducidos por una comunidad (De Oliveira *et al.*, 2021), en nuestro caso el análisis de riesgo ambiental contiene la valoración de la probabilidad de que se originen efectos ecológicos desfavorables (Valdor *et al.*, 2017), en los componentes aire, agua, suelo, flora y fauna.

En nuestro país desde el 2009, no todas las organizaciones tienen la misma capacidad para influir en su entorno con responsabilidad social

y ambiental del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Lanegra, 2009). Las actividades de servicios como el transporte público y privado, comercio, domiciliarias y entretenimiento, creen que cuanto más respeto por el medio ambiente, más perjudica la competitividad, porque aumenta los costos y no trae beneficios económicos (Araújo *et al.*, 2022), si bien es mucho lo que se puede hacer para mejorar su relación con el medio ambiente, no se preocupan tan seriamente como las grandes empresas, debido a que tienen implementado ambientalmente un sistema de protección del medio ambiente en una economía sostenible (Vidal y Asuaga, 2021). Es importante señalar que, en la Amazonía peruana, principalmente en el departamento de Loreto se había realizado una investigación sobre la contaminación sonora (Sauñe y Madrid, 2018), zonificación acústica con el propósito de encontrar zonas críticas (Medina y Ramos, 2020) y la contaminación acústica y su efecto en la salud auditiva (D'Azevedo y D'Azevedo, 2013) y la estimación de riesgos producidos por el ruido ambiental (Chávez, 2019); por lo tanto, aplicando la metodología del nivel de ruido ambiental (NTP ISO 1992-2, 2021) y el estándar de calidad ambiental para ruido (Mendoza y Carpio, 2017), los resultados obtenidos de este estudio serán útiles para ayudar a evaluar, analizar, discutir y proponer medidas de mitigación del impacto del ruido ambiental derivado de las actividades antropogénicas.

Dada su relevancia, nuestro objetivo es monitorear el ruido ambiental y estimar el riesgo ambiental resultante de la emisión de ruido a lo largo de la avenida Participación, desde la intersección de la Av. Quiñones hasta la carretera Iquitos - Nauta, en Iquitos, Loreto, Perú.

## MATERIALES Y MÉTODO

### Área de estudio

La avenida Participación se encuentra ubicada entre los distritos de Belén (latitud sur

03°45'52", longitud oeste 73°14'40") y San Juan Bautista (latitud sur 03°45'52", longitud oeste 73°14'40") ambos en la Provincia de Maynas, departamento Loreto, Perú (INEI, 2017). Cuenta con una longitud de 5760 m, un ancho de 6 m y espacios de áreas verdes hacia los domicilios de 6 m en ambos lados, que inicia desde la avenida José Abelardo Quiñones en dirección noreste, colinda con el distrito de Iquitos y culmina a la altura del kilómetro 1 de la carretera Iquitos – Nauta en dirección suroeste en el distrito de San Juan Bautista, en este trayecto se realizó 45 puntos de muestreo (Figura 1) y sus coordenadas UTM se encuentran en la Tabla 1.

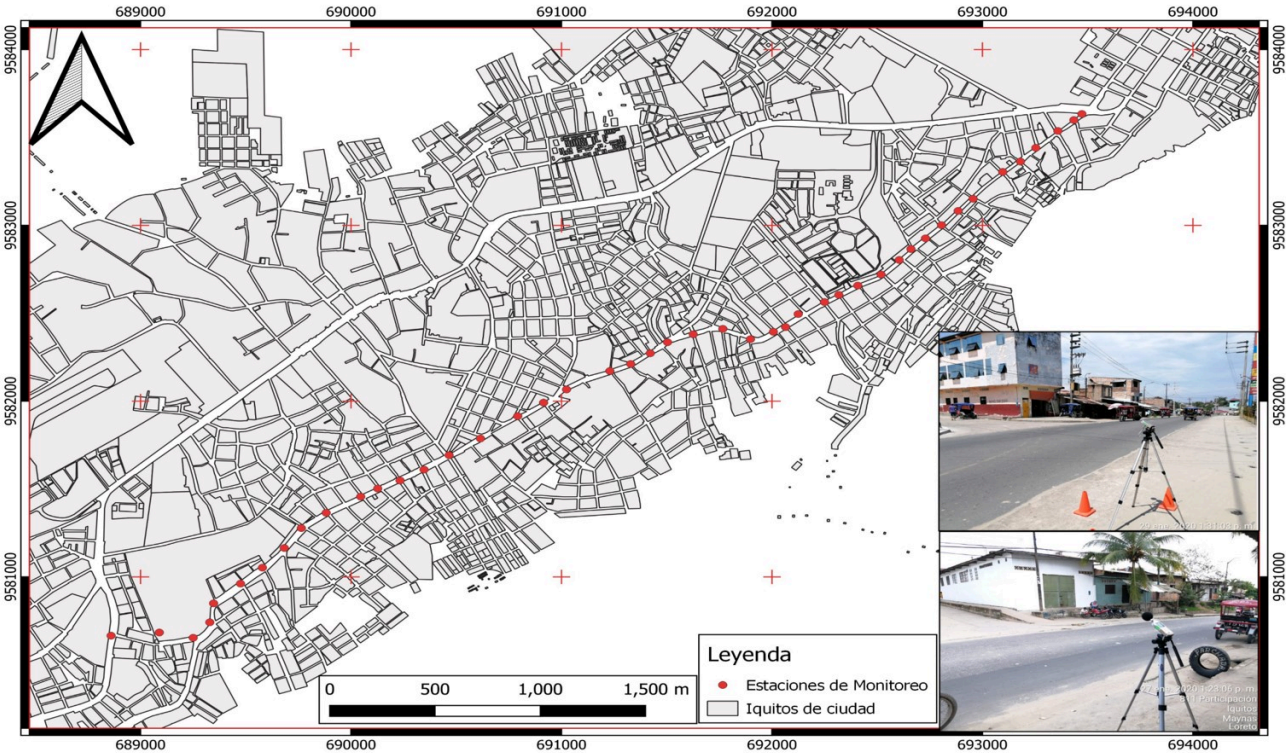
### Características de las zonas de evaluación

De acuerdo al censo poblacional del año 2017, el distrito de Belén cuenta con una población de 68806 habitantes, entre hombres y mujeres, siendo el 84,04 % población urbana. En cambio, el distrito de San Juan Bautista cuenta con 102076 habitantes entre hombres y mujeres, correspondiendo el 86,40 % como población urbana. (INEI, 2017). Respecto al área metropolitana de Belén, ocupa el 15,60 % y San Juan Bautista el 23,80 % (D'Arrigo, 2017), cuyos climas se caracterizan por ser cálido, húmedo y lluvioso, con temperaturas mínimas entre 22 y 17 °C y temperaturas máximas que oscilan entre 32 y 36 °C, en algunos meses del año, su humedad relativa es de 84,00 % en promedio, con precipitaciones entre 2000 y 3000 mm anuales (SENAMHI, 2022).

### Datos generales de la zona de evaluación

A lo largo de la avenida Participación situada entre los distritos de Belén y San Juan Bautista se encuentra los siguientes lugares: Pueblo Joven 9 de octubre, Urbanización Río Mar, Asentamiento Humano Manco Inca, El Triunfo, Ciudad Jardín, Cardoso, Sarita Colonia, Jesica Inchaustegui, Juan Peña Herrera, Inca Roca, Modelo, Las Mercedes, Villa Disnarda, Progreso, Juan Pablo de la Luz, Jerusalén, Odisea y Manco Kaly. Los comercios que se desarrollan a





**Figura 1.** Mapa de ubicación de las estaciones de monitoreo en todo el trayecto de la avenida Participación, en Belén y San Juan Bautista, Maynas, Loreto, Perú.

lo largo de esta avenida podemos mencionar a los principales: restaurantes, talleres, panaderías, bares, lubricentros, lavaderos, pollerías, servicentros, almacenes, depósitos de maderas, lavanderías, ferreterías y venta de repuestos (MINEDU, 2011).

**Identificación del índice de tráfico diario**

Para determinar este índice de tráfico (Arias, 2017) se tuvo en cuenta la clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2006), que consistió en el conteo del tráfico vehicular por el espacio de 15 minutos que duró la medición, se identificó una cantidad determinada de vehículos (Hudiel y Arteaga, 2021), distribuidos de la siguiente manera: dos ruedas a la motocicleta, tres ruedas al motokar y furgonetas hasta 250 centímetros cúbicos, cuatro ruedas se encuentra la flota liviana (autos, minivan, furgonetas, etc.) y la flota pesada (tráiler, tractores, cisternas, etc.). Se consideran todos los vehículos que circulan en cada punto de monitoreo, y luego se calcula un promedio total de todos los puntos monitoreados. Este promedio se multiplicará

por las horas de mayor tránsito, que son la mañana (desde las 05:01 hasta las 12:00), el medio día (desde las 12:01 hasta las 17:00) y la tarde (desde las 17:01 hasta las 12:00) del día siguiente, con una tolerancia de una hora más o menos en el periodo de menor circulación.

**Determinación de los puntos de georreferenciación**

De acuerdo a la metodología del grillado o rejilla, que consistió en dividir la zona bajo estudio mediante una rejilla de distancia fija y realizar la medida en las intersecciones de la rejilla, las distancias habitualmente utilizadas mediante este método pueden oscilar entre los 50 m y 300 m, en función a la dimensión del área bajo estudio (Bermúdez et al., 2018). Para nuestro estudio se estableció un total de 45 puntos a lo largo de esta vía, georreferenciados con la ayuda del instrumento basado en el Sistema de Posicionamiento Global, Gamín LEGEND H, sistema de coordenadas UTM (Universal Transversal Mercator), por un periodo de dos días consecutivos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Estaciones de monitoreo de ruido en la avenida Participación, con sistema de coordenadas UTM, zona 18S, Iquitos, Perú.

Estación	Coordenada X	Coordenada Y	Altura (msnm)
PM-BA-01	693510	9583635	99
PM-BA-02	693357	9583534	96
PM-BA-03	693255	9583441	96
PM-BA-04	693199	9583396	98
PM-BA-05	693096	9583302	106
PM-BA-06	693038	9583240	112
PM-BA-07	692957	9583148	110
PM-BA-08	692882	9583081	111
PM-BA-09	692803	9582998	105
PM-BA-10	692724	9582922	106
PM-BA-11	692661	9582865	102
PM-BA-12	692603	9582799	97
PM-BA-13	692521	9582718	98
PM-BA-14	692374	9582642	96
PM-BA-15	692326	9582598	95
PM-BA-16	692242	9582559	94
PM-BA-17	692153	9582493	96
PM-BA-18	692066	9582420	97
PM-BA-19	692017	9582396	94
PM-BA-20	691895	9582353	100
PM-BA-21	691770	9582409	104
PM-BA-22	691626	9582388	97
PM-BA-23	691501	9582340	107
PM-BA-24	691428	9582269	106
PM-BA-25	691325	9582210	103
PM-BA-26	691234	9582172	97
PM-BA-27	691087	9582105	104
PM-BA-28	691018	9582069	108
PM-BA-29	690961	9582011	109
PM-BA-30	690793	9581909	108
PM-BA-31	690626	9581788	102
PM-BA-32	690449	9581679	99
PM-BA-33	690348	9581618	97
PM-BA-34	690230	9581543	97
PM-BA-35	690130	9581492	97
PM-BA-36	689975	9581412	106
PM-BA-37	689770	9581282	108
PM-BA-38	689683	9581155	108
PM-BA-39	689579	9581051	106
PM-BA-40	689369	9580862	102
PM-BA-41	689329	9580723	110
PM-BA-42	689265	9580645	112
PM-BA-43	689112	9580628	109
PM-BA-44	688963	9580642	100
PM-BA-45	688865	9580662	106

### **Monitoreo Ambiental de ruido**

Se realizó mediante las mediciones de corta duración, por espacio de 15 minutos (Román, 2018), cada 5 puntos por día (del 03 al 11 de abril de 2022), con una frecuencia de tres veces al día, mañana (07:00 – 09:00), medio día (12:00 – 14:00) y tarde (17:00 – 19:00), en un total de 9 días consecutivos, con un sonómetro de clase 1 calibrado por una empresa autorizada por el Instituto Nacional de la Calidad -INACAL (Certificado de Calibración N° CCP-0471-006-20). El monitoreo, consistió en elegir un intervalo de tiempo de medición para incluir todas las variaciones significativas del ruido, luego se tuvo en cuenta el criterio de mediciones en exteriores, tomando como premisa la elección del lugar de medición y selección del lugar del micrófono, evaluar las circunstancias en una ubicación específica, utilizar un micrófono en esa ubicación definida, ubicación con el micrófono de 0,5 m a 2 m frente a la superficie reflectante, una altura de 1,2 m a 1,5 m, con un ángulo de 60 °, por ser ruido diurno y existir mucha variabilidad (Zamorano *et al.*, 2019).

### **Procesamiento de información**

Los datos tomados con el equipo sonómetro se descargaron para luego ser exportados al Excel y excluir los datos de nuestro interés por puntos y por periodo de muestreo (mañana, medio día y tarde), luego se comparó con la normatividad (Casas *et al.*, 2015) de referencia del Estándar de Calidad Ambiental para ruido (Medina *et al.*, 2017), realizada esta acción se procedió a exportar la información al programa estadístico SPSS versión 26, con la finalidad de obtener valores de tendencia central de la estadística descriptiva de los 45 puntos de mediciones, dicho valor medio es comparado con la zonificación del estándar de calidad ambiental para ruido (Freeman *et al.*, 2022), teniendo en cuenta la zonificación al tipo de uso del suelo (PDU, 2011).

### **Evaluación del riesgo ambiental**

Para la evaluación del riesgo ambiental (Marín y Patiño, 2021) se determinó la estimación de la probabilidad de ocurrencia del ruido y estimación de la gravedad de consecuencias, como se describe a continuación. La estimación de la probabilidad de ocurrencia de ruido, se realizó con los datos promedio de valores del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT), que superan el estándar de calidad ambiental (Quispe *et al.*, 2022) determinado de acuerdo a las áreas de uso monitoreadas que son 135 mediciones, que corresponden al 100 %, seguidamente se determinó el porcentaje de exceso al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) ruido (Chávez, 2019). Una vez obtenida el exceso se calculó el promedio de exceso para estimar la probabilidad de ocurrencia de ruido en una escala del 1 al 5, de acuerdo a los rangos de estimación probabilista de la guía de evaluación de riesgos ambientales (en adelante, GERA). Luego se determinó las estimaciones de gravedad de consecuencia para cada área de aplicación; sobre la base de la gama de restricciones de tres entornos: humano, natural y socioeconómico, se identificó y se evaluó escenarios, tales como la cantidad, peligrosidad, extensión y población afectada - calidad del medio – patrimonio y calidad productiva las cuales se aplicó la siguiente fórmula: Entorno humano = cantidad + dos veces la peligrosidad + la extensión + población afectada; entorno natural = cantidad + dos veces la peligrosidad + la extensión + calidad del medio; socioeconómico = cantidad + dos veces la peligrosidad + la extensión + patrimonio y calidad productiva. Aplicado la fórmula se promedia los valores, el valor resultante será utilizado en la valoración de los escenarios, cuyos valores representan del 1 al 5 (MINAM, 2010).

Se evaluó los riesgos ambientales, que consiste en el producto de la probabilidad y la gravedad de la consecuencia por entornos (humano, natural y socioeconómico); usando un formulario de doble entrada llamado estimador

**Tabla 2.** Índice de tráfico por día (del 03 al 11 de abril), con relación al horario y tipo de vehículo en la av. Participación, Loreto, Perú, 2022.

Horario	Moto	Motokar	Carro
Mañana	4475	7907	621
Medio día	1506	2335	153
Tarde	7811	10530	757
Total	13792	20772	1529

**Tabla 3.** Resultado de monitoreo ambiental de los tres horarios y estimación de la probabilidad de ocurrencia para una zona residencial en la av. Participación, Loreto, Perú, 2022.

Horario	Mañana	Medio día	Tarde
Media	77,50	77,24	77,67
Máximo	83,3	81,9	82,6
Mínimo	73,1	73,2	74,8
Desv.Est.	2,2	1,82	1,81
Error Est.	0,33	0,27	0,27
Zona	ECA	Exceso	%Exceso
Residencial	60 dB	45	100,0
Residencial	60 dB	45	100,0
Residencial	60 dB	45	100,0

del riesgo ambiental. Finalmente, para evaluar el riesgo ambiental (Figura 3), según a los tres entornos, se determinó previamente el valor medio de cada uno, expresado en porcentaje, además la sumatoria y media de los tres entornos, el cual fue el resultado final, que es igual a uno de los tres niveles definidos: riesgo alto, moderado o leve (MINAM, 2010). No obstante, este cálculo fue realizado en el portal web del organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental en el siguiente enlace <https://publico.oefa.gob.pe/sisriam/> y se estimó el resultado final del riesgo ambiental por ruido (OEFA, 2022).

RESULTADOS

Índice de tráfico en la avenida Participación

Para el índice de tráfico, se encontró que en la avenida Participación existe un flujo vehicular de 36093 vehículos por día, con mayor número se encuentran los vehículos con dos y tres ruedas, seguidamente se encuentra los vehículos de la flota liviana y finalmente los vehículos de la flota pesada, no obstante, el rango calculado por hora de conteo en los turnos tenemos: mañana el máximo es de 1318 y el mínimo es de 104; medio día el máximo es de 1168 y el mínimo es de 77; tarde el máximo es de 1170 y el mínimo es de 84 (Tabla 2).



Valor	Clasificación	Probabilidad
5	Muy probable	< una vez a la semana
4	Altamente probable	> una vez a la semana y < una vez al mes
3	Probable	> una vez al mes y < una vez al año
2	Posible	> una vez al año y < una vez cada 5 años
1	Poco probable	> una vez cada 5 años

**Figura 2.** Rango de probabilidad de ocurrencia en la av. Participación, Loreto, Perú, 2022.

**Monitoreo Ambiental de ruido**

Las medias resultantes del ruido ambiental, los cuales se encuentran entre 77,24 decibeles (dB) y 77,67 dB, su incremento o descenso está relacionada a la cantidad del índice de tráfico y a los niveles de las pendientes de la vía debido a su esfuerzo que realizaron los vehículos. Por otra parte, el rango por los siguientes turnos son los siguientes: mañana el máximo 83,30 dB y el mínimo es 73,10 dB; medio día el máximo 81,90 dB y el mínimo es 73,20 dB; tarde el máximo 82,60 dB y el mínimo es 74,80 dB (Tabla 3).

**Estimación de la probabilidad de ocurrencia de ruido**

En las 45 estaciones de monitoreo por cada turno todos exceden los 60 dB para una zona residencial del ECA para ruido, el promedio de exceso entre los tres turnos es de 100 %, de acuerdo al cálculo para una muestra independiente (Tabla 3), como la muestra fue puntual podemos determinar una clasificación altamente probable de ocurrencia, mejor dicho, mayor una vez a la semana y menor una vez por mes. Esto se corrobora con el decibel obtenido que es mayor a 77, logrando así obtener una probabilidad de ocurrencia de ruido un valor de 4 (Figura 2).

**Estimación de la gravedad de consecuencia**

En el marco de esta investigación, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los impactos del ruido en diversos entornos, incluyendo los aspectos humano, natural y socioeconómico.

Los criterios seleccionados para esta evaluación se centraron en la cantidad, peligrosidad, extensión, población afectada, calidad del entorno y el impacto en el patrimonio y la actividad económica. Los resultados revelan un panorama significativo en cuanto a los efectos del ruido en estos entornos.

En primer lugar, se observó que la intensidad del ruido, medida en decibeles, es notablemente alta en los entornos analizados, superando los 77 dB. Esto indica una exposición significativa al ruido en todas las áreas estudiadas. Además, la peligrosidad del ruido se destacó, ya que se asoció con una serie de efectos perjudiciales para la salud, incluyendo la hipoacusia severa, problemas cardiovasculares, ansiedad y dolores de cabeza.

En términos de extensión, se encontró que el ruido analizado generalmente se presenta como eventos puntuales con un alcance de 50 metros, lo que sugiere una concentración geográfica en áreas específicas. La población afectada varía, pero en su mayoría se encuentra en un rango de entre 5 y 50 personas expuestas al ruido, caracterizándose como eventos puntuales. La calidad del entorno se vio afectada por perturbaciones ambientales leves y una presencia moderada de vehículos durante períodos de exposición cortos. Por último, el impacto en el patrimonio y la actividad económica fue evidente, con un efecto negativo en la disminución del intercambio económico en las áreas estudiadas.



**Tabla 4.** Estimación de la gravedad de consecuencia en base a su entorno, humano, natural y socio económico en la avenida Participación, Loreto, Perú, 2022.

Entorno	*C	*P	*E	**PCP
Humano	3	3	1	2
Natural	3	3	1	2
Socioeconómico	3	3	1	2

\*C: Cantidad  
\*P: Peligrosidad  
\*E: Extensión  
\*\*PCP: Población afectada, Calidad del medio, Patrimonio y capital productivo

**Tabla 5.** Rango de los límites de los entornos, humanos, natural y socioeconómico en la avenida Participación, Loreto, Perú, 2022.

Entorno	Valor	Cantidad	Peligrosidad	Extensión	Población Afectada
Humano	4	Muy alta (más de 85,30 dB)	Muy peligrosa por los (dB)	Muy extenso	Muy alto
	3	Alta (entre 75,60 dB y 85,20 dB)	Peligrosa por los (dB)	Extenso	Alto
	2	Poca (entre 55,80 dB y 70,50 dB)	Poco peligrosa por los (dB)	Poco extenso (Emplazamiento)	Bajo
	1	Muy poca (menos de 55,80 dB)	No peligrosa por los (dB)	Puntual (Área afectada)	Muy bajo
Natural	4	Muy alta (dB)	Muy peligrosa por los (dB)	Muy extenso	Muy elevada
	3	Alta (dB)	Peligrosa por los (dB)	Extenso	Elevada
	2	Poca (dB)	Poco peligrosa por los (dB)	Poco extenso (Emplazamiento)	Media
	1	Muy poca (dB)	No peligrosa por los (dB)	Puntual (Área afectada)	Baja
Socioeconómico	4	Muy alta (dB)	Muy peligrosa por los (dB)	Muy extenso	Muy alto
	3	Alta (dB)	Peligrosa por los (dB)	Extenso	Alto
	2	Poca (dB)	Poco peligrosa por los (dB)	Poco extenso (Emplazamiento)	Bajo
	1	Muy poca (dB)	No peligrosa por los (dB)	Puntual (Área afectada)	Muy bajo

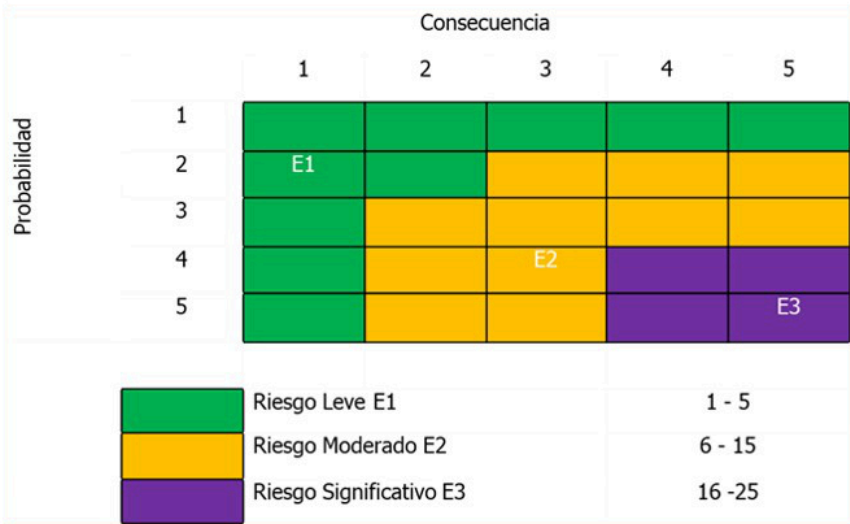


Figura 3. Estimador de riesgo ambiental en la av. Participación, Loreto, Perú, 2022.

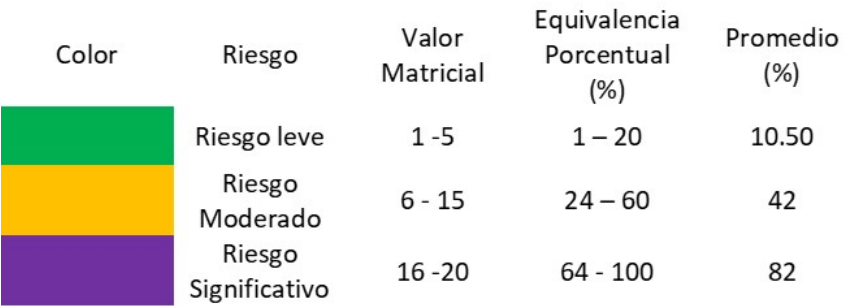


Figura 4. Escala de evaluación de riesgo para el resultado de la av. Participación, Loreto, Perú, 2022.

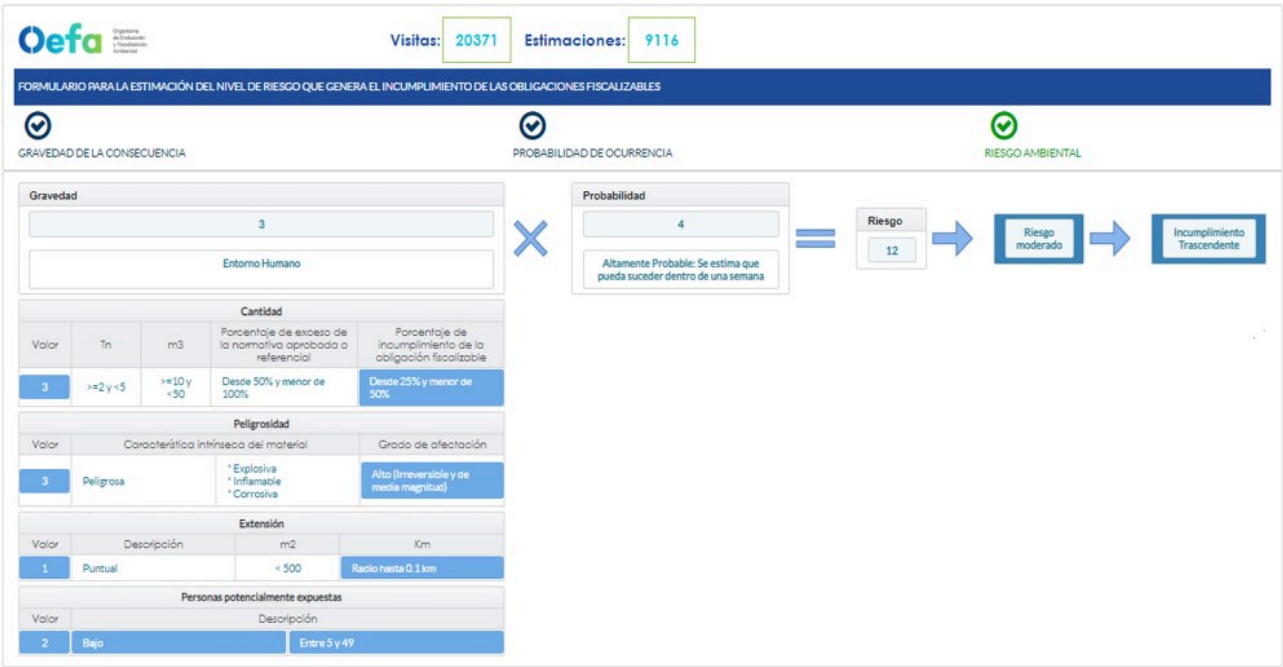


Figura 5. Estimación del riesgo ambiental en la av. Participación, Loreto, Perú, 2022, de acuerdo a la metodología de cálculo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental <https://publico.oefa.gob.pe/sisriam/>

En conjunto, estos resultados destacan la necesidad de abordar y mitigar los impactos del ruido en los diferentes entornos, considerando las implicaciones para la salud, la calidad del entorno y la economía local. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para la formulación de políticas y estrategias que aborden eficazmente los problemas derivados del ruido en estas áreas específicas (Tabla 5).

Entonces aplicando la fórmula en los tres entornos se ha obtenido una valoración 12 y con este valor se determinó la valoración de escenarios identificados, determinando en el rango de 11 a 14 nuestro valor y la puntuación le corresponde 3, siendo un valor moderado (Figura 3).

### ***Evaluación del riesgo ambiental***

En esta investigación, se evaluó el riesgo ambiental usando la probabilidad y la gravedad de las consecuencias como factores clave. La probabilidad se fijó en 4 y la gravedad en 3, sirviendo como base para el cálculo del riesgo ambiental. Se utilizó un formulario en línea proporcionado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) que sigue una metodología reconocida (Figura 5). Los resultados cuantificaron las amenazas al entorno considerando la probabilidad y gravedad, siendo fundamentales para tomar decisiones informadas en la gestión ambiental y aplicar medidas de mitigación. Este enfoque, respaldado por el OEFA, representa un avance en la gestión ambiental sostenible y la protección del medio ambiente, obteniendo así un valor matricial de 12, que corresponde su color y calificación a un riesgo Moderado (Figura 3), no obstante, la Figura 4, consolida los tres resultados finales como el valor matricial en nuestro caso es 12, la equivalencia que se encuentra comprendida entre 24 y 60, en nuestro resultado corresponde al 48 % y el promedio que sería 42 %.

## **DISCUSIÓN**

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos mencionar que en la av. Participación transitan un total de 36093 vehículos por día, existiendo una circulación considerada de vehículos, sobre todo en las horas de mayor influencia (mañana de 07:00 a 09:00 horas, medio día de 12:00 a 14:00 horas, tarde de 17:00 a 19:00 horas) que ocasionan que el ruido ambiental exceda los niveles para una zona residencial. Estos resultados provenientes del tráfico son independientes de la contaminación atmosférica, como lo menciona Bao *et al.* (2022) y causa problemas acústicos por eso la necesidad del conteo, como también lo considera Arias (2017) en su investigación para determinar el índice de tráfico, comparado con Chaves (2019), en la ciudad de Celendín, departamento de Cajamarca, el conteo realizado desde 07:00 hasta las 18:00 horas todos superan el ECA ruido, en cambio Arias (2017), en el distrito metropolitano de Quito, Ecuador, en la estimación del índice de tráfico realizado desde 07:00 a 09:00; 12:00 a 14:00; 18:00, estimó un total de 40632 vehículos, valores cercanos, estos datos también determinaron una idea del nivel ruido que experimentan las personas en la zona durante diferentes momentos del día, sin embargo, este ruido no solo es influenciado por el tráfico sino también por las pendientes de la avenida, estado del vehículo, condición de uso del vehículo, antigüedad del vehículo, entre otros. Todos estos factores contribuyen que la combinación de la probabilidad de ocurrencia y la estimación de consecuencia resulte un riesgo ambiental moderado y sugiere que se debe prestar atención a los problemas relacionados con el tráfico y el ruido en la zona para reducir el riesgo de posibles consecuencias negativas, como el trastorno de sueño (Flanagan *et al.*, 2023), cardiopatía (Faulkner *et al.*, 2022), problema de audición (Fallah *et al.*, 2022), hipoacusias (Chaves, 2019), entre otros.

Por otra parte, el ruido ambiental encontrados (77,50 dB; 77,24 dB y 77,67 dB) son respaldados por Chen *et al.* (2023), quienes afirman en su revisión sistémica que el 52 % de los países de bajos ingresos el ruido de tráfico se encuentra entre 60 dB y 80 dB, Ahmadi *et al.* (2023), reafirman que el ruido del tráfico en Ghana esta entre 65 dB y 98 dB; por su parte Román (2018) manifiesta que los niveles de ruido oscilan entre 65 dB y 75 dB; en cambio Casas *et al.* (2015), menciona que en Medellín (Colombia), ciudad con alto tráfico, el ruido promedio en el día es de 75 dB y en la noche de 65 dB, al igual que Massa *et al.* (2021), evalúa que en el cercado de Ica (Perú), que la media del ruido es de 70,57 dB. En ese sentido, Chavez (2019) determinó el riesgo moderado con un nivel sonoro entre 50,95 dB y 93,50 dB originado por el parque automotor.

La investigación es útil porque nos permite conocer el nivel de ruido al menos en los tres horarios de mayor circulación, conocer la estimación del riesgo a que los vecinos de esta vía están expuestos, que el ruido es perjudicial para los habitantes del trayecto de la avenida Participación por exceder el estándar de calidad ambiental para el ruido. Hay temas que faltan desarrollar sobre el ruido ambiental, aquí se mencionan alguno de ellos: 1. Implementación de barreras naturales y el nivel de ruido en viviendas. 2. Reducción del tráfico y costo por disminución sonora. 3. Diseños acústicos de domicilios y calidad de vida. 4. Diseños de silenciadores y control peatonal en la avenida participación. 5. Planificación de eventos públicos y usos de equipos con limitadores de sonido; entre otras

## Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y al equipo del Proyecto Urate de la Facultad de Ingeniería Química por su valioso apoyo y a cada uno de los vecinos de esta vía por permitirnos la ejecución de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadi, D. S. S., Jafari, H. R., Amjadi, A. (2023) Computing a psychological health risk assessment model for road traffic noise. *Journal of Transport & Health*, 29, 101570. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2023.101570>
- Alenza, G. J. F. (2003) *La nueva estrategia contra la contaminación acústica y el ruido ambiental*. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/27057>
- Alfaro-Rojas, D., Portuguese-Brenes, I., Perdomo-Velázquez, H., Vargas -Masís, R., Alfaro-Rojas, D., Portuguese-Brenes, I., *et al.* (2020) Ruido ambiental en áreas verdes urbanas y periurbanas de una microcuenca en Heredia, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(2): 419-432. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.2846>
- Araújo, R. A. de M., Correia, T. de S., Câmara, R. P. de B. (2022) Influence of Environmental Innovation on Corporate Sustainability in Latin American Companies. *Organizações & Sociedade*, 29, 297-322. <https://doi.org/10.1590/1984-92302022v29n0013EN>
- Arias, M. F. A. (2017) "Estudio de índices de tráfico del Distrito Metropolitano de Quito en la ruta av. 10 de Agosto tramo: Cristóbal Colón y Naciones Unidas, año 2016." (Tesis de Pregrado) <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/13160>
- Baffoe, P. E., Duker, A. A., Senkyire-Kwarteng, E. V. (2022) Assessment of health impacts of noise pollution in the Tarkwa Mining Community of Ghana using noise mapping techniques. *Global Health Journal*, 6(1): 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2022.01.005>
- Bao, W.-W., Xue, W.-X., Jiang, N., Huang, S., Zhang, S.-X., Zhao, Y., *et al.* (2022) Exposure to road traffic noise and behavioral problems in Chinese schoolchildren: A cross-sectional study.



- Science of The Total Environment*, 837, 155806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155806>
- Bermúdez-Hidalgo, L., Solís, J. C., Vetrani-Chavarría, K., Murrell-Blanco, M., Barraza, D., & Méndez-Flores, M. (2018) Creación de mapas acústicos en los cantones de Heredia, Alajuela y Belén, como indicadores de la contaminación sónica. *Revista Geográfica de América Central*, 4(61E), Article 61E. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-4.9>
- Boschi, C., Martinez, C., Robles, C. (2019) *Propuesta metodológica para evaluar la mitigación de la contaminación sonora por parte de los espacios verdes urbanos. Caso del Área Metropolitana de Mendoza*.
- Casas-García, O., Betancur-Vargas, C. M., Montañó-Erazo, J. S. (2015) Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, 11(1): 264-286.
- Chávez, C. A. (2019) Evaluación del riesgo ambiental por contaminación sonora del parque automotor en la ciudad de Celendín, Perú, 2017. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2924>
- Chen, Y., Hansell, A. L., Clark, S. N., Cai, Y. S. (2023) Environmental noise and health in low-middle-income-countries: A systematic review of epidemiological evidence. *Environmental Pollution*, 316, 120605. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120605>
- D'Arrigo, M. M. (2017) *Retos climáticos de la ciudad de Iquitos en Perú*. 21.
- D'Azevedo, G. R., D'Azevedo, A. K. (2013) Nivel de contaminación sonora y su repercusión en la salud auditiva de las personas en el Jirón próspero de la ciudad de Iquitos; *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2075>
- De Oliveira, U. C., Lima, E. C., de Figueiredo, T. W. X., de Claudino-Sales, V., Feitosa, C. E. L. (2021) Environmental risk in Northeast Brazil: Estimation of burning areas in Coreaú River Basin, Ceará, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7): 444. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09190-z>
- Ecos, R., Rodríguez, W. A. M., Pascal, M. N. M. (2021) Los primeros grupos anti-ruido con sus campañas por la lucha de un «Día sin ruido». *ECOS*, 2(1):1. <https://doi.org/10.36044/EC.V2.N1.2>
- Esteban Alonso, A. de. (2003) *Contaminación acústica y salud*. <https://ciencia.urjc.es/handle/10115/2834>
- Fallah-Shorshani, M., Yin, X., McConnell, R., Fruin, S., Franklin, M. (2022) Estimating traffic noise over a large urban area: An evaluation of methods. *Environment International*, 170, 107583. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107583>
- Faulkner, J.-P., Murphy, E. (2022) Estimating the harmful effects of environmental transport noise: An EU study. *Science of The Total Environment*, 811, 152313. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152313>
- Flanagan, E., Malmqvist, E., Oudin, A., Sunde Persson, K., Alkan Ohlsson, J., Mattisson, K. (2023) Health impact assessment of road traffic noise exposure based on different densification scenarios in Malmö, Sweden. *Environment International*, 174, 107867. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107867>
- Freeman, E. R., Sánchez, E. S., Movilla, S. C. (2022) Procedimiento para la zonificación acústica en el centro histórico de la ciudad de Holguín. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 227-247. <https://doi.org/10.5377/farem.v11i3.14913>
- Hudiel, S. J. N., Arteaga, F. J. B. (2021) Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito para proyecciones de tráfico promedio diario anual en Nicaragua. *Revista Ciencia y*

- Tecnología El Higo*, 11(1):1. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11717>
- INEI. (2017) *PERÚ - INEI:: Perú: Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017*. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1544/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/)
- Lanegra, I. (2009) La Política Nacional del Ambiente: ¿fijando el rumbo? *Coyuntura. Análisis Económico y Social de Actualidad*, 11-15.
- Lemos, F. C. R., Pereira, T. M. S., Miranda, C. R., Nunes, B. T., Drumond, F. T. E. (2018) O uso de jardins verticais como forma mitigatória da poluição sonora decorrente do tráfego de veículos. *Revista de acústica*, 9(3-4): 21-27.
- Marín, A. T. V., Patiño, D. S. (2021) Estimación de los riesgos ambientales en la sede bosa porvenir de la universidad distrital Francisco José De Caldas. *Boletín Semillas Ambientales*, 15(1): 1. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/bsa/article/view/18895>
- Massa-Palacios, L., Cusi-Palomino, R., ÁlvaroHuillcara, M., Massa-Palacios, L., CusiPalomino, R., Álvaro-Huillcara, M. (2021) Percepción del Ruido Ambiental en Pobladores de Cercado de Ica, Perú. *Producción + Limpia*, 16(1): 31-47. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a2>
- Maya, V. G., Correa O, M., Gómez M, M. (2010) Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. *Producción + Limpia*, 5(1): 75-94.
- Medina, N. D., Ramos, M. C. (2020) Zonificación acústica de la carretera Iquitos—Nauta. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6791>
- Medina, Y. S. S., Ancajima, C. K. C., Mogollon, H. C. (2017) Evaluación de la contaminación sonora vehicular basado en el decreto supremo n°085-2003-pcm reglamento de estándares de calidad ambiental, Jaén, Cajamarca. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 3(2): 2. <https://doi.org/10.17162/rictd.v3i2.656>
- Mendoza, M. C. D., Carpio, J. E. P. (2017) Evaluación de contaminación sonora vehicular en el centro de la ciudad de Tarapoto, San Martín, 2015. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 3(2): 2. <https://doi.org/10.17162/rictd.v3i2.654>
- MINAM. (2010) *Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2759-guia-para-evaluacion-de-riesgos-ambientales>
- Minchola, G. J. L., Farfan, A. F. E., Young, Y. S. P., Rojas, F. S. (2022) Evaluation of Noise in the COMPHILL Wholesale Fishing Market of the Province of Trujillo—2022. *Proceedings of the 2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2022): "Exponential Technologies and Global Challenges: Moving toward a new culture of entrepreneurship and innovation for sustainable development"*. 2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2022): "Exponential Technologies and Global Challenges: Moving toward a new culture of entrepreneurship and innovation for sustainable development". <https://doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.38>
- MINEDU. (2011) *Grandes ciudades—ESCALE - Unidad de Estadística Educativa*. [http://escale.minedu.gob.pe/grandes-ciudades/-/document\\_library\\_display/4vxT/view/1085567](http://escale.minedu.gob.pe/grandes-ciudades/-/document_library_display/4vxT/view/1085567)
- Montano, R. W. A. (2022) Ampliando el significado de la palabra «ruido». Un aporte desde el campo disciplinar de la acústica. *Revista de acústica*, 53(1-2): 81-90.
- Montes, G. D., Barrigón, M. J. M., Rey-Gozalo, G. (2023) Effects of noise on pedestrians in urban environments where road traffic is the main source of sound. *Science of*

- The Total Environment*, 857, 159406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159406>
- MTC. (2006) *Directiva N.º 002-2006-MTC/15*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/282132-002-2006-mtc-15>
- NTP ISO 1992-2. (2021) *Normas Técnicas Peruanas—INACAL*. INACAL portal. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- OEFA. (2022) *sisriam: Metodología para la estimación del riesgo ambiental*. <https://publico.oefa.gob.pe/sisriam/>
- PDU. (2011) *Observatorio Urbano*. <https://eudora.vivienda.gob.pe/observatorio/pdumunicipalidades.php>
- Platzer, M. U., Iñiguez C, R., Cevo E, J., Ayala R, F. (2007) Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2): 122-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-48162007000200005>
- Quispe, W. S. A., Ramos, R. S. L., Mendoza, A. G. N. B. de, Ramos, D. M. O., Menéndez, P. F. A., Flor, M. L. S. (2022) Ruido y tráfico vehicular en las principales vías de la ciudad de Tacna durante la pandemia COVID - 19. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 4. <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.614>
- Ramirez, M. S., Prieto, R. D. V., Millán, J. S., Vigo, M. A. G., Morón, P. D. (2021) Plan estratégico multisectorial para la reducción de la contaminación acústica por ruido vehicular en la ciudad de Chachapoyas. *Savez Editorial*. <https://doi.org/10.53887/se.vi.15>
- Román, G. (2018) Evaluación de los niveles de ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Tarija, Bolivia. *Acta Nova*, 8(3): 421-432.
- Sauñe-Ramos, E. J., Madrid-Ibarra, F. de M. (2018) Comparación de la Contaminación Sonora en cuatro Localidades de la Provincia de Loreto, Perú. *Biotempo*, 15(2): 2. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v15i2.2053>
- Salamat, F. E., Tagusari, J., Matsui, T. (2021) Mapping of transportation noise-induced health risks as an alternative tool for risk communication with local residents. *Applied Acoustics*, 178, 107987. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.107987>
- SENAMHI. (2022) *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Sornoza, L. J. G. (2021) *Contaminación acústica y su incidencia en la salud de los habitantes del cantón Puerto López* [Tesis de Pregrado, Jipijapa.UNESUM]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2650>
- Toribio, L. A., Aranguren, D. C., Ruiz, D. M., Maqueda, M. J. R. (2011) Ruido ambiental: Seguridad y salud. *Tecnología y desarrollo*, 9(0): 0.
- Union, P. O. of the E. (2020, marzo 4) *C/ 2020/1212, Commission Directive (EU) 2020/367 of 4 March 2020 amending Annex III to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of assessment methods for harmful effects of environmental noise (Text with EEA relevance)* [Website]. Publications Office of the European Union. <http://op.europa.eu/et/publication-detail/-/publication/14caf5ee-5ead-11ea-b735-01aa75ed71a1/language-en/format-HTML>
- Valdor, P. F., Puente, A., Gómez, A. G., Ondiviela, B., Juanes, J. A. (2017) Are environmental risk estimations linked to the actual environmental impact? Application to an oil handling facility (NE Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 114(2): 941-951. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.078>
- Vidal, A., Asuaga, C. (2021) Gestión ambiental en las organizaciones: una revisión de la literatura. *Revista del Instituto Internacional de Costos*, 18, Article 18.
- Zamorano, G. B., Velázquez, N. Y., Peña, C. F.,

Ruiz, R. L., Monrea, I. A. Ó., Parra, S. V., et al. (2019) 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*, 34(3): 601-629. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1743>

**Conflicto de interés**

Los autores declaramos no tener ningún conflicto de interés.