

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA GENERADA
POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN INSTITUCIONES
EDUCATIVAS Y DE SALUD CON DASHBOARDS ANALÍTICOS
EN POWER BI: CASO URBANO DE LA CIUDAD DE TACNA”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

Bach. DANIELA DEL CARMEN CATACORA DURAND

Bach. NAYELI ARELI NINA CONDOR

TACNA – PERÚ

2025

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN SONORA GENERADA
POR EL TRANSPORTE VEHICULAR EN INSTITUCIONES
EDUCATIVAS Y DE SALUD CON DASHBOARDS ANALÍTICOS
EN POWER BI: CASO URBANO DE LA CIUDAD DE TACNA”**

Tesis sustentada y aprobada el 29 de diciembre de 2025; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS

SECRETARIO : Mtro. DIEGO YGOR CHOCANO ROSSI

VOCAL : Mtro. RICARDO WILLIAM NAVARRO AYALA

ASESOR : Ing. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotras, Daniela del Carmen Catacora Durand y Nayeli Areli Nina Condor, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 72660985 y DNI 71090836 respectivamente, así como Carmen Rosa Román Arce con DNI 42316863; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: *Evaluación de la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en instituciones educativas y de salud con dashboards analíticos en power bi: caso urbano de la ciudad de Tacna*, la cual presentamos para optar el *Título de Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 29 de diciembre de 2025

Daniela del Carmen Catacora Durand
DNI:72660985

Carmen Rosa Román Arce
DNI: 42316863

Nayeli Areli Nina Condor
DNI: 71090836

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, Julio y Magda quienes con su esfuerzo constante me brindaron las oportunidades y las herramientas académicas necesarias para construir mi futuro; velaron para que continuara y llegara hasta el final de este camino. Asimismo, extendo esta dedicatoria a mi hermana Roció, por sus palabras de ánimo y su confianza. Finalmente, agradezco a todas las personas de mi entorno que me brindaron motivación, compañía y aliento para seguir avanzando.

Daniela del Carmen Catacora Durand

A mi madre Estela, gracias por tu amor incondicional y por enseñarme que la fortaleza se construye con paciencia y fe. Cada logro que alcanzo lleva un pedacito de tus enseñanzas y tu sacrificio.

A mi padre Edgar, gracias por tu ejemplo de esfuerzo, por tu confianza y por impulsarme siempre a creer en mí.

A mi hermano Jossefh, este logro también es para ti, con la esperanza de que siempre recuerdes que los sueños se construyen con perseverancia y que nunca debes dejar de creer en ti mismo.

A mi abuela Sabina, gracias por tu cariño sincero, tus consejos llenos de sabiduría y por ser un pilar en mi vida. Tu presencia ha sido un pilar fundamental en mi camino. Finalmente, agradezco a todas las personas que me acompañaron en este proceso, dándome fuerzas, motivación y apoyo para seguir adelante.

Nayeli Areli Nina Condor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expresamos nuestro agradecimiento a Dios, por guiarnos en cada paso de este proceso, brindarnos fortaleza en los momentos de dificultad y permitirnos alcanzar este importante logro con fe y perseverancia.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestra directora de escuela y a todos los docentes que nos acompañaron a lo largo de nuestra formación universitaria, brindándonos una orientación constante, dedicación y un valioso aporte académico, los cuales fueron fundamentales para nuestro crecimiento y consolidación profesional.

Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a nuestros compañeros y amigos, quienes con su apoyo sincero y momentos compartidos contribuyeron a hacer de esta etapa universitaria una experiencia enriquecedora, tanto en lo académico como en lo personal.

Finalmente, expresamos un agradecimiento especial a nuestra asesora, Ing. Carmen Rosa Román Arce, por su paciencia, dedicación y aporte fundamental para el desarrollo y culminación de la presente tesis.

Daniela del Carmen Catacora Durand

Nayeli Areli Nina Condor

ÍNDICE GENERAL

PAGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Descripción del problema	3
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Justificación e Importancia	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis General	6
1.5.2. Hipótesis Específicas	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases Teóricas	15
2.2.1. Contaminación Sonora	15
2.2.2. Tránsito Vehicular	19
2.2.3. Gestión Ambiental Urbana	21
2.2.4. Tecnologías para el Monitoreo y Visualización	22

2.3.	Definición de términos	25
2.3.1.	Contaminación Sonora	25
2.3.2.	Ruido Ambiental	25
2.3.3.	Tránsito Vehicular	26
2.3.4.	Leq (Nivel Sonoro Equivalente)	26
2.3.5.	Lmax y Lmin	26
2.3.6.	Instituciones Educativas y de Salud como Zonas Sensibles	26
2.3.7.	Dashboard (Tablero de Control Analítico)	26
2.3.8.	Power BI.....	26
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		27
3.1.	Diseño de la investigación	27
3.2.	Acciones y actividades	27
3.3.	Materiales e instrumentos	29
3.4.	Población y muestra de estudio.....	30
3.4.1.	Muestra	30
3.4.2.	Tamaño de la muestra.....	30
3.4.3.	Procedimiento de selección.....	31
3.5.	Operacionalización de variables.....	31
3.6.	Procesamiento y análisis de datos	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		33
4.1.	Identificación y delimitación de zonas urbanas con alta afluencia vehicular	33
4.1.1.	Identificación de la zona	33
4.1.2.	Flujo de tránsito vehicular.....	35
4.1.3.	Parámetros Atmosféricos	37
4.2.	Medición de niveles de ruido ambiental en instituciones seleccionadas.....	39
4.3.	Comparación con estándares normativos nacional e internacional	41
4.4.	Diseño del dashboard analítico en Power BI	42
4.4.1.	Dashboard de Monitoreo de Ruido.....	43
4.4.2.	Dashboard de Monitoreo de Flujo Vehicular.....	44
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		46
5.1.	Discusión en relación con los objetivos	46
5.1.1.	Objetivo 1	46
5.1.2.	Objetivo 2	46
5.1.3.	Objetivo 3	47
5.1.4.	Objetivo 4.....	47

5.1.5. Objetivo 5	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido	19
Tabla 2. Operacionalización de variables de investigación	31
Tabla 3. Puntos de monitoreo	33
Tabla 4. Conteo vehicular por turno y fecha en puntos de monitoreo	36
Tabla 5. Monitoreo de niveles de presión sonora por punto y turno	41
Tabla 6. Comparación con estándares normativos nacional e internacional.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (P1–P3)	34
Figura 2. Rosa de vientos del mes de mayo	38
Figura 3. Rosa de vientos del mes de agosto	38
Figura 4. Distribución de Frecuencias de Velocidad de Viento del mes de mayo	39
Figura 5. Distribución de Frecuencias de Velocidad de Viento del mes de agosto	39
Figura 6. Dashboard Principal.....	43
Figura 7. Dashboard de Monitoreo de Ruido	44
Figura 8. Dashboard de Monitoreo de Flujo Vehicular	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	58
Anexo 2. Ficha de flujo vehicular	60
Anexo 3. Ficha Técnica de Monitoreo de Ruido.....	61

RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación de la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en instituciones educativas y de salud con dashboards analíticos en Power BI: Caso Urbano de la Ciudad de Tacna” tuvo como objetivo analizar la influencia del tránsito vehicular en los niveles de ruido ambiental dentro de zonas de protección especial. El estudio se desarrolló en tres corredores urbanos principales: Avenida Manuel A. Odría, Avenida 2 de mayo y Calle Arica, donde se ubican centros educativos y de salud representativos de la ciudad de Tacna. La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-comparativo y diseño no experimental – transversal. Se aplicó el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (R.M. N.º 227-2013-MINAM) para la medición de los niveles de presión sonora equivalente (LAeq) y se realizaron 40 conteos vehiculares georreferenciados (WGS84) en franjas diurna (08:30–09:30) y vespertina (14:00–15:00). Los datos fueron procesados y analizados mediante Power BI, integrando métricas acústicas y de tráfico vehicular en dashboards interactivos. Los resultados mostraron que los valores de LAeq oscilaron entre 65,4 y 81,9 dB, superando en todos los casos el Estándar de Calidad Ambiental para Zonas de Protección Especial (50 dB). La Avenida Manuel A. Odría presentó los niveles más elevados, con promedios de 73,71 dB, coincidiendo con la mayor carga vehicular (hasta 1,202 vehículos/hora) y la presencia de transporte pesado. Se determinó una correlación directa entre el volumen de tránsito y el incremento del ruido ambiental, lo cual confirma que el tráfico vehicular es el principal factor de contaminación sonora en zonas urbanas sensibles. El diseño del dashboard analítico permitió visualizar de forma dinámica los patrones espaciales y temporales del ruido, facilitando la evaluación del cumplimiento normativo y la identificación de áreas críticas. Se concluye que la ciudad de Tacna presenta niveles de contaminación acústica vehicular que exceden los límites normativos nacionales e internacionales, por lo que se recomienda implementar estrategias de mitigación acústica, planificación vial y monitoreo continuo mediante herramientas digitales.

Palabras clave: Contaminación sonora; ruido ambiental; tránsito vehicular; Power BI; monitoreo acústico; gestión ambiental urbana.

ABSTRACT

This research, entitled “Evaluation of noise pollution generated by vehicular traffic in educational and health institutions using analytical dashboards in Power BI: Urban case of the City of Tacna”, aimed to analyze the influence of vehicular traffic on environmental noise levels in special protection zones. The study was conducted in three main urban corridors: Avenida Manuel A. Odría, Avenida 2 de mayo y Calle Arica, where representative educational and health centers in the city of Tacna are located. The research was applied in nature, with a quantitative approach, descriptive–comparative level, and a non-experimental – cross-sectional design. The National Environmental Noise Monitoring Protocol (R.M. N.º 227-2013-MINAM) was applied to measure equivalent sound pressure levels (LAeq), and 40 georeferenced vehicle counts (WGS84) were carried out during daytime (08:30–09:30) and afternoon (14:00–15:00) periods. The data were processed and analyzed using Power BI, integrating acoustic and vehicular traffic metrics into interactive dashboards. The results showed that LAeq values ranged between 65,4 and 81,9 dB, exceeding in all cases the Environmental Quality Standard for Special Protection Zones (50 dB). The Avenida Manuel A. Odría presented the highest noise levels, with average values of 73,71 dB, coinciding with the highest vehicular load (up to 1,202 vehicles per hour) and the presence of heavy transport. A direct correlation between traffic volume and increased environmental noise was identified, confirming that vehicular traffic is the main factor of noise pollution in sensitive urban areas. The analytical dashboard design allowed dynamic visualization of spatial and temporal noise patterns, facilitating regulatory compliance assessment and the identification of critical areas. It is concluded that the city of Tacna presents levels of vehicular noise pollution that exceed national and international regulatory limits; therefore, the implementation of acoustic mitigation strategies, road planning, and continuous monitoring through digital tools is recommended.

Keywords: Noise pollution; environmental noise; vehicular traffic, Power BI; acoustic monitoring; urban environmental management.

INTRODUCCIÓN

La contaminación sonora constituye uno de los problemas ambientales más relevantes en la actualidad debido a sus efectos directos sobre la salud humana y la calidad del entorno. El crecimiento acelerado del parque automotor, la expansión urbana desordenada y el incremento de actividades económicas han generado un aumento sostenido de los niveles de ruido, especialmente en zonas densamente pobladas. La exposición prolongada a sonidos de alta intensidad se ha asociado con alteraciones del sueño, aumento del estrés, enfermedades cardiovasculares y disminución del rendimiento cognitivo, particularmente en niños y adultos mayores. (Organización Mundial de la Salud, 2018)

En el Perú, el Ministerio del Ambiente ha identificado que el tránsito vehicular constituye la principal fuente de ruido en las áreas urbanas. Los monitoreos realizados a nivel nacional evidencian que, en la mayoría de las ciudades, los niveles de presión sonora superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para la protección de la salud. (Ministerio del Ambiente, 2022) Estudios desarrollados en diversas ciudades del país han demostrado que los sectores ubicados en avenidas principales y alrededores de centros educativos y establecimientos de salud presentan los mayores niveles de exposición sonora, incrementando los riesgos de afectación a la población vulnerable. (Cáceres Contreras, 2019)

En la ciudad de Tacna, evaluaciones realizadas por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental han evidenciado que en sectores residenciales se registran niveles superiores a los 60 decibeles, mientras que en zonas comerciales y de alto tránsito se alcanzan valores superiores a los 70 decibeles, superando los límites permitidos por la normativa nacional. (Agencia Peruana de Noticias Andina, 2016)

Asimismo, investigaciones académicas desarrolladas en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann han identificado que el tránsito vehicular es la principal fuente de ruido urbano en la ciudad, afectando de manera directa la calidad de vida de la población. (Valencia Verástegui, 2023)

Frente a esta problemática, la presente investigación titulada: "Evaluación de la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en instituciones educativas y de salud con dashboards analíticos en Power BI: Caso Urbano de la Ciudad de Tacna", tiene como objetivo evaluar la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de instituciones educativas y de salud en el área urbana de

la ciudad de Tacna, mediante la aplicación de indicadores acústicos normalizados y su representación analítica mediante dashboards interactivos en Power BI, con el fin de aportar información útil para la gestión ambiental urbana.

El estudio se enmarca dentro de un enfoque de investigación aplicada y contempla como acciones específicas la identificación de los niveles de ruido ambiental, la cuantificación del flujo vehicular, el análisis de la relación entre ambas variables y la visualización de los datos mediante dashboards interactivos. De esta manera, se busca generar evidencias técnicas que contribuyan a la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes, orientadas a la protección de la salud y el bienestar de la población tacneña.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En las zonas urbanas de la ciudad de Tacna, se ha observado un crecimiento sostenido del parque automotor, acompañado de un incremento en la congestión vehicular y en los niveles de ruido ambiental. Esta situación se vuelve especialmente crítica en las cercanías de instituciones educativas y de salud, consideradas zonas sensibles debido a la necesidad de un entorno tranquilo para el desarrollo de actividades de aprendizaje, concentración y recuperación de la salud. A pesar de ello, muchas de estas instituciones se encuentran ubicadas en áreas expuestas al tráfico intenso, sin un monitoreo sistemático de la contaminación sonora ni mecanismos efectivos para su gestión.

La exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede generar efectos negativos sobre la salud física y mental, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, pacientes hospitalarios y personal docente o médico. En el contexto de Tacna, se identifica a partir del análisis propio realizado sobre la revisión de antecedentes y estudios previos que los trabajos sobre ruido ambiental son aún limitados y que, en los estudios existentes, no se emplean herramientas de análisis visual e interactivo que faciliten la interpretación de resultados y la toma de decisiones.

En este contexto, surge la necesidad de evaluar la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en torno a estas instituciones, utilizando indicadores acústicos estandarizados, es decir, métricas técnicas como el L_{min} (nivel mínimo registrado), el L_{max} (nivel máximo alcanzado) y el L_{eq} (nivel promedio equivalente), que permiten medir y comparar el ruido de manera objetiva. Asimismo, se propone representar los datos mediante dashboards analíticos en Power BI, los cuales son paneles visuales que muestran la información en gráficos interactivos y facilitan la interpretación de los resultados, lo que permitiría comprender la magnitud del problema y proponer medidas de mitigación basadas en evidencia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de las instituciones educativas y de salud en el área urbana de Tacna, y

cómo puede ser representado de manera efectiva mediante indicadores acústicos y dashboards analíticos en Power BI para apoyar su gestión ambiental?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las zonas urbanas de la ciudad de Tacna que presentan una alta afluencia vehicular y en las que se ubican instituciones educativas y de salud?
- b. ¿Cuál es el nivel de ruido ambiental en los alrededores de dichas instituciones, según las mediciones realizadas con instrumentos sonoros y el uso de indicadores acústicos?
- c. ¿En qué medida los niveles de ruido registrados superan o se ajustan a los límites permisibles establecidos por la normativa nacional y los estándares internacionales?
- d. ¿Qué tipo de dashboards interactivos en Power BI pueden elaborarse para representar visualmente los patrones temporales, espaciales y comparativos del ruido ambiental en las zonas evaluadas?

1.3. Justificación e Importancia

La presente investigación se realiza con el propósito de generar información técnica y ambientalmente relevante sobre la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en el entorno urbano de la ciudad de Tacna, particularmente en zonas sensibles como las instituciones educativas y de salud. Este estudio responde a la creciente preocupación por los impactos del ruido ambiental sobre la salud humana, el rendimiento académico y el bienestar de los ciudadanos, especialmente en sectores vulnerables como niños, docentes, pacientes y personal médico.

Desde un punto de vista técnico-científico, la investigación aplica indicadores acústicos normalizados, y los integra con herramientas modernas de visualización como Power BI, permitiendo un análisis dinámico, interactivo y accesible de los datos. Esto aporta una innovación metodológica frente a los estudios tradicionales, facilitando la comprensión de los patrones espaciales y temporales del ruido urbano.

En el aspecto económico y de gestión ambiental, el estudio representa una herramienta para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales, ya que permite identificar zonas de riesgo acústico y priorizar intervenciones orientadas a reducir el impacto del ruido vehicular, como rediseño del tránsito, instalación de barreras acústicas o reubicación de rutas de transporte.

Desde la dimensión social, el estudio pone en evidencia una problemática muchas veces ignorada, pero que afecta directamente la calidad de vida y la salud mental de la población. A través de su enfoque práctico y visual, la investigación promueve la concientización ciudadana y el diseño de políticas públicas más informadas y sostenibles.

En síntesis, la importancia de esta investigación radica en su capacidad de contribuir a una mejor gestión ambiental urbana, mediante el uso de tecnologías accesibles, con potencial de réplica en otras ciudades del país, y con impacto más allá del entorno académico, apuntando hacia soluciones reales para entornos más saludables y sostenibles.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de instituciones educativas y de salud en el área urbana de la ciudad de Tacna, mediante la aplicación de indicadores acústicos normalizados y su representación analítica mediante dashboards interactivos en Power BI, con el fin de aportar información útil para la gestión ambiental urbana.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Identificar y delimitar las zonas urbanas de Tacna con alta afluencia vehicular donde se ubican instituciones educativas y de salud.
- b. Medir los niveles de ruido ambiental en los alrededores de dichas instituciones, mediante el uso de instrumentos de medición sonora y la aplicación de indicadores acústicos.
- c. Comparar los niveles registrados con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional vigente y con el estándar internacional.
- d. Diseñar un dashboard analítico interactivo en Power BI que permitan visualizar los patrones temporales, espaciales y comparativos del ruido ambiental en las zonas evaluadas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Los niveles de contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de instituciones educativas y de salud del área urbana de la ciudad de Tacna superan los límites permisibles establecidos por la normativa nacional vigente, lo cual puede evidenciarse mediante indicadores acústicos normalizados y su análisis visual en dashboards interactivos en Power BI.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Las zonas urbanas de Tacna con mayor afluencia vehicular presentan mayores niveles de contaminación sonora en comparación con zonas de menor tránsito.
- b. Los valores de los indicadores acústicos registrados en los alrededores de las instituciones educativas y de salud exceden los niveles permitidos por la normativa nacional.
- c. La visualización de datos de ruido ambiental mediante dashboards interactivos en Power BI facilita la interpretación de los patrones temporales y espaciales de la contaminación sonora.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Angulo (2025) en su artículo publicado en Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar y titulado “Conciencia ambiental sobre la contaminación auditiva: una revisión de literatura desde el contexto educativo y de ciudad”. Se realizó una revisión de literatura sobre contaminación auditiva en contextos educativos y urbanos, analizando estudios previos, normativas ambientales y estrategias de mitigación. Se utilizaron fuentes académicas y científicas publicadas en los últimos años. En el ámbito educativo, el ruido afecta la concentración y el rendimiento académico, mientras que, en el contexto urbano, el tráfico y la actividad industrial son fuentes principales de contaminación acústica. La falta de aplicación de normativas agrava el problema. Es necesario fortalecer la conciencia ambiental sobre la contaminación auditiva mediante educación y políticas públicas efectivas. La implementación de estrategias de mitigación puede mejorar la calidad de vida en entornos educativos y urbanos.

Flores y Gómez (2024) su investigación titulada “Formulación de plan de mitigación de calidad ambiental del ruido producido por el parque automotor y percepción en instituciones educativas de la ciudad de Tacna”. Su metodología en el diseño de investigación es no experimental, se realizó monitoreo en tres instituciones (exterior e interior), desarrollando mapa de ruido y encuestas en escala de Likert a profesores referente a su percepción en tema de ruido. Los resultados en la I.E. San José Fe y Alegría 71,53 dB y 66,66 dB con respecto a la encuesta 61,11% con percepción negativa, I.E. Modesto Basadre 71,53 dB y 75,17 con respecto a la encuesta un 70%, I.E. Carlos Armando Laura 72,90 dB y 73,17 dB con respecto a la encuesta con el 100% y I.E.P. Paradise 64,53 dB y 65,43 dB 21,43% constatado en la prueba estadística de Wilcoxon. En conclusión, se evidencia un impacto en el ambiente educativo y una insatisfacción por el tema del ruido en la percepción de los docentes.

Alfaro (2024) realizó la tesis “Contaminación acústica por el flujo vehicular y su influencia en los hábitos de estudio en alumnos del quinto año de secundaria de la I.E. coronel Gregorio Albarracín, 2023”. Su Metodología de tipo de estudio es aplicado, nivel correlacional y diseño de investigación no experimental. Se realizó la caracterización de vehículos automotores durante el monitoreo de ruido correspondiente a una zona de protección especial, se realizó según la NTP-ISO 1996-1:2020 y NTP-ISO 1996-2:2021 obteniendo resultados de los monitoreos que oscilaron entre 74,4 dB y 80,0 dB, La percepción de los estudiantes de la contaminación acústica revela que el (66,4%)

percibe el ruido "algunas veces" y respecto al flujo vehicular el 46,9% de los estudiantes lo perciben "algunas veces". El análisis de correlación de Pearson es estadísticamente significativo ($p < 0,001$). En conclusión, los niveles de ruido superan el ECA con un valor máximo de 80 dB afectando el rendimiento y concentración de los alumnos por el flujo vehicular de las inmediaciones al colegio.

Faustos y Rugel (2024) en su investigación titulada "Evaluación de los niveles de presión sonora en una institución educativa en Guayaquil, Ecuador" se centra en analizar el impacto del ruido en el entorno escolar y su influencia en el bienestar y rendimiento académico de estudiantes y personal educativo. Se realizaron mediciones de presión sonora en distintas áreas de una institución educativa en Guayaquil durante las jornadas académicas. Los datos fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para evaluar su impacto en el entorno escolar. Los resultados evidenciaron que varias áreas de la institución presentaron niveles de presión sonora superiores a los límites permitidos, principalmente aquellas ubicadas próximas a fuentes externas de ruido. Esta superación de los valores normativos indica la existencia de un ambiente acústico inadecuado para el desarrollo de actividades educativas y la necesidad de gestionar el riesgo acústico. Es fundamental implementar medidas de mitigación acústica en la institución educativa para reducir el impacto del ruido en estudiantes y docentes. Se recomienda el uso de materiales fonoabsorbentes y la instalación de barreras acústicas en zonas expuestas a ruido externo.

Zapana (2024) en su tesis "Contaminación acústica por ruido vehicular en los centros educativos de la zona céntrica de la ciudad de Puno". Evaluó la contaminación acústica generada por el ruido vehicular en los centros educativos ubicados en la zona céntrica de la ciudad. Para ello, se empleó el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental, llevando a cabo mediciones en ocho centros educativos durante el horario diurno, de lunes a viernes, debido a que las actividades escolares se desarrollan en dicho período. Obteniendo como resultados: los niveles de ruido más elevados se registraron en el centro educativo "Glorioso San Carlos de Puno - Sede Av. El Sol" con 70,82 dB, seguido del centro educativo "Glorioso San Carlos de Puno - Sede Parque Pino" con 70,62 dB, el centro educativo "Adventista Puno" con 69,76 dB y el centro educativo "Claudio Galeno" con 69,34 dB. Estos valores fueron similares entre sí, lo que sugiere que en dichas ubicaciones se presentan niveles de ruido más elevados en comparación con otros centros educativos evaluados, como el centro educativo "Villa de Fátima" (68,48 dB), el centro educativo "Parroquial La Inmaculada" (68,42 dB), el centro educativo "Gran Unidad Escolar San Carlos" (67,84 dB) y el centro educativo "N.º 70005 Corazón de Jesús", que registró el valor más bajo con 64,02 dB. Concluyó que el

promedio de los niveles de ruido vehicular en los centros educativos monitoreados en la ciudad de Puno fue de 68,66 dB, superando los límites máximos permisibles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para ruido según el Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM, lo que indica un incumplimiento de la normativa local y nacional vigente.

Huayllahua (2023) realizó la tesis “Medición de ruido ambiental y grado de percepción en estudiantes dentro de dos instituciones educativas del distrito de Iquitos, 2023”. Su tipo de investigación es no experimental, transeccional y cuenta con una metodología de tamaño de muestra de 160 encuestas a estudiantes de educación secundaria, sus puntos de monitoreo se establecieron en el interior de los colegios y sus frontis, su procesamiento y análisis mediante el software de IBM SPSS STATISTICS. Los resultados en la “Institución Educativa Tupac Amaru” en el interior (aulas) oscilan desde 69,6 (dB) a 72,7 (dB) y para el exterior (frontis) 74,3 (dB) y en la “Institución Remanente de Dios” en el interior (aulas) oscilan desde 78,4 (dB) a 86,7 (dB) y en el exterior (frontis) 92,2 (dB). En conclusión, las I.E. “Tupac Amaru” y “Remanente de Dios” superan el ECA respecto al interior y exterior, la afectación del ruido en los estudiantes se obtuvo que el ruido a veces altera sus actividades académicas (56,2%) y pocas veces siente fatiga por el ruido (34,4%) y disminuye su capacidad de concentración (40,6%).

Parrales y Berrones (2023) en su investigación titulada “Evaluación de los niveles de ruido en los sectores adyacentes de la universidad politécnica salesiana sede guayaquil campus centenario y campus maría auxiliadora provocado por el tráfico vehicular, mediante el uso de instrumentos de medición y comparación con los límites máximos permisibles”. La metodología para los puntos críticos está basada en la Ordenanza Municipal del Uso del Suelo expedida por el Municipio de Guayaquil. Los resultados Bloque A (Campus María Auxiliadora), y los bloques D y C (Campus Centenario) están dentro de los límites máximos permisibles para el uso del suelo, por el contrario, Bloque B (Campus Centenario) es superior con 55 dB. En conclusión, se interpretó mediante la distribución de los niveles de ruido un mapa de ruido ambiental respecto al bloque B para tener un mejor control de los espacios en las actividades realizadas por el alumnado.

Carrillo et al. (2023) en el artículo “Control y evaluación estadística de los niveles de ruido de la contaminación sonora en las unidades educativas Don Bosco y María Auxiliadora Macas – Ecuador”. Se empleó un método no probabilístico por conveniencia, registrando datos georreferenciados mediante un sonómetro tipo uno, lo que permitió determinar el nivel de presión sonora en cada punto seleccionado. Los datos fueron registrados en dos momentos del día y posteriormente tabulados utilizando el software

estadístico Minitab. Como resultados, se identificó que en ambas zonas evaluadas la mayor contaminación sonora se presentó en áreas con alto tráfico vehicular, donde los valores de LAeq superaban los 70 dB. Además, se detectaron puntos críticos dentro de las dos instituciones educativas, con valores de ruido entre 65 y 80 dB, lo que, si bien genera molestias significativas, no representa un riesgo directo para la salud. Asimismo, se elaboraron mapas de ruido en ambas instituciones, señalando los puntos críticos, los cuales representan menos del 10 % del total del área muestreada. Conclusiones, Se establecieron puntos de corte de ruido en la zona de estudio, identificando que en ambos colegios las áreas más afectadas por la contaminación acústica se encontraban cerca de vías con mayor flujo vehicular. Se identificaron puntos críticos en ambas instituciones educativas. Se registraron valores de ruido entre 65 y 80 decibeles, lo que generó un malestar significativo, aunque no representó un riesgo para la salud debido al tiempo de exposición de aproximadamente dos horas. No obstante, este problema podría influir negativamente en el comportamiento y el rendimiento académico de los estudiantes.

Puma (2022) en su tesis titulada “Atenuación de nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura, Tacna, 2022”. El diseño de investigación es de tipo experimental se aplicó un monitoreo de ruido y aislamiento acústico en la elaboración de barreras con material de madera moema, material orgánico e inorgánico como panca de maíz y pedazos de tecnopor en el ambiente de biblioteca escolar. Los resultados de las tres pruebas constaron de una prueba 0 sin barreras acústicas se obtuvo 54,1dB, prueba 1 con barreras acústicas completamente al 100 % panca 42 dB y prueba 2 con barreras acústicas empleando el 50 % panca y 50 % tecnopor se atenuó los niveles a 11dB. En conclusión, las barreras acústicas de panca de maíz y alterno tecnopor demuestran su eficacia en atenuar niveles de presión sonora.

Vizcarra (2022) en su tesis titulada “Percepción de los niveles de ruido generados por los vehículos de carga pesada en la avenida El Sol, distrito Ciudad Nueva, Tacna, 2022”. Se realizaron mediciones de ruido en tres puntos de la avenida El Sol durante horarios diurnos y nocturnos, siguiendo el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Además, se aplicarán encuestas a los residentes para evaluar su percepción sobre el impacto del ruido. Los niveles de ruido en la avenida El Sol superaron los límites permitidos, alcanzando hasta 79,5 dB en horario diurno y 71,8 dB en nocturna. El 60% de los encuestados percibió el ruido de forma leve, mientras que el 32,9% lo demostró negativo. Los niveles de ruido en la avenida El Sol superan los límites permitidos, alcanzando hasta 79,5 dB en horario diurno y 71,8 dB en nocturna. Aunque el 60% de los encuestados percibe el ruido de forma leve, se recomienda implementar

medidas de control y monitoreo continuo. Además, es clave sensibilizar a la población ya los transportistas sobre los efectos del ruido en la salud.

García y Martínez (2021) realizaron la tesis nombrada “Evaluación del ruido ambiental en cuatro instituciones educativas de nivel primario en el área urbana del distrito de Huancavelica”. Su tipo de investigación es básica y nivel de investigación descriptiva. La metodología implicó la recolección de cuatro puntos de monitoreo por cada institución para la obtención de datos en decibeles (dB) de acuerdo a D.S. 085-2023-PCM comparado con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, con la clasificación de zona de Protección Especial 50 (dB), para posterior realizar el test de normalidad el estadístico de ShapiroWilk. Los resultados obtenidos de las instituciones educativas fueron “las azules” con 29,10 (dB), “las verdes” con 31.65 (dB), “Santa Ana” con 43,75 (dB) y “la aplicación” con 41,94 (dB), Finalmente como conclusión las Instituciones Educativas del área urbana del distrito de Huancavelica son menores a 50 (dB) como zona de protección especial.

Condori (2021) elabora la tesis “Evaluación de la contaminación acústica en los centros educativos de la avenida circunvalación oeste en la ciudad de Juliaca, 2019”. Se realizó el monitoreo tres días (mañana y mediodía) en los frentes de los colegios “Pedro Kalbermatter”, “Adam Smith”, “CE N° 70563” y “CE N° 70548” Se realizó encuestas sobre la “Percepción de ruido” y el Test de Toulouse – Piéron a estudiantes del sexto año del nivel primario. Los resultados de los valores monitoreados superan los ECAS para protección especial, según la percepción de Toulouse- Piéron la atención en los estudiantes es “Deficiente y “Dispersa”. En Conclusión, los cuatro monitoreos realizados superan el nivel de ruido en la clasificación de “Zona de Protección Especial” por ende su percepción se relaciona con el nivel de atención de los estudiantes.

Figueroa y Lozano (2021) en su tesis “Efecto del ruido del tráfico vehicular en los procesos de atención visual y memoria auditiva en los escolares de sexto año de nivel primario”. Su método es confirmatorio-deductivo, de tipo experimental y de tipo cuantitativo. Sus resultados en la atención visual de silencio y ruido de 50 dB y 70 dB en los escolares no afectaron el rendimiento de las tareas a pesar del ruido del tráfico vehicular, en cambio el rendimiento de memoria auditiva en silencio y ruido de 50 dB y 70 dB si afectó las actividades que se realizaban. En conclusión, el ruido generado por el tráfico vehicular tiende a afectar de manera considerable el rendimiento de la memoria auditiva, en cambio en el rendimiento de la atención visual no se afectó de manera significativa.

Villalva y Zevallos (2021) en su tesis “Ruido ambiental en dos I.E. de nivel secundario considerando las etapas académica y vacacional en la ciudad de Huancavelica y el distrito de Ascensión”. La recopilación de datos en campo se llevó a cabo mediante la técnica de observación, realizando un diagnóstico situacional para seleccionar los lugares y puntos de muestreo. Se monitorearon dos instituciones educativas de nivel secundario: la I.E. La Victoria de Ayacucho y la I.E. Francisca Diez Canseco de Castilla. En cada institución se registraron mediciones en nueve puntos de monitoreo, sumando un total de 18 puntos. Las mediciones se realizaron tanto en el período académico como en el vacacional, distribuyéndose de la siguiente manera: en la I.E. La Victoria de Ayacucho se tomaron nueve puntos en cada período, con tres monitoreos por punto, y en la I.E. Francisca Diez Canseco de Castilla se aplicó el mismo procedimiento. Los resultados indicaron que los niveles de ruido en la Institución Educativa Francisca Diez Canseco de Castilla alcanzaron 52,10 dB en la etapa académica y 38,53 dB en la etapa vacacional. Por otro lado, en la Institución Educativa La Victoria de Ayacucho, los valores registrados fueron de 64,22 dB durante la etapa académica y 45,10 dB en la etapa vacacional. En conclusión, en la etapa académica el ruido ambiental en la Institución Educativa Francisca Diez Canseco de Castilla proveniente del mes (diciembre) supera levemente en la categoría Zona de protección especial. En la etapa vacacional el ruido ambiental en la Institución Educativa Francisca Diez Canseco de Castilla proveniente del mes (febrero) no supera en la categoría Zona de protección especial.

Chura (2021) en su tesis titulada “Medición de la presión sonora del parque automotor en los centros comerciales del distrito Alto de la Alianza, Tacna”. Se realizaron mediciones de presión sonora en centros comerciales de Alto de la Alianza durante turnos diurnos y nocturnos. Los datos obtenidos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para ruido en zonas comerciales. Los niveles de presión sonora en los centros comerciales de Alto de la Alianza cumplieron con los límites diurnos de 70 dB, pero excedieron los 60 dB permitidos en horario nocturno. Se identificó una correlación entre el ruido y factores ambientales como la velocidad del viento y la humedad. Los niveles de ruido en los centros comerciales de Alto de la Alianza cumplen con los límites permitidos durante el día, pero exceden los 60 dB en horario nocturno. Se recomienda implementar medidas de control para reducir el impacto acústico en la población.

Veliz (2021) con la investigación titulada “Análisis comparativo de la incidencia del ruido por tráfico vehicular en instituciones educativas de la ciudad de Esmeraldas”. Se realizó 8 puntos de monitoreo con 48 tomas de información sonora, durante un

periodo de dos semanas (lunes, miércoles y viernes) se dividió la zona de estudio con una rejilla de distancia fija para proceder a tomar los nodos de las rejillas como un indicador de puntos de la extensión de las áreas. Los resultados de los datos promedios en las dos semanas los cinco puntos ubicados en las inmediaciones de la UEF Sagrado Corazón oscilan entre 67,3-86,8 dB(A). En conclusión, se determina que la mayor incidencia de ruido 86,8 dB en el horario de 08h30 a 11h30 y 88,4 dB en el horario de 15h30 a 18h30 por ende no se cumple los límites permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 A. causadas por las fuentes móviles.

Lozano y Figueroa (2020) en su tesis “Niveles de ruido y percepción de sus efectos en los estudiantes de la Institución Educativa Rafael Olascoaga - Cajamarca, 2019”. Analizo la relación entre los niveles de ruido y sus efectos en los estudiantes de dicha institución. Para ello, se evaluaron los niveles de ruido en el interior de las aulas y en otros ambientes de trabajo dentro de la institución, comparándolos con los valores establecidos en el Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM. Asimismo, se aplicaron encuestas a los estudiantes con el fin de identificar las consecuencias del ruido en su entorno de aprendizaje. El estudio correspondió a una investigación aplicada con un diseño no experimental, longitudinal y causal, en la que se utilizó un enfoque descriptivo-analítico. La población estuvo conformada por los alumnos de la Institución Educativa Rafael Olascoaga, mientras que la muestra incluyó puntos de monitoreo ambiental sonoro donde se registraron niveles de ruido superiores a los límites permisibles, afectando a estudiantes de 4.º y 5.º grado de primaria. Los resultados indicaron que los niveles de ruido en la institución oscilaron entre 58 y 62 decibeles. Además, un alto porcentaje de los encuestados manifestó que la exposición al ruido genera interferencias en la comunicación, incomodidad, estrés y una disminución en el rendimiento académico. Se concluye a partir del análisis de resultados que existe una amplia relación entre los niveles de ruido elevados que fluctúan entre 58 a 62 dB y la percepción de los efectos en la comunicación, molestia, estrés y rendimiento académico de alumnos de la Institución Educativa Rafael Olascoaga. Un 73,68 % de alumnos presenta interferencia en la comunicación oral con maestros, alumnos y/o compañeros de clase; 88,72% de alumnos presenta algún grado de estrés y molestia, y 56% de los alumnos como consecuencia presenta efectos sobre su rendimiento académico.

Olarte (2019) realizó la investigación “Evaluación de la contaminación acústica mediante la elaboración de mapas de ruido en el Colegio Adventista Tupac Amaru, Provincia de San Román – Puno”. Se realizó la identificación de cuatro puntos de monitoreos en tres intervalos de medición diurnos por dos semanas, estas constituían presencia estudiantil en el colegio. Su metodología empleada es de acuerdo al Protocolo

Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental de la Resolución Ministerial N°227-2013-MINAM y el Decreto Supremo N°085-2003-PCM, para realizar el procesamiento de datos del software de Excel y exportarlo al formato SIG del software ArGis 10.5. para la elaboración de los Mapas de Ruido. Los resultados de la medición oscilan desde los 70,5 (dB) a 71 (dB), sobrepasando lo establecido al encontrarse a inmediaciones cercanas el mercado Tupac Amaru originando el incremento de vehículos motorizados. Se concluye que mediante los mapas de ruido se identifica de manera espacial los puntos medidos superando el ECA para ruido afectado por el tránsito vehicular, ambulante y de inmediaciones del mercado Tupac Amaru.

Mamani (2019) en su trabajo de investigación “Determinación de niveles de ruido urbano en zonas aledañas a instituciones educativas en el distrito de Ilo”, se llevaron a cabo mediciones en diez puntos estratégicos durante los meses de febrero, marzo y abril de 2018. La metodología empleada se basó en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2013). Para el análisis de los datos, se aplicaron pruebas estadísticas como t-Student, ANOVA y correlación. Los resultados indicaron que los niveles de ruido diurno en los puntos evaluados oscilaron entre 54,74 dB y 68,55 dB, mientras que en horario nocturno variaron entre 48,60 dB y 63,96 dB. Dichos valores superan los límites establecidos en el Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM para zonas de protección especial y residencial, evidenciando una afectación a la calidad de vida de la población. En conclusión, el análisis realizado en los 10 puntos de evaluación del distrito de Ilo evidenció que los niveles de ruido urbano exceden los Estándares de Calidad Ambiental para ruido (D.S. 085-2003-PCM) en las zonas cercanas a instituciones educativas durante los meses evaluados. Como medida final, se propusieron estrategias para el control y la gestión del ruido urbano.

Vargas (2019) en su investigación titulada “Diagnóstico Ambiental de Ruido en la Zona Comercial e Industrial de la Provincia de Tacna”. Se realizaron mediciones de ruido en 22 puntos de la zona comercial y en diversas áreas industriales de Tacna durante agosto, septiembre y octubre de 2018. Los datos obtenidos fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para ruido. Los niveles de ruido en la zona comercial oscilaron entre 71,2 dB y 75,8 dB, superando los límites permitidos. En la zona industrial, se identificó contaminación acústica, especialmente en áreas con presencia de viviendas. Los niveles de ruido en las zonas comerciales e industriales de Tacna exceden los estándares nacionales, afectando la calidad ambiental. Se recomienda implementar medidas de mitigación y control del ruido para reducir su impacto.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Contaminación Sonora

a. Concepto de contaminación sonora

De acuerdo con el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, lo define “Presencia en el ambiente exterior o en el interior de las edificaciones, de niveles de ruido que generen riesgos a la salud y al bienestar humano” (D.S.Nº 085-2003-PCM, 2003).

Así mismo la Organización Mundial de la Salud considera la contaminación sonora o también conocida como contaminación acústica, es la presencia en el ambiente de niveles de sonido que alteran las condiciones normales del entorno, causando una obstaculación en las actividades humanas o afectando la salud y el bienestar de las personas. Esta forma de contaminación suele ser producida por fuentes como el tráfico vehicular, actividades industriales, construcciones, y eventos recreativos que exceden los límites aceptables de ruido (OMS, 2018).

La contaminación sonora es la alteración del ambiente natural debido a la emisión excesiva de sonidos no deseados, generalmente provocados por actividades humanas como el tráfico, la industria o la construcción, que afectan negativamente tanto al entorno como a la salud de los seres vivos (Odum y Barrett, 2005).

b. Fuentes de contaminación sonora en zonas urbanas

Las fuentes de contaminación sonora en zonas urbanas son aquellos elementos y/o actividades que generan niveles de ruido superiores a los permitidos, afectando el entorno acústico y la calidad de vida de la población. Entre las principales fuentes se encuentran el tráfico vehicular, el transporte público, las obras de construcción, la actividad industrial, los establecimientos comerciales y el ocio nocturno. Estas fuentes tienden a concentrarse en áreas densamente pobladas y con alta actividad económica, donde la regulación y el control del ruido se vuelven fundamentales para mitigar sus efectos negativos sobre la salud pública y el bienestar social (OMS, 2011).

(García, 2020), menciona que; las principales fuentes de contaminación acústica en la actualidad presentes en la sociedad provienen de los vehículos motorizados que producen aproximadamente el 80% del ruido; el 10% a bares, locales públicos, pubs, construcciones, el 5% a la zona comercial y el 5% a talleres industriales en la generalidad de ciudades. El parque automotor genera seguidamente un ruido intenso

siendo esta; el roce de neumáticos, frenos, bocinas, y que a la vez suma el efecto del ruido por el tráfico rodado.

Son considerados causantes que originan el ruido los siguientes:

- Desorden urbanístico, comercios e industrias.
- El constante tráfico.
- Carencia de estructura adecuada en edificios con aislamiento acústico necesario.
-

c. Efectos de la contaminación sonora en la salud humana

La exposición prolongada a altos niveles de contaminación sonora puede generar una variedad de efectos negativos en la salud humana, tanto a nivel físico como psicológico. Entre los impactos más comunes se encuentran la pérdida de audición, trastornos del sueño, aumento del estrés, enfermedades cardiovasculares, dificultades en la concentración, ansiedad y reducción del rendimiento cognitivo. Estos efectos pueden manifestarse incluso en niveles de ruido considerados moderados, especialmente cuando la exposición es continua o nocturna (OMS, 2018).

Los efectos físicos del ruido son efectos negativos en la audición. Estos son examinables en dos partes como temporal suelen ser más frecuentes son la alteración temporal en la disminución transitoria de la sensibilidad y el umbral auditiva, conocida como fatiga auditiva. Por otro lado, los permanentes se manifiestan con la pérdida auditiva en los casos en que la exposición es excesiva y se daña el sistema auditivo (Flores Castro y Castillo, 2012).

Asimismo, los efectos fisiológicos del ruido son cambios que ocurren en el cuerpo humano, se presentan en tensiones musculares, estrés, aumento de la presión arterial, cambios en el ritmo cardíaco y la circulación sanguínea, dilatación de la pupila, aceleración respiratoria, trastornos circulatorios y reflejos repentino. Lo que conlleva en materia psicológica la influencia del ruido es el desorden nervioso, el miedo, la incomodidad, la inquietud, la fatiga y los efectos mentales se ralentizan (Flores Castro y Castillo, 2012).

d. Efectos del ruido en instituciones educativas y de salud

La presencia de niveles elevados de ruido en instituciones educativas y de salud puede afectar significativamente el bienestar, la concentración y el rendimiento de los usuarios. En los entornos educativos, el ruido interfiere con la comprensión del habla, la atención, el aprendizaje y el desarrollo cognitivo, especialmente en niños. En los entornos de

salud, el ruido puede perturbar el descanso de los pacientes, aumentar el estrés del personal médico y dificultar la comunicación clínica, lo que puede impactar negativamente en la recuperación y la calidad de los cuidados prestados (OMS, 2011).

Según estudios previos se puede indicar que la percepción de la afectación en las inmediaciones de los centros educativos afecta en el rendimiento del ruido en los Maestros, es un contaminante que afecta el estado de ánimo e interfiere con las actividades, dolor de cabeza, estrés e irritabilidad, la elevación de la voz conlleva afonías y dolor de garganta, el tráfico vehicular es un problema que genera contaminación del aire y ruido por sus motores y claxon (Alencar y Vergara, 2023).

Así mismo, los Alumnos son afectados en la interferencia en sus actividades, dolor de cabeza y distracción, incrementado de su nivel de irritabilidad y agresividad, Atendiendo medidas disciplinarias en casa y escuela, y con no gritar contribuyo a disminuir la problemática (Hillesheim, Santos, Silva y Oliveira, 2022).

e. Parámetros de medición del ruido (Leq, Lmax, Lmin)

Parámetros de medición del ruido permiten cuantificar y caracterizar los niveles sonoros en un entorno determinado.

Entre los más utilizados se encuentran:

- Lmax (Nivel máximo): Es el nivel más alto de presión sonora registrado durante el periodo de medición. Refleja los picos de ruido que pueden ser molestos o perjudiciales, aunque sean de corta duración.
- Lmin (Nivel mínimo): Es el nivel más bajo de presión sonora registrado en el mismo periodo. Aunque menos crítico, se utiliza para comprender la variabilidad del ruido ambiental.
- Leq (Nivel equivalente de presión sonora): Representa el nivel promedio de ruido continuo que tendría el mismo contenido energético que el ruido real medido durante un periodo determinado. Es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la exposición al ruido ambiental (Mamani y Condori , 2020).

El LAeq determina, mediante el cálculo que se realiza sobre la limitada toma al azar de muestras, en un tiempo T, el nivel de la tensión acústica equivalente ponderado A de un entorno multiplicado por ese periodo, así también, como el intervalo de confianza de ese valor. Este valor, es determinado por la mayoría de instrumentos de medición ya sean de clase 1 o 2. Si en caso el equipo no contara con ello, se empleará la siguiente fórmula (MINAM, 2011).

La ecuación 1, permite calcular el nivel de presión sonora equivalente

$$LA_{eqT} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} \right] \quad (1)$$

Donde:

L=Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra j, medido en función "Slow".

n= Cantidad de mediciones en la muestra i.

Este parámetro es útil, permite la comparación de la exposición del ruido con el daño auditivo. Por ello, este parámetro es aplicado para comparar con el ECA Ruido.

f. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (DS N.º 085-2003-PCM)

El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM, establece los estándares de calidad ambiental aplicables al ruido ambiental en el territorio nacional, en función del tipo de zona (residencial, comercial, industrial y de protección especial) y del horario (diurno y nocturno). Su finalidad es prevenir, controlar y mitigar la contaminación sonora, con el objetivo de proteger la salud de la población y contribuir al bienestar y desarrollo sostenible. Asimismo, constituye un instrumento técnico-normativo de referencia para la gestión ambiental, la planificación urbana y las acciones de fiscalización por parte de las autoridades competentes. (Presidencia del Consejo de Ministros, 2003)

Asimismo, constituye una herramienta clave de la gestión ambiental para la prevención y evaluación de la contaminación sonora, al establecer los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido, los cuales se presentan en la Tabla 1. Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM, 2003.

Tabla 1*Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*

Zona de aplicación	Valores expresados en L_{AeqT}	
	Horario Diurno	Horario Nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Nota. Decreto Supremo N° 085-2003-PCM

g. Umbrales de ruido aceptables según OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece recomendaciones sobre los niveles de ruido aceptables para proteger la salud humana y el bienestar general. Según sus directrices, los niveles de exposición al ruido no deben superar ciertos umbrales para evitar efectos adversos sobre la salud. Por ejemplo, la OMS sugiere que los niveles promedio de ruido en áreas residenciales no deben superar los 55 dB durante el día y los 40 dB por la noche, para prevenir trastornos del sueño y otros problemas relacionados. Los niveles de ruido más altos, especialmente aquellos que superan los 70 dB, están asociados con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y de pérdida auditiva (OMS, 2009).

2.2.2. Tránsito Vehicular

a. Concepto de tránsito vehicular

Se refiere al desplazamiento de vehículos motorizados a lo largo de una red vial en un espacio y tiempo determinados. Este flujo puede ser influenciado por múltiples factores como el diseño urbano, la densidad poblacional, y las actividades económicas. El tránsito no solo representa una dimensión funcional del transporte, sino también un fenómeno urbano complejo con implicancias sociales, ambientales y económicas (Ortúzar y Willumsen, 2011).

b. Clasificación de los vehículos según su impacto acústico

Los vehículos se pueden clasificar en función de la cantidad de ruido que generan al circular por las vías urbanas. Esta clasificación considera aspectos como el tipo de motor, la masa del vehículo, la velocidad a la que se desplaza y las condiciones de

mantenimiento. De manera general, los vehículos se agrupan en dos categorías principales que, por sus características físicas y operativas, presentan distintos niveles de generación de ruido: vehículos livianos (automóviles y camionetas), vehículos pesados (buses, camiones y tráileres).

Los vehículos pesados suelen generar los niveles más altos de presión sonora, debido a la mayor potencia de sus motores, el uso frecuente de frenos neumáticos, el contacto de neumáticos más grandes con la superficie del pavimento y su carga estructural. En cambio, los vehículos livianos, si están en buen estado mecánico, producen un impacto acústico menor, aunque su número elevado en zonas urbanas puede contribuir significativamente al ruido ambiental total (MINAM, 2011).

Además, factores como el uso de motocicletas, que si bien son livianas, generan ruidos puntuales elevados por el tipo de escape y la falta de mantenimiento, también deben considerarse en esta clasificación. Por ello, el análisis acústico urbano debe tomar en cuenta tanto la tipología del vehículo como su frecuencia de circulación, especialmente en zonas sensibles como hospitales y colegios.

c. Relación entre tránsito vehicular y niveles de ruido

Diversos estudios han demostrado que el tránsito vehicular es una de las principales fuentes de contaminación sonora en áreas urbanas. A mayor volumen de tráfico, velocidad o densidad vehicular, se incrementan significativamente los niveles de ruido ambiental, afectando tanto a la salud humana como a la calidad de vida urbana (OMS, 2018).

d. Horarios de mayor flujo vehicular y su impacto en el ruido

Durante las denominadas horas punta (generalmente por la mañana y al finalizar la jornada laboral), los niveles de ruido aumentan considerablemente debido a la alta concentración de vehículos. Este fenómeno es especialmente crítico en zonas sensibles como centros educativos y hospitales (MINAM, 2011).

e. Estudios previos sobre tránsito y contaminación sonora

Investigaciones realizadas en contextos urbanos de América Latina evidencian que la exposición continua al ruido vehicular puede provocar estrés, trastornos del sueño y dificultades de aprendizaje en escolares (Goines y Hagler, 2007).

En Lima Metropolitana, por ejemplo, estudios recientes señalan que las avenidas con mayor congestión presentan niveles de ruido que superan los límites permisibles establecidos por la normativa peruana (Vásquez y Ramírez, 2020).

2.2.3. Gestión Ambiental Urbana

a. Importancia del monitoreo ambiental en ciudades

El monitoreo ambiental es una herramienta clave para el diagnóstico y gestión de los impactos derivados de la urbanización. En entornos urbanos, permite evaluar la calidad del aire, agua, suelo y ruido, con el fin de establecer políticas públicas que garanticen el bienestar de la población (Nijkamp y Perrels, 1994).

b. Evaluación de impactos ambientales en zonas sensibles

Las zonas sensibles, como hospitales y centros educativos, requieren una atención especial en los planes de gestión ambiental urbana. La exposición constante a niveles elevados de ruido puede afectar el rendimiento escolar, la recuperación médica y la salud mental (MINAM, 2011).

c. Indicadores ambientales urbanos relacionados al ruido.

Entre los indicadores más utilizados para evaluar la contaminación sonora se encuentran el nivel equivalente continuo de presión sonora (Leq), los niveles máximos y mínimos (Lmax y Lmin), y el número de eventos sonoros por encima de un umbral específico. Estos indicadores permiten establecer comparaciones temporales y espaciales para la toma de decisiones (European Environment Agency, 2014).

d. Estrategias de mitigación del ruido urbano.

Según, (García y Ortiz , 2017) algunas de las principales estrategias para mitigar el ruido urbano son:

- Uso de pavimentos fonoabsorbentes: Consisten en superficies viales fabricadas con materiales porosos que tienen la capacidad de absorber parte del ruido generado por la fricción de los neumáticos sobre la calzada. Este tipo de pavimento permite disminuir significativamente el ruido de rodadura, especialmente en vías de alto tráfico.

- Restricción de horarios para vehículos pesados: Establecer limitaciones en la circulación de camiones, autobuses o maquinaria pesada durante determinadas horas del día, principalmente en horarios nocturnos o de mayor densidad poblacional, permite reducir los niveles de ruido en zonas residenciales y escolares, donde el impacto acústico puede ser más perjudicial.
- Implementación de zonas de baja emisión sonora: Estas áreas están diseñadas para restringir o limitar el ingreso de vehículos altamente ruidosos, fomentando en su lugar el uso de automóviles eléctricos, bicicletas o transporte público silencioso. El objetivo es crear entornos urbanos más saludables y silenciosos, especialmente en centros históricos, zonas peatonales o espacios verdes.
- Instalación de barreras acústicas naturales o artificiales: Las barreras acústicas pueden adoptar distintas formas, desde muros construidos con materiales absorbentes hasta elementos naturales como árboles, arbustos o franjas de vegetación densa. Estas estructuras se colocan estratégicamente entre las fuentes de ruido (como carreteras o avenidas) y las zonas habitadas, con el fin de atenuar la propagación del sonido hacia el entorno urbano.

2.2.4. Tecnologías para el Monitoreo y Visualización

a. Uso de sensores y equipos para medir el ruido ambiental

La medición del ruido ambiental constituye una herramienta fundamental para la gestión y control de la contaminación acústica en entornos urbanos. Para ello, se utilizan dispositivos especializados que permiten cuantificar, registrar y analizar los niveles de presión sonora emitidos por diversas fuentes, siendo el tránsito vehicular una de las más relevantes.

Entre los instrumentos más empleados se encuentran los sonómetros, equipos portátiles diseñados para medir la intensidad del sonido expresada en decibelios (dB). Estos aparatos permiten realizar mediciones puntuales en ubicaciones específicas, tanto en exteriores como en interiores, y son ampliamente utilizados por autoridades ambientales, investigadores y profesionales de salud pública.

Por otro lado, las estaciones de monitoreo acústico representan una solución más avanzada, ya que están equipadas con sensores permanentes que recopilan información de forma continua, generando bases de datos en tiempo real. Estas estaciones suelen instalarse en puntos estratégicos de la ciudad y pueden integrarse con sistemas de alerta temprana y plataformas de gestión ambiental.

En los últimos años, el avance tecnológico ha permitido la incorporación de sensores inteligentes y dispositivos conectados a redes de internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), lo que ha mejorado notablemente la precisión, eficiencia y cobertura del monitoreo acústico. Estos sensores pueden ser instalados en mobiliario urbano, vehículos o incluso drones, y permiten generar mapas dinámicos de ruido en tiempo real, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia (Kardous y Shaw, 2014).

Además, el uso de estas tecnologías contribuye a evaluar el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes, a identificar zonas críticas con niveles de ruido elevados, y a diseñar políticas públicas más eficaces orientadas a la protección de la salud y el bienestar de la población urbana.

b. Aplicación de herramientas digitales para la gestión ambiental

En el contexto de la gestión ambiental urbana, las herramientas digitales han adquirido un papel fundamental para el análisis, la visualización y la comunicación de datos relacionados con la calidad del entorno. El manejo eficiente de grandes volúmenes de información generada por sensores ambientales, estaciones de monitoreo y plataformas geospaciales requiere sistemas tecnológicos capaces de integrar y representar estos datos de manera comprensible y útil para la toma de decisiones.

Una de las herramientas más destacadas en este ámbito es Power BI, una plataforma desarrollada por Microsoft para el análisis de datos y la creación de visualizaciones interactivas. Esta herramienta permite conectar múltiples fuentes de información —como sensores de ruido, estaciones meteorológicas, sistemas de información geográfica (SIG), bases de datos ambientales y registros históricos— y transformarlas en paneles dinámicos que facilitan el monitoreo en tiempo real y la generación de reportes personalizados.

Gracias a su capacidad de análisis predictivo, Power BI permite identificar tendencias, patrones de comportamiento y zonas críticas de contaminación acústica, lo que contribuye a una mejor planificación de medidas de mitigación. Además, su interfaz intuitiva y sus funciones de automatización posibilitan que tanto autoridades como técnicos ambientales y tomadores de decisiones puedan acceder a información clara, precisa y actualizada, sin necesidad de conocimientos avanzados en programación o estadística.

Asimismo, Power BI puede ser integrado con otros sistemas de gestión territorial, como plataformas de sensores IoT y software de análisis espacial, lo que incrementa su potencial para el seguimiento de indicadores ambientales, la evaluación del cumplimiento de normativas y la generación de políticas públicas sostenibles basadas en evidencia. Su aplicación no solo fortalece la gestión técnica de los datos, sino que también mejora la transparencia y comunicación con la ciudadanía, al facilitar la publicación de informes interactivos accesibles al público.

En suma, el uso de herramientas digitales como Power BI representa un avance significativo en la gestión ambiental moderna, al transformar datos complejos en información estratégica, promoviendo la eficiencia en la toma de decisiones y la sostenibilidad en el desarrollo urbano (Microsoft., s. f.).

c. Introducción a los dashboards analíticos

Los dashboards analíticos son herramientas visuales utilizadas para la recopilación, análisis y presentación de datos en tiempo real, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Estos dashboards integran información de diversas fuentes en un solo panel interactivo, mostrando indicadores clave de rendimiento (KPI) y métricas relevantes de manera clara y concisa. Son utilizados en distintos sectores, incluyendo la gestión empresarial, la salud y la educación, y se diseñan con el propósito de proporcionar a los usuarios una visión completa de los datos de forma intuitiva. Los dashboards analíticos permiten a las organizaciones monitorear el rendimiento, identificar tendencias y patrones, y optimizar procesos mediante la visualización de grandes volúmenes de información en formatos gráficos como gráficos de barras, líneas, mapas y tablas (Few, 2013).

d. Power BI como herramienta para la visualización ambiental

Power BI se utiliza para transformar grandes volúmenes de datos relacionados con el medio ambiente (como datos de calidad del aire, niveles de ruido, emisiones de gases, entre otros) en informes interactivos y visualizaciones intuitivas. A través de sus potentes capacidades de integración de datos y su facilidad de uso, Power BI permite a los profesionales del medio ambiente monitorear, analizar y presentar datos de manera efectiva, lo que facilita la toma de decisiones informadas en tiempo real. Al incorporar gráficos dinámicos, mapas interactivos y paneles de control, Power BI contribuye a una

mejor comprensión de las tendencias ambientales y apoya la implementación de políticas sostenibles (Microsoft, 2021).

e. Beneficios de los dashboards en la toma de decisiones ambientales

Los dashboards, como herramientas de visualización de datos, ofrecen numerosos beneficios en la toma de decisiones ambientales. Estos paneles de control permiten una presentación clara y accesible de grandes volúmenes de datos complejos, facilitando la interpretación rápida de indicadores clave relacionados con la calidad del aire, la gestión de residuos, la contaminación del agua y otros aspectos ambientales. Entre los principales beneficios se incluyen la capacidad de monitorear en tiempo real el estado de los indicadores ambientales, identificar tendencias y patrones de forma intuitiva, y reaccionar de manera más ágil ante situaciones críticas. Además, los dashboards permiten a las autoridades y organizaciones ambientales tomar decisiones basadas en datos, optimizando los recursos y mejorando la eficiencia de las políticas y acciones de conservación y sostenibilidad (Few S. , 2013).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Contaminación Sonora

La contaminación sonora se entiende como una forma de polución ambiental que surge por la presencia de ruidos intensos que afectan la tranquilidad del entorno y generan impactos negativos en la salud de las personas. El tránsito vehicular constituye una de sus fuentes principales en las ciudades modernas. Desde una mirada más amplia, este tipo de contaminación también se reconoce como un fenómeno ambiental derivado de actividades humanas, capaz de alterar la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. (Fernández, 2015)

2.3.2. Ruido Ambiental

El ruido ambiental se concibe como el conjunto de sonidos no deseados presentes en el entorno, que interfieren en el desarrollo de actividades esenciales como el descanso, el trabajo o el aprendizaje (Orozco y Aguirre, 2023).

2.3.3. Tránsito Vehicular

El tránsito vehicular se define como el movimiento de automóviles, buses, motocicletas y otros vehículos que circulan por las vías públicas, constituyendo un factor determinante en la organización urbana (Castillo, 2016).

2.3.4. Leq (Nivel Sonoro Equivalente)

El Leq se entiende como un indicador acústico que permite expresar un nivel promedio de ruido durante un tiempo determinado, representando la misma energía que los sonidos reales variables (García, 2015).

2.3.5. Lmax y Lmin

El Lmax hace referencia al nivel máximo de presión sonora registrado en un periodo específico, mientras que el Lmin corresponde al nivel mínimo alcanzado en ese mismo lapso (Sánchez y Rivera, 2021).

2.3.6. Instituciones Educativas y de Salud como Zonas Sensibles

Se consideran zonas sensibles aquellas áreas que requieren especial protección frente a la contaminación sonora, debido a la presencia de poblaciones vulnerables (MINAM, 2011).

2.3.7. Dashboard (Tablero de Control Analítico)

Un dashboard es una herramienta de visualización que integra indicadores clave dentro de una sola interfaz gráfica, facilitando la comprensión y el análisis de datos (Few S. , 2006).

2.3.8. Power BI

Power BI es una plataforma desarrollada por Microsoft que permite crear reportes y dashboards interactivos, integrando múltiples fuentes de datos (Microsoft., s. f.).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que la investigación no manipula deliberadamente las variables (no se altera el flujo vehicular ni se interviene en la generación del ruido). Lo que se hace es observar y medir tanto el tránsito vehicular como los niveles de contaminación sonora tal como ocurren en su entorno natural (calles adyacentes a instituciones educativas y de salud). Esto encaja con la definición: “[observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos]” (Hernández, s.f.)

3.2. Acciones y actividades

3.2.1. Identificar los niveles de contaminación sonora

a. Acción

Se realizó monitoreos sonoros en campo.

b. Actividades

Las actividades son las siguientes:

- *Identificación de puntos de medición.* Se seleccionó ubicaciones estratégicas en las inmediaciones de instituciones educativas y de salud, priorizando zonas de mayor exposición al tráfico vehicular.
- *Determinación de horarios críticos.* Se estableció franjas horarias representativas (inicio de jornada, recreo, salida), con base en la actividad diaria de las instituciones y el flujo vehicular.
- *Ejecución de mediciones sonoras.* Se utilizará un sonómetro digital calibrado conforme a la norma NTP ISO 1996-1:2016. Las mediciones se realizarán durante 15 a 30 minutos por horario, registrando valores de Leq, Lmax y Lmin. Realizando previa verificación del sonómetro utilizado en las mediciones (anexo 3).
- *Registro de datos.* Los valores se anotarán en una ficha técnica estructurada, con variables como fecha, hora, institución, ubicación GPS, condiciones del

entorno y valores registrados. Las mediciones del sonómetro utilizado fueron registradas en la ficha técnica de monitoreo de ruido (anexo 3).

- *Sistematización de la información.* Los datos serán ingresados a una hoja de cálculo en Excel para su posterior análisis y validación.

3.2.2. Cuantificar el flujo vehicular

a. Acción

Ejecutar conteos vehiculares según horarios definidos

b. Actividades

Las actividades son las siguientes:

- *Ubicación de puntos de conteo.* Se seleccionarán puntos de observación frente a las instituciones donde se realizó el monitoreo sonoro.
- *Definición de categorías vehiculares.* Se agruparán los vehículos en categorías como livianos y pesados.
- *Diseño y validación de ficha de conteo.* Se elaborará una ficha manual o digital para registrar el número de vehículos por tipo y en intervalos de tiempo (cada 5 o 10 minutos).
- *Ejecución del conteo vehicular.* Se realizará durante los mismos horarios del monitoreo sonoro para asegurar consistencia temporal. Los valores estarán en la ficha de flujo vehicular (anexo 3).
- *Sistematización de resultados.* Se ingresarán los datos recolectados en una matriz de Excel que relacione cantidad de vehículos, tipo y horario.

3.2.3. Analizar la relación entre el flujo vehicular y los niveles de contaminación sonora.

a. Acción

Aplicar análisis estadístico correlacional

b. Actividades

Las actividades son las siguientes:

- *Integración de bases de datos.* Se consolidarán los datos de ruido y conteo vehicular en una sola base, clasificando por institución, tipo de vía y horario.

- *Verificación de consistencia de datos.* Se aplicará limpieza de datos, detección de valores atípicos y control de calidad.
- *Selección de prueba estadística.* Se utilizará la correlación de Spearman, adecuada para variables no paramétricas (flujo vehicular y niveles de ruido).
- *Ejecución del análisis estadístico.* Se emplearán herramientas como SPSS, Excel o Power BI para calcular los coeficientes de correlación.
- *Interpretación de resultados.* Se analizará la magnitud y dirección de la relación, identificando zonas o condiciones con mayor impacto.

3.2.4. Visualizar los datos obtenidos mediante dashboards interactivos

a. Acción

Diseñar representaciones gráficas con herramientas digitales

b. Actividades

Las actividades son las siguientes:

- *Estructuración del modelo de datos.* Se prepararán los datos en Excel, estructurados por categoría, horario, zona y tipo de institución.
- *Importación de datos a Power BI.* Se cargará la base estructurada a Power BI Desktop para crear los dashboards.
- *Diseño del dashboard.* Se desarrollarán visualizaciones como:
 1. Gráficos de barras (comparación de niveles sonoros por institución).
 2. Gráficos de líneas (evolución horaria del ruido).
 3. Mapas de calor (ubicaciones con mayor exposición).
 4. Indicadores visuales (semaforización según cumplimiento normativo).
- *Interactividad del tablero.* Se implementarán filtros por tipo de institución, horario, nivel sonoro y tipo de vía.
- *Validación y ajuste.* Se revisará el dashboard con expertos o usuarios objetivos para asegurar claridad y utilidad.

3.3. Materiales e instrumentos

Para la ejecución de la presente investigación se requiere del uso de diversos materiales e instrumentos que permitan la recolección, procesamiento y análisis de los datos relacionados con la contaminación sonora y el tránsito vehicular en instituciones educativas y de salud en la ciudad de Tacna.

- *Sonómetro digital calibrado Clase 1 (anexo 2)*. Medición del nivel de presión sonora ambiental (L_{eq} , L_{max} , L_{min}) en campo, en cumplimiento con la norma NTP ISO 1996-1:2016.
- *Ficha de medición sonora*. Registro sistemático de datos de ruido ambiental, horario, condiciones del entorno y observaciones.
- *Ficha de conteo vehicular*. Registro del número y tipo de vehículos que transitan en horarios específicos. Clasificación: livianos, pesados.
- *Teléfono móvil con GPS o GPS portátil*. Registro de coordenadas geográficas de los puntos de medición.
- *Laptop o computadora personal*. Procesamiento, análisis estadístico y visualización de datos.
- *Software Power BI Desktop*. Desarrollo de dashboards analíticos para la representación visual interactiva de los resultados.
- *Microsoft Excel*. Sistematización, tabulación y análisis inicial de datos cuantitativos.

3.4. Población y muestra de estudio

La población está conformada por las instituciones educativas y de salud ubicadas en el área urbana de la ciudad de Tacna, que se encuentran expuestas a vías con alta circulación vehicular. Estas instituciones representan zonas sensibles frente a la contaminación sonora, de acuerdo con lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la normativa ambiental nacional.

3.4.1. Muestra

El Tipo de muestra es no probabilística, de tipo intencional.

3.4.2. Tamaño de la muestra

Estará compuesta por un total de 4 instituciones:

- 2 instituciones educativas (niveles inicial, primaria y secundaria).
- 2 establecimiento de salud (puesto de salud o centros médicos de primer nivel).

Estas instituciones serán seleccionadas considerando criterios como:

- Proximidad a vías de alto tránsito vehicular.
- Accesibilidad para la toma de mediciones.
- Disposición institucional para participar en el estudio.

- Representatividad de diferentes zonas urbanas de Tacna (centro, zonas intermedias, periferia).

3.4.3. Procedimiento de selección

El proceso de selección de la muestra se realizará en las siguientes etapas:

- Identificación preliminar de instituciones a partir de mapas urbanos, Google Maps, y listas del Ministerio de Educación (MINEDU) y el Ministerio de Salud (MINSa).
- Clasificación por cercanía a vías de alto tránsito, utilizando imágenes satelitales o visitas de reconocimiento.
- Selección final de las 4 instituciones, asegurando un balance entre sectores y niveles de exposición al tránsito vehicular.

3.5. Operacionalización de variables

En la Tabla 2 muestra la operacionalización de variables de investigación. La relación entre las variables y los objetivos de la investigación se detalla en la Matriz de Consistencia (anexo 1).

Tabla 2

Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Variable 1: Contaminación sonora	Es el aumento del nivel de presión sonora provocado por fuentes móviles (vehículos) que exceden los límites permitidos y generan impactos negativos en el bienestar humano y ambiental, especialmente en zonas sensibles como centros educativos y de salud.	- Nivel sonoro	- Leq (nivel equivalente) - Lmax (nivel máximo) - Lmin (nivel mínimo)	Escala de razón (dB)	- Medición in situ con sonómetro - Registro en hojas de cálculo - Comparación con NCA DS N° 085-2003-PCM
		Cumplimiento normativo	- Nivel de ruido vs límite permitido según el tipo de zona	Categoría dicotómica (Cumple / No cumple)	- Análisis normativo - Tablas comparativas
		- Horario de medición	- Hora punta mañana, tarde	Escala ordinal	- Ficha de campo por turnos

Tabla 3 (continuación)

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Variable 2: Tránsito vehicular	Es el flujo de vehículos que circulan por una determinada vía en un periodo de tiempo. Es considerado una de las principales fuentes de ruido ambiental en zonas urbanas, especialmente cuando se presenta de forma intensa y constante.	- Flujo vehicular	- Número de vehículos por minuto	Escala de razón	- Conteo manual o con cámara - Ficha de conteo vehicular
		- Tipo de vehículos	- Livianos - Pesados	Escala nominal	- Observación directa - Clasificación por categorías
		- Tipo de vía	- Avenida principal - Vía secundaria	Escala nominal	- Registro en ficha de observación - Mapeo vial
		- Horario de tránsito	- Hora de mayor circulación (entrada, salida)	Escala ordinal	- Registro por turnos - Observación por bloques horarios

3.6. Procesamiento y análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos en las zonas declaradas en el ECA de protección especial ubicadas en la Av. Arica, Av. Dos de mayo y Av. Manuel A. Odría, en la ciudad de Tacna, se efectuó considerando las actividades presentes en su entorno inmediato y el flujo vehicular registrado durante los periodos de medición. Para cada punto de monitoreo, se recolectaron los niveles de presión sonora en intervalos de diez minutos mediante el sonómetro, registrando los valores obtenidos en la ficha técnica correspondiente. Paralelamente, se llevó a cabo el conteo de vehículos livianos y pesados que transitaron en los mismos lapsos temporales, información que fue consignada en el formato técnico destinado al registro de tráfico vehicular.

Una vez completada la recopilación de datos, estos fueron organizados y sistematizados con el propósito de identificar tendencias, variaciones horarias y posibles relaciones entre la intensidad del tránsito y los niveles de ruido detectados. En esta etapa se emplearon herramientas informáticas de gestión y análisis de información, tales como Microsoft Excel para la tabulación de datos, y Power BI para la representación gráfica y la elaboración de paneles interactivos.

El uso de estas plataformas permitió generar visualizaciones dinámicas que facilitaron la interpretación del comportamiento del ruido ambiental alrededor de instituciones educativas y establecimientos de salud. Esta metodología contribuyó a detectar patrones relevantes y a comprender con mayor precisión la incidencia del transporte vehicular en la contaminación sonora en el área urbana evaluada.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Propuestos en el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en función de los objetivos específicos planteados en la investigación. La presentación de los datos se organiza de manera sistemática, utilizando tablas, gráficos y análisis descriptivos que permiten interpretar el comportamiento del ruido ambiental y su relación con el tránsito vehicular en las instituciones educativas y de salud evaluadas. Cada sección responde directamente a uno de los objetivos, garantizando coherencia metodológica y claridad en la exposición de hallazgos.

4.1. Identificación y delimitación de zonas urbanas con alta afluencia vehicular

4.1.1. Identificación de la zona

En la Tabla 3 se muestra los puntos de monitoreo y en la Figura 1 se muestra el mapa de ubicación y monitoreo elaborado en WGS84–UTM zona 19S (escala 1:10 000), donde se integran la red vial principal y secundaria, la localización de instituciones educativas y de salud.

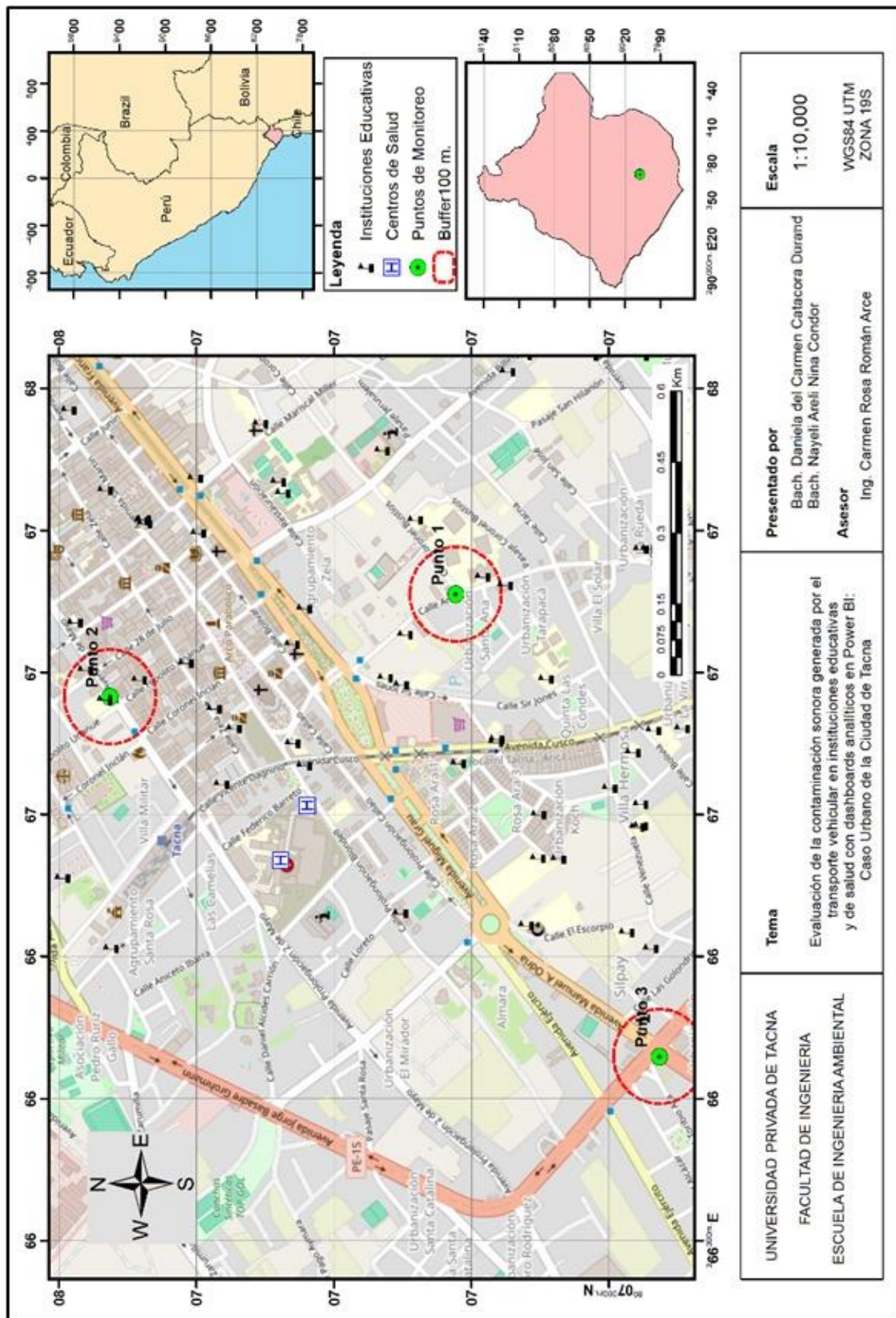
Tabla 4

Puntos de monitoreo

Punto de monitoreo	Coordenada geográfica (Latitud)	Coordenada geográfica (Longitud)	Ubicación	Descripción de la ubicación
Punto 01	-18.018	-70.250	Calle Arica	Entorno urbano con presencia de la Institución Educativa Santa Ana y de un establecimiento de salud (Clínica Isabel), considerados receptores sensibles al ruido.
Punto 02	-18.012	-70.252	Av. 2 de Mayo	Entorno urbano con presencia de la Institución Educativa Mercedes Indacochea, considerada receptor sensible al ruido.
Punto 03	-18.022	-70.259	Av. Manuel A. Odría	Entorno urbano con presencia de un establecimiento de salud (Clínica La Luz), considerado receptor sensible al ruido.

Figura 1

Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo (P1–P3)



La delimitación de áreas con mayor carga vehicular se realizó mediante un análisis espacial secuencial que incluyó:

- Clasificación funcional de vías.
- Generación de buffers de 100 m alrededor de los ejes con mayor flujo
- Conteo vehicular in situ por franjas horarias
- Superposición con la capa de zonas sensibles (centros educativos y de salud).

Los puntos estratégicos de monitoreo se ubicaron sobre los corredores de mayor tránsito y próximos a las fachadas de las instituciones priorizadas, garantizando representatividad de la exposición acústica y accesibilidad para el trabajo de campo.

Este insumo cartográfico sirve de base para las siguientes etapas:

- Medición de LAeq, Lmax, Lmin
- Comparación con los ECA de Ruido
- Construcción del dashboard analítico en Power BI.

4.1.2. Flujo de tránsito vehicular

Se realizaron 40 conteos vehiculares georreferenciados (sistema WGS84) en franjas de 60 minutos por turno (día y tarde) en tres ejes representativos de la red vial urbana: Calle Arica, Av. 2 de mayo y Av. Manuel A. Odría. La medición se ejecutó siguiendo un protocolo uniforme de observación directa y registro por categorías (vehículos livianos y pesados), asegurando consistencia espacial mediante el uso de las mismas coordenadas por punto y control temporal por fecha/turno. La información recoge variaciones reales del flujo asociadas a patrones de movilidad cotidiana, permitiendo comparaciones entre ejes y entre franjas horarias.

En Calle Arica, se obtuvo un promedio de 279 livianos y 1,1 pesados por franja, lo que representa apenas 0,4 % de participación pesada. En la Av. 2 de mayo, el promedio ascendió a 728 livianos y 7,3 pesados (1,0 % de participación pesada). Finalmente, en la Av. Manuel A. Odría, se registraron 820 livianos y 27,1 pesados por franja, con una composición pesada de 3,2 %, la más alta del conjunto. Los rangos máximos corroboran el gradiente de carga: 355 livianos (Arica), 889 (2 de mayo) y 1202 (Odría); en pesados, los picos fueron de 4, 15 y 49 vehículos por franja, respectivamente. Estas cifras evidencian una transición progresiva de intensidad y masa vehicular desde un entorno de menor demanda (Arica) hacia arteriales con mayor capacidad y atracción de flujos (Odría).

Respecto a la diferencia en la cantidad de registros por puntos monitoreados, la Tabla 4 muestra que la Av. 2 de Mayo presenta menos conteos vehiculares en comparación con Calle Arica y Av. Manuel A. Odría. Esto se debe a que Calle Arica y Av. Manuel A. Odría cuentan con dos vías de tránsito diferenciadas, por lo que se ejecutaron dos series de conteos vehiculares independientes por turno (uno por cada sentido o carril operativo). En contraste, la Av. 2 de Mayo posee una configuración vial más simple, por lo que solo se requirió un conteo vehicular al tener solo una vía de tránsito, generando naturalmente menos observaciones totales. Esta diferencia responde a criterios metodológicos de representatividad y no a ausencia de datos, asegurando que cada punto fuese evaluado según su estructura vial real.

En la Tabla 4 muestra el conteo vehicular por turno y fecha en los puntos de monitoreo.

Tabla 5

Conteo vehicular por turno y fecha en puntos de monitoreo

Turno	Código	Fecha de Monitoreo	Punto	Latitud	Longitud	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Día	FV-01	12/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	272	1
Día	FV-02	12/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	249	4
Tarde	FV-03	12/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	313	0
Tarde	FV-04	12/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	299	0
Día	FV-05	13/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	268	1
Día	FV-06	13/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	334	3
Tarde	FV-07	13/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	224	0
Tarde	FV-08	13/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	330	1
Día	FV-09	14/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	242	3
Día	FV-10	14/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	353	0
Tarde	FV-11	14/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	211	1
Tarde	FV-12	14/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	355	1
Día	FV-13	16/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	208	0
Día	FV-14	16/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	287	2
Tarde	FV-15	16/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	209	0
Tarde	FV-16	16/05/2025	Calle Arica	-18.018	-70.250	308	1
Día	FV-17	19/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	619	1
Tarde	FV-18	19/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	670	6
Día	FV-19	20/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	676	12
Tarde	FV-20	20/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	735	5
Día	FV-21	21/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	654	9
Tarde	FV-22	21/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	720	3

Tabla 6 (continuación)

Turno	Código	Fecha de Monitoreo	Punto	Latitud	Longitud	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Día	FV-23	22/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	889	7
Tarde	FV-24	22/05/2025	Av. 2 de mayo	-18.012	-70.252	861	15
Día	FV-25	12/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	1047	47
Día	FV-26	12/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	937	35
Tarde	FV-27	12/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	784	49
Tarde	FV-28	12/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	867	46
Día	FV-29	13/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	969	25
Día	FV-30	13/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	883	19
Tarde	FV-31	13/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	805	11
Tarde	FV-32	13/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	627	45
Día	FV-33	14/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	991	19
Día	FV-34	14/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	1090	15
Tarde	FV-35	14/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	615	9
Tarde	FV-36	14/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	304	14
Día	FV-37	15/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	1065	40
Día	FV-38	15/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	1202	34
Tarde	FV-39	15/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	604	10
Tarde	FV-40	15/08/2025	Av. Manual A. Odría	-18.022	-70.259	327	15

4.1.3. Parámetros Atmosféricos

En las rosas de viento correspondientes a los meses de mayo y agosto (Figura 2 y 3) se observa que la dirección predominante del viento se orienta hacia el sur (S) en ambos periodos, evidenciando un patrón direccional estable durante la temporada analizada. En el mes de mayo, las velocidades del viento se presentan mayormente bajas, con valores comprendidos entre 0,2 y 1,6 m/s, lo que refleja un régimen de viento débil y constante. Por su parte, en agosto se registra un comportamiento similar en cuanto a la dirección predominante, aunque con velocidades ligeramente superiores, alcanzando rangos entre 0,3 y 1,8 m/s, lo que indica una mayor intensidad y variabilidad del viento durante este mes.

El histograma de frecuencias de la velocidad del viento muestra que, en mayo (Figura 4), los valores más frecuentes se concentran entre 0,2 y 0,6 m/s, mientras que en agosto (Figura 5) la mayor concentración se mantiene entre 0,3 y 0,6 m/s, acompañada de un incremento en la frecuencia de velocidades comprendidas entre 0,8 y 1,4 m/s. Este comportamiento evidencia que ambos meses presentan un predominio de velocidades bajas, aunque agosto muestra una distribución más dispersa y la presencia de eventos de mayor velocidad en comparación con mayo.

Los datos utilizados para la elaboración de estos gráficos provienen de los registros meteorológicos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), e incluyen información correspondiente a fecha, temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y velocidad del viento. Toda la información fue organizada en una base de datos y procesada mediante el lenguaje de programación Python, empleando rutinas específicas para la generación de las rosas de viento y los histogramas de distribución de frecuencias.

Figura 2
Rosa de vientos del mes de mayo

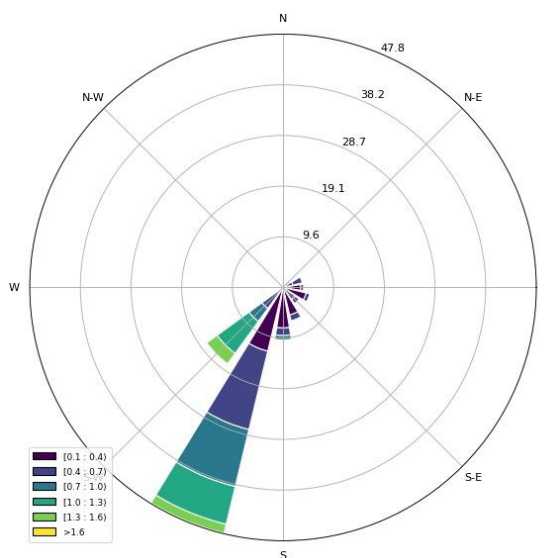


Figura 3
Rosa de vientos del mes de agosto

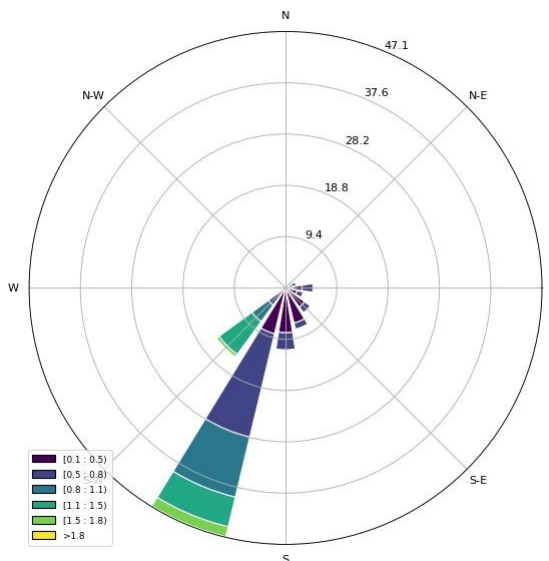
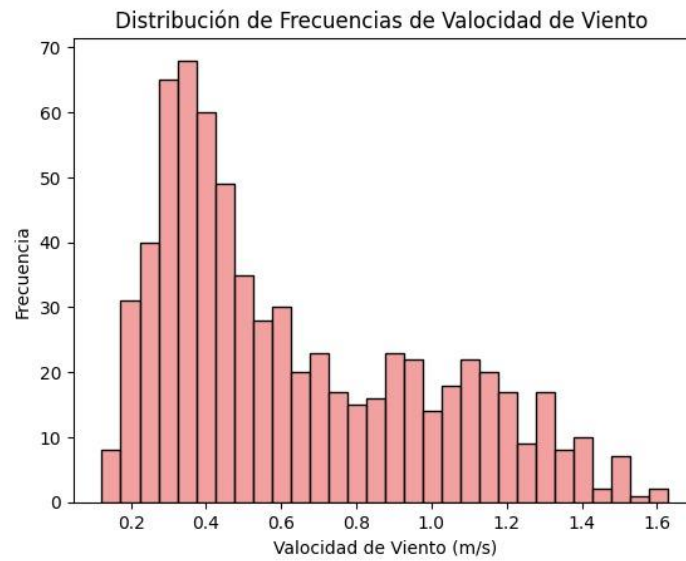
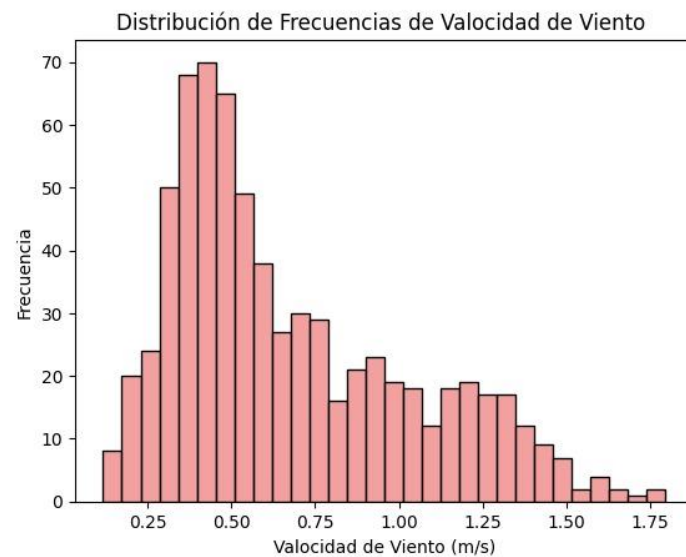


Figura 4*Distribución de Frecuencias de Velocidad de Viento del mes de mayo***Figura 5***Distribución de Frecuencias de Velocidad de Viento del mes de agosto*

4.2. Medición de niveles de ruido ambiental en instituciones seleccionadas

Se realizaron 24 mediciones de ruido ambiental (códigos MR-01 a MR-24), cada una con duración de 60 minutos, distribuidas en dos turnos (día: 08:30–09:30 y tarde: 14:00–15:00), en tres ejes viales del área urbana de Tacna: Calle Arica, Av. 2 de mayo y Av. Manuel A. Odría.

El registro reporta para cada medición los valores MIN (dB), MAX (dB) y LAeq (dB), asegurando trazabilidad mediante código, fecha, punto y turno. El horario consignado como "02:00–03:00" corresponde a 14:00–15:00 (formato 24 h) y se recomienda uniformizarlo en el documento.

El horario vespertino (14:00 - 15:00 pm) fue seleccionado porque, en este intervalo, coinciden actividades educativas en curso, considerando que los puntos seleccionados existen instituciones que operan en diferentes turnos, junto con el funcionamiento habitual de servicios urbanos como en las instituciones de salud. Esta superposición de dinámicas genera una condición representativa del comportamiento acústico de los puntos, ya que combina la presencia activa de población escolar con el tránsito vehicular asociado a la atención de usuarios en los servicios de salud cercanos. De este modo, el monitoreo realizado refleja un escenario realista de exposición al ruido dentro del contexto urbano evaluado.

- *Calle Arica (MR-01 a MR-08)*. Se observaron LAeq entre 69,4 y 71,6 dB, con MAX puntuales hasta ~92,6 dB. La dispersión entre turnos es baja ($\approx 1-2$ dB), lo que sugiere un patrón estable dominado por flujo de vehículos livianos y micro-eventos de aceleración/frenado. Por su carácter de vía colectora próxima a zonas sensibles (colegios/centros de salud), estos niveles implican exposición sostenida por encima del estándar diurno de protección especial. El conteo vehicular realizado en el punto 1 fue documentado fotográficamente (ver anexo 4)
- *Av. 2 de mayo (MR-09 a MR-16)*. Los LAeq se ubicaron típicamente en 69,2–71,5 dB, con MAX entre ~88,8–94,0 dB. La vía presenta mayores picos que Arica (tránsito más intenso y con eventos de alta energía acústica), aunque los promedios equivalentes permanecen en un rango similar, evidenciando una carga continua de tránsito con picos más frecuentes. El conteo vehicular realizado en el punto 2 fue documentado fotográficamente (ver anexo 5)
- *Av. Manuel A. Odría (MR-17 a MR-24)*. Se registraron los LAeq más altos del conjunto ($\approx 72,5-75,2$ dB), con MAX entre ~87,2–95,2 dB. Esta vía arterial concentra mayor volumen y presencia de vehículos pesados, lo que se refleja en LAeq superiores y Lmax más elevados. La diferencia respecto a Arica y 2 de mayo confirma el gradiente acústico asociado a la jerarquía vial y a la composición del flujo. El conteo vehicular realizado en el punto 3 fue documentado fotográficamente.

En la Tabla 5 muestra los monitoreos de niveles de presión sonora por punto y turno

Tabla 7.

Monitoreo de niveles de presión sonora por punto y turno (duración 60 min)

Nº	Código	Fecha de Monitoreo	Punto	Turno	Hora de inicio	Hora final	MIN (dB)	MAX (dB)	LAeq (dB)
1	MR - 01	12/05/2025	Calle Arica	Día	08:30	09:30	44,40	92,60	71,02
2	MR - 02	12/05/2025	Calle Arica	Tarde	02:00	03:00	49,65	89,27	69,40
3	MR - 03	13/05/2025	Calle Arica	Día	08:30	09:30	49,53	92,45	71,63
4	MR - 04	13/05/2025	Calle Arica	Tarde	02:00	03:00	48,17	89,85	69,43
5	MR - 05	14/05/2025	Calle Arica	Día	08:30	09:30	49,34	91,40	70,96
6	MR - 06	14/05/2025	Calle Arica	Tarde	02:00	03:00	47,87	86,15	69,60
7	MR - 07	16/05/2025	Calle Arica	Día	08:30	09:30	62,07	83,03	70,80
8	MR - 08	16/05/2025	Calle Arica	Tarde	02:00	03:00	49,65	89,12	69,62
9	MR - 09	19/05/2025	Av. 2 de mayo	Día	08:30	09:30	52,72	87,83	69,22
10	MR - 10	19/05/2025	Av. 2 de mayo	Tarde	02:00	03:00	54,05	87,85	69,65
11	MR - 11	20/05/2025	Av. 2 de mayo	Día	08:30	09:30	54,88	92,42	71,35
12	MR - 12	20/05/2025	Av. 2 de mayo	Tarde	02:00	03:00	53,85	92,61	70,30
13	MR - 13	21/05/2025	Av. 2 de mayo	Día	08:30	09:30	53,88	91,52	70,60
14	MR - 14	21/05/2025	Av. 2 de mayo	Tarde	02:00	03:00	53,17	90,03	69,92
15	MR - 15	22/05/2025	Av. 2 de mayo	Día	08:30	09:30	54,33	88,78	70,55
16	MR - 16	22/05/2025	Av. 2 de mayo	Tarde	02:00	03:00	56,18	94,00	71,53
17	MR - 17	12/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Día	08:30	09:30	58,03	92,13	73,72
18	MR - 18	12/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Tarde	02:00	03:00	56,35	90,97	73,58
19	MR - 19	13/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Día	08:30	09:30	58,15	87,17	72,50
20	MR - 20	13/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Tarde	02:00	03:00	57,70	89,07	73,77
21	MR - 21	13/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Día	08:30	09:30	58,73	88,95	73,07
22	MR - 22	14/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Tarde	02:00	03:00	57,65	88,62	73,45
23	MR - 23	15/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Día	08:30	09:30	59,37	91,50	74,37
24	MR - 24	15/08/2025	Av. Manuel A. Odría	Tarde	02:00	03:00	52,53	95,18	75,22

4.3. Comparación con estándares normativos nacional e internacional

Se analizó el cumplimiento de los niveles registrados frente a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido del Perú (D.S. N.º 085-2003-PCM), y se compara con valores de referencia de la OMS. Se indican los puntos que superan los límites permisibles, detallando los niveles por franja horaria y tipo de zona.

Contraste normativo (ECA-Ruido, zona de protección especial – ZPE). Para actividades diurnas en ZPE (colegios/hospitales) el ECA es 50 dB. Todos los LAeq reportados (≈ 69 – 75 dB) superan el estándar diurno entre ~ 19 y 25 dB, evidenciando incumplimiento sistemático en los tres ejes, con mayor severidad en Av. Manuel A. Odría. Estos hallazgos respaldan la necesidad de medidas de gestión (control de velocidades, optimización semafórica, ordenamiento de paraderos y restricciones de pesados en horarios sensibles).

El LAeq global permite integrar en un solo valor las variaciones sonoras registradas tanto en el horario diurno (08:30–09:30) como en el vespertino (14:00–

15:00), proporcionando un indicador único del nivel de exposición acústica del área. Además, este promedio permite comparar de manera más objetiva el nivel sonoro global con el ECA para ruido, se confirma una excedencia significativa, lo que evidencia que el entorno monitoreado presenta niveles de ruido persistentemente superiores al estándar permitido.

En la Tabla 6 muestra la comparación con estándares normativos nacional e internacional:

Tabla 8

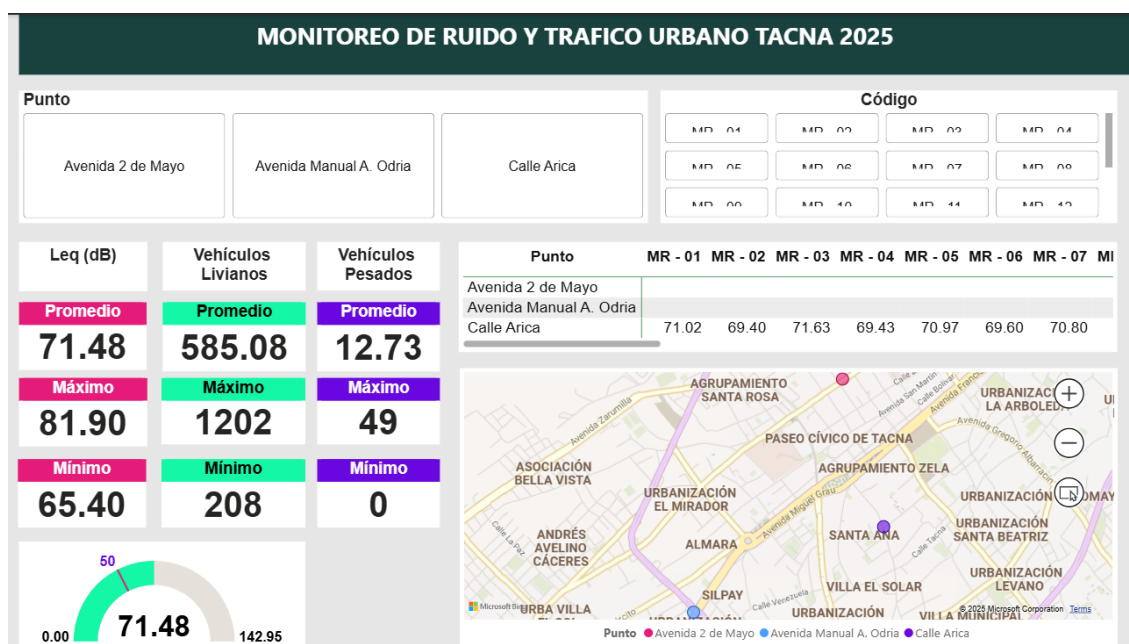
Comparación con estándares normativos nacional e internacional

Parámetro	Punto 1: Calle Arica	Punto 2: Av. 2 de mayo	Punto 3: Av. Manuel A. Odría
L _{Aeq} promedio global (dB)	70,31	70,9	73,71
L _{Aeq} – Día (dB)	71,10	70,43	73,42
L _{Aeq} – Tarde (dB)	69,51	70,35	74,01
Rango L _{Aeq} (dB)	69,40 – 71,63	69,22 – 71,53	72,50 – 75,22
Excedencia promedio sobre ECA 50 dB (dB)	+20,31	+20,39	+23,71
Excedencia promedio sobre OMS 55 dB (dB)	+15,31	+15,39	+18,71
Porcentaje de excedencia del ECA y OMS	100 %	100 %	100 %

4.4. Diseño del dashboard analítico en Power BI

Se presenta el dashboard desarrollado en Power BI, incluyendo visualizaciones clave como: gráficos de tendencia horaria, comparación por punto, mapas georreferenciados y relación entre ruido y tránsito. Este dashboard constituye una herramienta interactiva para la interpretación y toma de decisiones en gestión ambiental urbana (figura 6).

Figura 6
Dashboard Principal



4.4.1. Dashboard de Monitoreo de Ruido

El dashboard de monitoreo de ruido presenta de manera integral los resultados acústicos obtenidos en los tres principales ejes urbanos evaluados: Av. Manuel A. Odría, Av. 2 de mayo y Calle Arica, zonas donde se concentran instituciones educativas y de salud clasificadas como Zonas de Protección Especial (ZPE) según el *D.S. N.º 085-2003-PCM*. Este tablero constituye una herramienta visual interactiva que permite analizar, comparar y evaluar el cumplimiento normativo de los niveles sonoros (LAeq), además de mostrar métricas clave de desempeño ambiental.

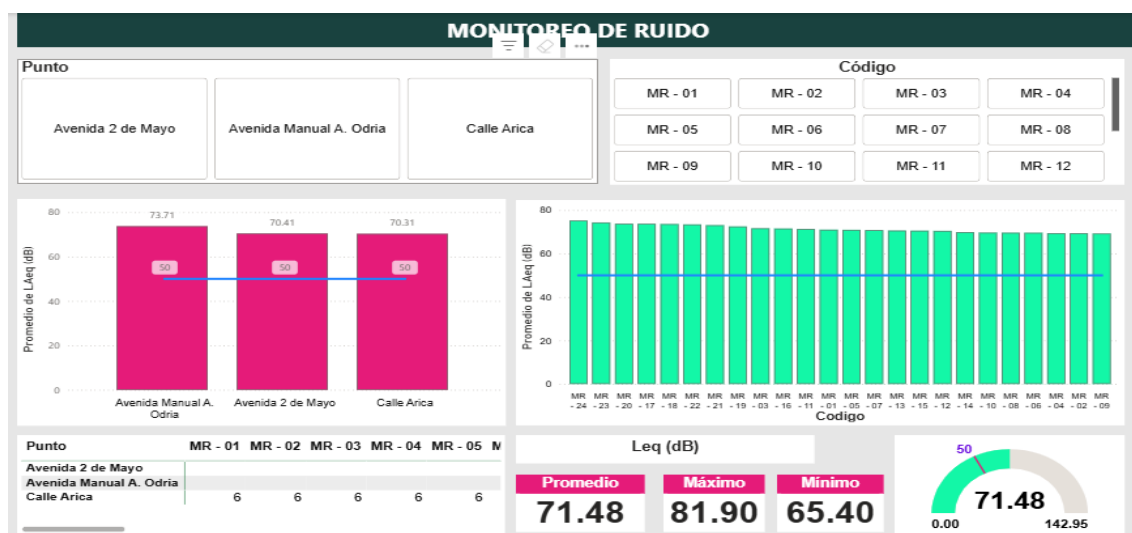
El panel está estructurado con filtros dinámicos que facilitan la visualización de los valores promedio de LAeq por punto y código de monitoreo, permitiendo un análisis detallado de cada sector evaluado. Incluye indicadores de tendencia y cumplimiento, gráficos comparativos y tarjetas de resumen que muestran los valores promedio, máximo y mínimo de ruido registrados.

El gráfico de barras por punto permite identificar rápidamente las diferencias de magnitud entre las avenidas monitoreadas, incorporando la línea de referencia normativa (50 dB) que señala el límite permitido por el ECA-Ruido. Por su parte, el gráfico por código de monitoreo evidencia la consistencia y estabilidad de los datos, sin valores atípicos, lo que respalda la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Finalmente, el uso de una paleta cromática diferenciada (magenta para niveles de ruido, celeste para códigos y verde para cumplimiento) y la jerarquía visual de los indicadores KPI otorgan claridad y rapidez en la interpretación de resultados, facilitando el diagnóstico ambiental acústico urbano y la toma de decisiones para la gestión del ruido en zonas sensibles (figura 7).

Figura 7

Dashboard de Monitoreo de Ruido



4.4.2. Dashboard de Monitoreo de Flujo Vehicular

El dashboard de monitoreo de tráfico vehicular complementa el análisis acústico al mostrar la intensidad y composición del flujo vehicular registrado en los tres corredores urbanos evaluados: Av. Manuel A. Odría, Av. 2 de mayo y Calle Arica. Este panel permite identificar la correlación entre la densidad del tránsito y los niveles de ruido ambiental, aportando evidencia visual para el diagnóstico de contaminación sonora urbana.

El tablero se organiza mediante filtros interactivos que facilitan la selección de puntos y códigos de monitoreo. En su estructura se incluyen dos gráficos principales:

El promedio de vehículos livianos por código, donde se observa una tendencia descendente entre los tramos con mayor afluencia (por encima de 1,000 vehículos/hora) y los de menor tránsito.

La suma de vehículos pesados por código, que resalta los sectores con mayor presencia de camiones y buses, principales contribuyentes al incremento del ruido.

En la parte inferior se muestran tarjetas de indicadores (KPI, por sus siglas en inglés Key Performance Indicator) que resumen los valores globales del monitoreo:

- Vehículos livianos: promedio 585, máximo 1,202 y mínimo 208.
- Vehículos pesados: promedio 12, máximo 49 y mínimo 0.

Estos resultados confirman una predominancia del tránsito liviano (96.6 %), aunque la participación de vehículos pesados, aunque reducida, genera impactos acústicos significativos debido a su potencia y masa.

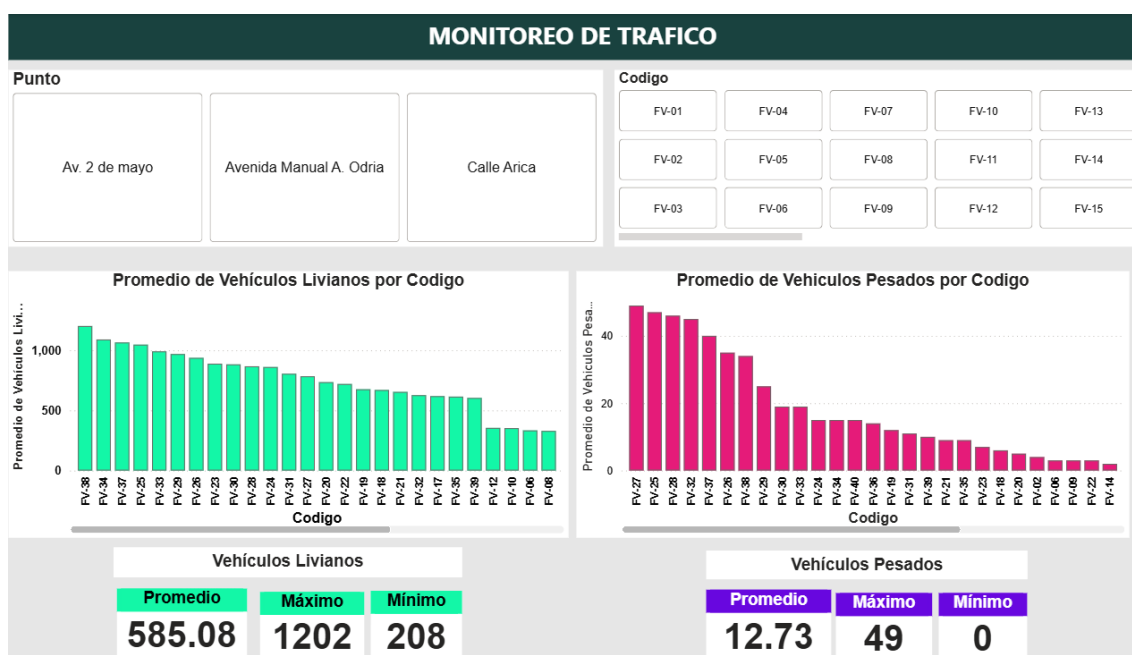
La Av. Manuel A. Odría registra los valores más altos tanto en tránsito total como en presencia de pesados, mientras que la Calle Arica muestra menor flujo, consistente con su carácter residencial.

El diseño visual del dashboard utiliza colores contrastantes (verde para livianos y magenta para pesados) que permiten distinguir claramente las categorías vehiculares, y la disposición ordenada de los gráficos facilita el análisis comparativo entre puntos y fechas de monitoreo.

En conjunto, este dashboard ofrece una representación clara, precisa y dinámica del comportamiento del tránsito urbano en Tacna, aportando datos esenciales para la evaluación de la contaminación acústica derivada del transporte vehicular y para la planificación de estrategias de mitigación vial y ambiental (figura 8).

Figura 8

Dashboard de Monitoreo de Flujo Vehicular



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Discusión en relación con los objetivos

5.1.1. Objetivo 1

Vizcarra (2022) demuestra que el tránsito vehicular, especialmente el de carga pesada, genera niveles de ruido que superan los límites permitidos en zonas urbanas de Tacna. Sus resultados coinciden con los hallazgos de este estudio, donde las mediciones en los alrededores de instituciones educativas y de salud también evidencian excedencias constantes respecto a la normativa. No obstante, mientras Vizcarra enfoca su análisis en un corredor específico (Av. El Sol) y describe los niveles medidos según el Protocolo Nacional, la presente investigación amplía el alcance al integrar varios receptores sensibles y representar los indicadores acústicos mediante dashboards interactivos en Power BI. Esta diferencia metodológica permite una lectura más detallada de los patrones horarios y de la relación directa con el flujo vehicular, fortaleciendo así el cumplimiento del objetivo general orientado a aportar información útil para la gestión ambiental urbana.

5.1.2. Objetivo 2

Zapana (2024) igual que nuestro estudio, parte de la proximidad a vías con alto flujo como criterio de selección y usa el Protocolo Nacional para garantizar comparabilidad. La zonificación céntrica de Zapana y nuestros buffers sobre red arterial llevan a priorizar corredores con probabilidad alta de excedencias. Zapana trabaja múltiples escuelas en malla céntrica Arica, 2 de mayo, Odría, donde además vinculamos la elección con instituciones de salud y educativas. Su enfoque es más cobertura de área; el nuestro, corredor–receptor sensible con jerarquía vial.

Parrales y Berrones (2023), delimitan con base en uso de suelo y adyacencia a vías; nuestro uso de buffers + clasificación funcional de la vía es análogo a su lectura normativa local. En ambos casos, la selección espacial identifica bloques/puntos más expuestos cerca de arteriales. Ellos contrastan bloques de campus bajo norma municipal específica y muestran un bloque excedente (B), destacando la heterogeneidad intra-campus. Nuestro criterio prioriza corredores urbanos y receptores sensibles externos (colegios/hospitales), agregando la dimensión salud al recorte espacial.

Carrillo et al. (2023), el georreferenciamiento y la selección por adyacencia a alto tráfico son comunes. Igual que nosotros, su diagnóstico espacial identifica áreas críticas próximas a vías de mayor flujo donde LAeq supera 70 dB. Ellos incorporan un enfoque intra-institución (zonas críticas dentro del predio) y compara dos planteles; nuestro recorte delimita tramos viales y su zona de influencia (buffers) para luego cruzarlos con centros de salud y educativos. Es decir, nuestro énfasis está en el corredor urbano más que en la microzonificación intramuros.

5.1.3. Objetivo 3

Alfaro (2024) emplea protocolo ISO (NTP-ISO 1996-1/2) y halla 74–80 dB en ZPE, con correlación significativa entre flujo vehicular y niveles de ruido. Coincide con nuestros LAeq (≈ 69 –75 dB) y con el gradiente mayor en vías arteriales (Odría). A diferencia nuestra, Alfaro enfatiza el vínculo estadístico (Pearson) entre flujo–ruido; nosotros aportamos además conteo vehicular sincronizado por franja y viento bajo control, reforzando la validez interna del patrón tránsito→ruido.

Zapana (2024) reporta promedios ≈ 68 –71 dB en colegios céntricos (diurno), similares a nuestros valores en Arica y 2 de mayo. Igual que nosotros, usa el Protocolo Nacional y medición exterior. Su cobertura de múltiples I.E. amplía la validez externa; nuestro foco de tres corredores permite un análisis detallado por eje con conteos y horarios.

Carrillo et al. (2023) encuentran LAeq >70 dB sobre tramos con alto tráfico y detectan puntos críticos intramuros. Coincide con nuestro hallazgo de picos Lmax altos en proximidad a vías. Diferente a su enfoque intra-campus, nosotros medimos en borde vial (receptor externo) y añadimos comparabilidad temporal (día/tarde) uniforme de 60 min.

Faustos y Rugel (2024) miden durante la jornada escolar y encuentran superaciones en áreas próximas a fuentes externas. Coincide con nuestros resultados y con el rol del tránsito como fuente dominante. Ellos recomiendan mitigaciones pasivas; nosotros añadimos la priorización por jerarquía vial para diseño de medidas.

5.1.4. Objetivo 4

Angulo (2025) revisión que subraya la brecha normativa–realidad en contextos educativos/urbanos y la necesidad de conciencia y políticas. Coincide con nuestras excedencias sistemáticas (ZPE 50 dB) y apoya la interpretación de riesgo

educativo/sanitario. Aporta el marco de educación ambiental como complemento a medidas técnicas alineado con nuestras recomendaciones de sensibilización.

Flores y Gomes (2024) formulan plan de mitigación para ruido por parque automotor y mapean niveles; evidencian percepción negativa (60–100% según I.E.) y usan Wilcoxon. Coinciden con nuestros incumplimientos ECA y con que la comunidad percibe el problema. A diferencia de ellos, nosotros comparamos explícitamente con OMS (referencial) y priorizamos corredores por composición pesada.

5.1.5. Objetivo 5

Olarte (2019) genera mapas de ruido (SIG) para evidenciar espacialmente superaciones cercanas a mercado con alto flujo. Coincide con nuestro uso de SIG + tablero para comunicar hotspots y respaldar decisiones. Nuestro aporte es sumar series temporales (día/tarde), KPIs y filtros (punto, fecha, franja, tipo de vehículo, uso ECA).

Carrillo et al. (2023) elaboran mapas/estadística (Minitab) e identifican puntos críticos. Converge con nuestro ranking de puntos y burbujas (LAeq vs total vehicular). Diferente a su tratamiento estático, nuestro tablero habilita interactividad, comparativos y trazabilidad de campo (metadatos).

Flores y Gomes (2024) integran diagnóstico y propuesta de mitigación; el valor del tablero en nuestro caso es operacionalizar el seguimiento antes–después de medidas (semáforos, flota pesada, paraderos) y comunicar resultados a actores municipales y comunidad.

CONCLUSIONES

La evaluación realizada permitió caracterizar de manera integral los niveles de ruido asociados al tránsito vehicular en los entornos de las instituciones seleccionadas. Los indicadores acústicos evidenciaron que los niveles de presión sonora superan de forma constante los límites permitidos para zonas especiales (50db), lo que confirma que el transporte constituye la principal fuente de perturbación acústica en estos puntos seleccionados. La representación de los resultados mediante dashboards en Power BI facilitó la generación de información útil para la toma de decisiones en materia de gestión ambiental urbana.

Se identificaron tres zonas urbanas principales: Avenida Manuel A. Odría, Avenida 2 de mayo y Calle Arica, los cuales concentran una alta densidad vehicular y la presencia de instituciones educativas y centros de salud, por lo que fueron delimitados como zonas de protección especial (ZPE). El análisis espacial mediante el uso de buffers de influencia de 100 m permitió determinar las áreas más expuestas al ruido vehicular, priorizando las vías arteriales para futuros planes de mitigación ambiental.

Los resultados obtenidos evidencian que los niveles de presión sonora equivalente (LAeq) registrados en todos los puntos de monitoreo superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para ruido, establecido en 50 dB para zonas de protección especial. Los valores oscilaron entre 65,4 y 81,9 dB, con un promedio general de 71,48 dB, lo que demuestra la presencia de contaminación acústica persistente derivada principalmente del tránsito vehicular.

La comparación con el D.S. N.º 085-2003-PCM y con los límites de la OMS (55 dB diurno) confirma un incumplimiento sistemático en las tres zonas urbanas evaluadas. Las excedencias promedio se situaron entre +19 y +25 dB, siendo más críticas en Av. Manuel A. Odría, debido al mayor flujo vehicular y presencia de transporte pesado. Estos resultados coinciden con investigaciones similares realizadas en Puno (Zapana, 2024) y Tacna (Flores y Gomes, 2024), que reportan superaciones continuas del ECA en entornos educativos urbanos.

El dashboard desarrollado en Power BI permitió integrar la información acústica y vehicular mediante visualizaciones interactivas, facilitando la interpretación de los datos y la evaluación del cumplimiento normativo. La herramienta posibilitó identificar patrones

temporales (día/tarde) y espaciales (por avenida y punto de monitoreo), y realizar comparaciones entre los distintos puntos evaluados, consolidándose como un instrumento eficaz de gestión ambiental que mejora la toma de decisiones para la planificación urbana sostenible

RECOMENDACIONES

Es necesario regular la circulación de vehículos pesados (buses, camiones y tráileres) durante horarios de alta sensibilidad acústica —como los periodos escolares y en instituciones de salud. Aunque su presencia en el flujo vehicular es menor en comparación con los vehículos livianos, su aporte al ruido ambiental es considerable debido a la elevada potencia sonora de sus motores y a los eventos propios de frenado, cambios de marcha y aceleración. Asimismo, se sugiere implementar controles de velocidad, optimización semafórica y zonas de tránsito calmado (*traffic calming*) para disminuir la generación de ruido por frenado, aceleración y claxon.

Se recomienda establecer un programa de monitoreo permanente del ruido urbano en coordinación con la Municipalidad Provincial de Tacna y el Gobierno Regional de Tacna (Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental). La instalación de sensores acústicos automatizados y su vinculación con plataformas de análisis como Power BI o ArcGIS Dashboard permitirá generar alertas tempranas y reportes en tiempo real.

Es fundamental promover campañas de sensibilización sobre los efectos del ruido en la salud y el rendimiento académico, dirigidas a estudiantes, docentes, transportistas y a la comunidad en general. Estas actividades deben realizarse en coordinación con las instituciones educativas y salud, de manera que se integren en sus programas formativos y preventivos. En el caso de las instituciones educativas, se sugiere incorporar sesiones informativas y dinámicas que refuercen el respeto por el entorno acústico. En las instituciones de salud, se recomienda desarrollar acciones de orientación a usuarios y personal, resaltando la importancia de mantener condiciones de tranquilidad para la recuperación de los pacientes. Con ello se fortalece una cultura de prevención y convivencia sonora responsable.

El uso del dashboard analítico en Power BI debe institucionalizarse como herramienta de soporte para la toma de decisiones en la gestión del ruido y del tránsito urbano. Este sistema puede integrarse al observatorio ambiental municipal, permitiendo visualizar tendencias, evaluar impactos y priorizar intervenciones en zonas de alta exposición sonora.

Finalmente, se recomienda incorporar los resultados de este estudio en el Plan de Desarrollo Urbano de Tacna, destinando zonas de amortiguamiento acústico alrededor de centros educativos y de salud, y promoviendo el uso de modos de transporte menos ruidosos (eléctricos, bicicletas y transporte público eficiente).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Peruana de Noticias Andina. (2016). Obtenido de <https://andina.pe>
- Alencar, B., & Vergara, E. (2023). *Estudo experimental do efeito do ruído de*. ARTIGOS.
- Alfaro Maquera, M. S. (2024). *Contaminación acústica por el flujo vehicular y su influencia en los hábitos de estudio en alumnos del quinto año de secundaria de la I.E. Coronel Gregorio Albarracín, 2023*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Angulo, Y. R. (2025). Conciencia ambiental sobre la contaminación auditiva: Una revisión de literatura desde el contexto educativo y de ciudad. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 518–551.
- Cáceres Contreras, H. J. (2019). *Efectos en la salud producidos por la contaminación sonora de origen vehicular en la ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Toalombo Vargas, V. M., Estrada Brito, N. A., & Chacón Chacón, P. M. (2023). Control y evaluación estadística de los niveles de ruido de la contaminación sonora en las unidades educativas Don Bosco y María Auxiliadora Macas–Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 1429–1453.
- Castillo, A. (2016). *Movilidad urbana y tránsito vehicular en ciudades intermedias*. Fondo Editorial de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Chura, J. S. (2021). *Medición de la presión sonora del parque automotor en los centros comerciales del distrito Alto de la Alianza, Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Condori, R. (2021). *Evaluación de la contaminación acústica en los centros educativos de la avenida circunvalación oeste en la ciudad de Juliaca, 2019*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
- D.S.Nº 085-2003-PCM, D. S. (2003). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.
- D.S.Nº 085-2003-PCM, D. S. (2003). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*.
- D.S.Nº 085-2003-PCM, D. S. (2003). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*.
- European Environment Agency. (2014). *Noise in Europe 2014*.
- Faustos, K., & Rugel, E. (2024). *Evaluación de los niveles de presión sonora en una institución educativa en Guayaquil, Ecuador*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.

- Fernández, J. (2015). *Impacto del ruido urbano en la salud pública*. Editorial Universitaria.
- Few, S. (2006). *Information dashboard design: The effective visual communication of data*. O'Reilly Media.
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: Displaying data for at-a-glance monitoring (2nd ed.)*. Analytics Press.
- Few, S. (2013). *Information dashboard design: The effective visual communication of data*. O'Reilly Media.
- Figuroa, F., & Lozano, E. (2021). *Efecto del ruido del tráfico vehicular en los procesos de atención visual y memoria auditiva en los escolares de sexto año de nivel primario*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Flores Castro , E., & Castillo, M. (2012). *La contaminación acústica*. Panamá: Producciones Científicas S.A.
- Flores Ramos, J. L., & Gómez Pantigoso, A. (2024). *Formulación de plan de mitigación de calidad ambiental del ruido producido por el parque automotor y percepción en instituciones educativas de la ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- García, A., & Martínez, B. (2021). *Evaluación del ruido ambiental en cuatro instituciones educativas de nivel primario en el área urbana del distrito de Huancavelica*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- García, J., & Ortiz , M. (2017). *Estrategias para la mitigación del ruido urbano y su impacto en la calidad de vida*. *Revista de Ingeniería Ambiental*.
- García, M. (2015). *Fundamentos de acústica ambiental*. Académica Española.
- García, R. (2020). *Influencia de la contaminación acústica en la calidad de vida urbana*. Universidad Alas Peruanas.
- Goines, L., & Hagler, L. (2007). *Noise Pollution: A Modern Plague*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & B. (s.f.). *Metodología de la investigación (5.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Hillesheim, D., Santos , R., Silva , M., & Oliveira. (2022). *Impacto del ruido ambiental en el comportamiento y rendimiento escolar de los estudiantes*. *Revista de Salud Ambiental*.
- Huayllahua, L. D. (2023). *Medición de ruido ambiental y grado de percepción en estudiantes dentro de dos instituciones educativas del distrito de Iquitos, 2023*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2014). *Evaluation of smartphone sound measurement applications*. *Journal of the Acoustical Society of America*.

- Lozano Becerra, E., & Figueroa Llaxa, F. (2020). *Niveles de ruido y percepción de sus efectos en los estudiantes de la Institución Educativa Rafael Olascoaga – Cajamarca, 2019*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Mamani Flores, M. I. (2019). *Determinación de niveles de ruido urbano en zonas aledañas a instituciones educativas en el distrito de Ilo. Ilo*: Universidad Nacional de Moquegua.
- Mamani, S., & Condori, V. (2020). *Ruido vehicular y aplicación de normativa ambiental en Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Microsoft. (2021). *Connect to the Emissions Impact Dashboard for Microsoft 365*. Obtenido de <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/connect-data/service-connect-emissions-impact-dashboard-microsoft-365>
- Microsoft. (s. f.). *Sustainability Overview (Power BI Report)*. Microsoft Learn. Obtenido de <https://powerbi.microsoft.com>
- MINAM. (2011). *Guía de gestión del ruido en el Perú*.
- MINAM. (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental*. Lima, Perú.
- MINAM. (2011). *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental*. Lima, Peru.
- Ministerio del Ambiente. (2022). *Informe nacional sobre calidad ambiental del ruido en el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Nijkamp, P., & Perrels, A. (1994). *Sustainable Cities in Europe: A Comparative Analysis of Urban Energy-Environmental Policies*. Earthscan.
- Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentos de ecología*.
- Olarte Llave, D. R. (2019). *Evaluación de la contaminación acústica mediante la elaboración de mapas de ruido en el Colegio Adventista Túpac Amaru, provincia de San Román – Puno*. Puno: Universidad Peruana Unión.
- OMS. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- OMS. (2009). *Night noise guidelines for Europe*.
- OMS. (2011). *Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe*.
- OMS. (2011). *Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe*.
- OMS. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. Obtenido de <https://iris.who.int/handle/10665/343936>
- OMS. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*.
- OMS. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. WHO Regional Office for Europe.

- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. Copenhagen: World Health Organization.
- Orozco, C. A., & Aguirre, F. J. (2023). Contaminación acústica y sus efectos en la calidad ambiental del espacio urbano / Noise pollution and its effects in relation to environmental quality in urban space. *Una Mirada al Ambiente*, 114.
- Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport*.
- P. (2003). *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*.
- Parrales, J., & Berrones, M. (2023). *Evaluación de los niveles de ruido en los sectores adyacentes de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil campus Centenario y campus María Auxiliadora provocado por el tráfico vehicular*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2003). *Decreto Supremo N.º 085-2003-PCM. Norma de Calidad Ambiental para Ruido. Diario Oficial El Peruano*.
- Puma, J. (2022). *Atenuación de nivel de ruido a través de barreras acústicas de panca de maíz en el colegio Carlos Armando Laura, Tacna, 2022*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Sánchez, L., & Rivera, D. (2021). *Indicadores acústicos en la planificación urbana*. Universidad Continental.
- Valencia Verástegui, P. S. (2023). *Evaluación de la contaminación acústica en las principales calles y avenidas de la ciudad de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido*. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Vargas Ugarte, M. P. (2019). *Diagnóstico ambiental de ruido en la zona comercial e industrial de la provincia de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Vásquez, J., & Ramírez, L. (2020). *Evaluación de la contaminación sonora en avenidas principales de Lima Metropolitana*.
- Veliz, M. (2021). *Análisis comparativo de la incidencia del ruido por tráfico vehicular en instituciones educativas de la ciudad de Esmeraldas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Villalva Suárez, B. S., & Zevallos Aparco, E. (2021). *Ruido ambiental en dos instituciones educativas de nivel secundario considerando las etapas académica y vacacional en la ciudad de Huancavelica y el distrito de Ascensión*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Zapana Tacca, J. E. (2024). *Contaminación acústica por ruido vehicular en los centros educativos de la zona céntrica de la ciudad de Puno*. Puno: Universidad Privada San Carlos.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el nivel de contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de las instituciones educativas y de salud en el área urbana de Tacna, y cómo puede ser representado de manera efectiva mediante indicadores acústicos y dashboards analíticos en Power BI para apoyar su gestión ambiental?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar la contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de instituciones educativas y de salud en el área urbana de la ciudad de Tacna, mediante la aplicación de indicadores acústicos normalizados y su representación analítica mediante dashboards interactivos en Power BI, con el fin de aportar información útil para la gestión ambiental urbana.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>Los niveles de contaminación sonora generada por el transporte vehicular en los alrededores de instituciones educativas y de salud del área urbana de la ciudad de Tacna superan los límites permisibles establecidos por la normativa nacional vigente, lo cual puede evidenciarse mediante indicadores acústicos normalizados y su análisis visual en dashboards interactivos en Power BI.</p>	<p>Variable independiente</p> <p>- Contaminación sonora</p>	<p>- Leq (nivel equivalente)</p> <p>- Lmax (nivel máximo)</p> <p>- Lmin (nivel mínimo)</p> <p>- Nivel de ruido vs límite permitido según el tipo de zona</p> <p>-Hora punta mañana, tarde</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>- Investigación aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>- Descriptivo</p> <p>- Comparativo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Cuáles son las zonas urbanas de la ciudad de Tacna que presentan una alta afluencia vehicular y en las que se ubican instituciones educativas y de salud?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Identificar y delimitar las zonas urbanas de Tacna con alta afluencia vehicular donde se ubican instituciones educativas y de salud.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>a. Las zonas urbanas de Tacna con mayor afluencia vehicular presentan mayores niveles de contaminación sonora en comparación con</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>- Tránsito vehicular</p> <p>Variable interviniente</p> <p>Condiciones ambientales (presión,</p>	<p>- Número de vehículos por minuto</p> <p>- Livianos</p> <p>- Pesados</p> <p>- Avenida principal</p> <p>- Vía secundaria</p>	<p>Diseño de investigación</p> <p>- No experimentales - transversal</p>

<p>b. ¿Cuál es el nivel de ruido ambiental en los alrededores de dichas instituciones, según las mediciones realizadas con instrumentos sonoros y el uso de indicadores acústicos?</p> <p>c. ¿En qué medida los niveles de ruido registrados superan o se ajustan a los límites permisibles establecidos por la normativa nacional y los estándares internacionales?</p> <p>d. ¿Cómo se puede estructurar una base de datos adecuada para organizar y analizar los resultados obtenidos de las mediciones de ruido?</p> <p>e. ¿Qué tipo de dashboards interactivos en Power BI pueden elaborarse para representar visualmente los patrones temporales, espaciales y comparativos del ruido ambiental en las zonas evaluadas?</p>	<p>b. Medir los niveles de ruido ambiental en los alrededores de dichas instituciones, mediante el uso de instrumentos de medición sonora y la aplicación de indicadores acústicos.</p> <p>c. Comparar los niveles registrados con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional vigente y con estándar internacional.</p> <p>d. Comparar los niveles registrados con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional vigente y con el estándar internacional.</p> <p>e. - Diseñar un dashboard analítico interactivo en Power BI que permitan visualizar los patrones temporales, espaciales y comparativos del ruido ambiental en las zonas evaluadas.</p>	<p>zonas de menor tránsito.</p> <p>b. Los valores de los indicadores acústicos registrados en los alrededores de las instituciones educativas y de salud exceden los niveles permitidos por la normativa nacional.</p> <p>c. La visualización de datos de ruido ambiental mediante dashboards interactivos en Power BI facilita la interpretación de los patrones temporales y espaciales de la contaminación sonora.</p>	<p>altitud, condiciones climáticas)</p>	<p>- Hora de mayor circulación (entrada, salida)</p>	
--	--	---	---	--	--

Anexo 3. Ficha Técnica de Monitoreo de Ruido

Codigo Registro	Fecha	FICHA TECNICA DE MONITOREO DE RUIDO				
DATOS DE LOS RESPONSABLES DE LA FICHAS						
Nº1	Apellidos y Nombres					
	Nº DNI					
Nº 2	Apellidos y Nombres					
	Nº DNI					
I. Ubicación Geográfica						
Ubicación del monitoreo						
Departamento						
Provincia						
Distrito						
Código del Punto						
Coordenadas UTM del Punto						
II. Equipos de Medicion						
Sonometro	Marca		Modelo			
	Clase (Tipo)		Nº de serie			
Calibrador	Marca		Modelo			
	Clase (Tipo)		Nº de serie			
Calibración en laboratorio	Fecha					
III. Mediciones de ruido						
Fuente generadora de ruido	Fija		Movil			
Turno	Diurno		Nocturno			
IV. Datos del monitoreo						
Area Monitoreada						
Fecha						
Duracion (hh:mm)						
Codigo						
Medicion del sonometro						
Nº Medicion	Hora inicial	Hora final	Duracion	MIN (dB)	MAX(dB)	Nivel
Fuentes indirectas de ruido (observaciones/incidencias)			1. -			
			2. -			