

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Diseño de un sistema urbano reductor de ruido
por tráfico en la Universidad Continental, 2017**

Rudy Milagros Ticse Sotomayor

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

ASESOR:

Ing. Jacinto Arroyo Aliaga

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor por brindarme el apoyo suficiente para la culminación de esta investigación, así como a todos los docentes que fueron mi soporte durante todos los años de estudio en esta prestigiosa alma mater.

A Nancy Milagros Sotomayor Minaya, mi madre, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me ha dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por haberme formado como una mujer de bien, por haberme dado la vida, no existe palabras para agradecerte.

A Bernardo Macetaz Taípe, quien es como un padre, por el valor y el coraje para levantarte de cualquier adversidad, por las enseñanzas que me has dado, y por darme ánimos siempre, diciéndome lo orgulloso que te sientes, gracias.

A mi abuela Ana Minaya Aliaga, porque es y será siempre un ejemplo, agradecerle porque es como una segunda Mamá, quien me enseñó a seguir adelante a pesar de los obstáculos, por el apoyo que siempre me da, por cada palabra de aliento, y por ser la persona que siempre está a mi lado.

A mi tía Clelia Pilar Sotomayor Minaya, por brindarme su apoyo incondicional, por cada palabra de aliento, por siempre impulsarme a ser mejor,

A mi primo Jordan Flores Molina, por brindarme su apoyo, ánimo y colaboración en cada momento. A todas las personas que contribuyeron en la recolección de datos, así como aquellas personas que hicieron observaciones y permitieron que este documento tenga los requerimientos de una investigación científica, a todos ellos muchas gracias.

Agradezco también a una persona muy especial, por cada palabra de aliento y sus buenos deseos, por sus motivaciones para culminar de la mejor manera, Jorge Marlon Medina Cabel.

DEDICATORIA

El presente documento lo dedico a todos los integrantes de mi familia, quienes con su apoyo incondicional han permitido orientarme sabiamente para que pueda formarme como profesional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Objetivos	5
1.3. Justificación e importancia	5
1.4. Hipótesis y descripción de las variables.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes del problema.....	8
2.2. Bases teóricas.....	13
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	38
3.1. Método y alcance de la investigación.....	38
3.2. Diseño de la investigación.....	38
3.3. Población y muestra.....	42
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	44

4.2. Pruebas de hipótesis.....	61
4.3. Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES.....	70
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido	3
Tabla 2. Operacionalización de las Variables.....	7
Tabla 3. Valores críticos de ruido urbano	17
Tabla 4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido	17
Tabla 5. Ruidos Nocivos	18
Tabla 6. Relación entre la reducción del volumen de tráfico y la reducción del ruido	20
Tabla 7. Especies de plantaciones para pantalla vegetal acústica.....	32
Tabla 8. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la mañana	46
Tabla 9. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la tarde.....	47
Tabla 10. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la noche	48
Tabla 11. Resumen de medición de ruido (dB) en el Punto 1 según horario	49
Tabla 12. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la mañana	50
Tabla 13. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la tarde.....	50
Tabla 14. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la noche	51
Tabla 15. Resumen de medición de ruido (dB) en el Punto 2 según horario	52
Tabla 16. Prueba de la primera hipótesis específica.....	62
Tabla 17. Prueba de la segunda hipótesis específica	63
Tabla 18. Prueba de la tercera hipótesis específica.....	64
Tabla 19. Prueba de la cuarta hipótesis específica	65
Tabla 20. Prueba de la primera hipótesis específica.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fuentes generadoras de ruido.	2
Figura 2. Ubicación de la Universidad Continental (Universidad Continental)	3
Figura 3. Curvas de ponderación A, B, y C.	15
Figura 4. Esquema efectos del ruido vehicular en la salud pública, niveles de ruido y síntomas.	19
Figura 5. Superficie de capa fina.....	26
Figura 6. Principio del asfalto poroso de doble capa.....	27
<i>Figura 7. Medida del ruido de rodadura sobre diferentes tipos de pavimentos</i>	<i>29</i>
Figura 8. Ejemplos de barreras acústicas	31
Figura 9. Elaboración propia	32
Figura 10. Elaboración propia	33
<i>Figura 11. Sistema interactivo de limitación de la velocidad en Gleisdorf, Austria</i>	<i>36</i>
Figura 12. Ubicación satelital de la Universidad Continental (Universidad Continental).....	44
Figura 13. Ubicación de puntos de interpolación en la Universidad Continental (Universidad Continental).....	46
Figura 12. Mapa de ruido por tráfico medido por la mañana en la Universidad Continental (Universidad Continental).....	54
Figura 13. Mapa de ruido por tráfico medido por la tarde en la Universidad Continental (Universidad Continental).....	55
Figura 14. Mapa de ruido por tráfico medido por la noche en la Universidad Continental (Universidad Continental).....	56
Figura 15. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la mañana en la Universidad Continental.....	58
Figura 16. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la tarde en la Universidad Continental.	59

Figura 17. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la noche en la Universidad Continental..... 60

RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo diseñar un sistema urbano que permita la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental en el 2017. Para el desarrollo de esta investigación se ha establecido desarrollar un diseño pre experimental, en el cual la variable independiente viene a ser la inserción de un sistema urbano reductor de sonido de manera que pueda evaluarse el nivel de ruido generado en el área de estudio. Las estimaciones y mapeo se realizaron mediante el software ArcGIS, así como el uso de interpolación IDW (Distancia Inversa Weighted, por sus siglas en inglés). El sistema urbano estuvo compuesto por tres acciones: un pavimento reductor, una pantalla acústica vegetal con plantaciones de árboles colocadas mediante el método tresbolillo en las rejas de la Universidad Continental, específicamente ubicada en la Av. San Carlos, y carteles con reductores de velocidad y silenciadores en las intersecciones del Pasaje San Jorge y el Pasaje San Agustín. Asimismo, para el análisis del ruido en la zona de estudio se tomó datos en tres horarios distintos: mañana (7:00 a 8:00 a.m.), tarde (12:00 a 13:00) y noche (19:00 a 20:00), durante dos semanas. Finalmente se concluye que, el diseño de un sistema reductor de ruido permite la reducción del ruido por tráfico y que, i) el pavimento reductor de ruido en base a una capa de rodaje drenante cuya eficacia reduce el ruido entre 3 a 5 dB; ii) la pantalla acústica vegetal de 5 metros de ancho y densidad máxima, cuya eficacia reduce entre 3 a 8 dB; y iii) los carteles reductores de velocidad y silenciadores, cuya eficacia reduce el ruido entre 2 y 5 dB.

Palabras clave: Ruido por tráfico, sistema urbano, pavimento reductor, pantalla acústica vegetal, señaléticas

ABSTRACT

The present investigation has as objective to design an urban system that allows the reduction of the noise by traffic in the Continental University in the 2017. For the development of this investigation it has been established to develop a pre experimental design, in which the independent variable comes to be the insertion of an urban sound reducing system so that the noise level generated in the study area can be evaluated. The estimates and mapping were made using the ArcGIS software, as well as the use of IDW interpolation (Weighted Reverse Distance). The urban system was composed of three actions: a reducer pavement, a vegetal acoustic screen with tree plantings placed by the quincunx method in the grilles of the Continental University, specifically located on San Carlos Avenue, and posters with gearboxes speed and silencers at the intersections of San Jorge Passage and San Agustín Street. Also, for the analysis of noise in the study area, data was taken at three different times: morning (7:00 a.m. to 8:00 a.m.), afternoon (12:00 a.m. to 1:00 p.m.) and night (7:00 p.m. to 8:00 p.m.), for two weeks. Finally, it is concluded that the design of a noise reduction system allow the reduction of traffic noise and that, i) the noise reduction pavement based on a drainage layer whose efficiency reduces noise between 3 to 5 dB; ii) the vegetal acoustic screen of 5 meters wide and maximum density, whose efficiency reduces between 3 to 8 dB; and iii) speed reduction posters and silencers, whose efficiency reduces noise between 2 and 5 dB.

Keywords: traffic noise, urban system, reducer pavement, vegetal acoustic screen, signage.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha evidenciado que, en gran parte de las ciudades del planeta, el ruido viene a ser una de las causas mayores ocasionadas por el tráfico vehicular (1), toda vez que los niveles de ruido aumentan con el volumen y la velocidad del tráfico vehicular. Por otra parte, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) determinó que la intensidad del ruido, en las principales ciudades del Perú, sobrepasa los niveles fijados por la Organización Mundial de la Salud (que establece 65 y 55 dB durante el día y la noche, respectivamente). Asimismo, el estudio de ruido del OEFA demostró que, en la ciudad de Huancayo, la intensidad sonora está alrededor de los 72 dB, habiéndose encontrado que en las intersecciones principales de la Av. San Carlos llega a superar los 74 dB, valor que sobrepasa lo indicado por la OMS. Es a partir de estos hallazgos que nace el interés por realizar una investigación asociada al ruido por tráfico en la Universidad Continental, toda vez que es una zona con alta transitabilidad vehicular.

De esta manera la investigación tiene por objetivo diseñar un sistema urbano que permita la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental en el 2017. Para el desarrollo de este estudio se ha establecido desarrollar un diseño pre experimental, en el cual la variable independiente viene a ser la inserción de un sistema urbano reductor de sonido de manera que pueda evaluarse el nivel de ruido generado en el área de estudio. Las estimaciones y mapeo se realizaron mediante el software ArcGIS, así como el uso de interpolación IDW.

Este documento está compuesto por cuatro capítulos. El primero se asocia al planteamiento del problema, el objetivo y las hipótesis. El segundo se refiere al marco teórico. El tercero detalla la metodología empleada en la investigación. El cuarto muestra los resultados encontrados. Finalmente se presentan las conclusiones y las sugerencias.

La Autora.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Planteamiento del problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (1) indica que, en gran parte de las ciudades del planeta, la mayor causa de ruido es provocado por el tráfico vehicular, por lo general, los niveles de ruido aumentan con el volumen y la velocidad del tráfico vehicular. Otros reportes e investigaciones como las del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA) (3) y Cattaneo, Vecchio, López, Navilli, y Scrocchi (4) indican que la primera fuente de contaminación sonora es el transporte, sonido que generalmente lo origina los motores, dispositivos de escape y el contacto de las llantas con el asfalto. Los efectos de la exposición al ruido por tráfico provoca problemas en la salud, tales como un mayor riesgo de cardiopatía isquémica, trastornos del sueño, alteraciones en las capacidades cognitivas, molestias, riesgos para la salud mental relacionados con el estrés entre otros, como menciona la Organización Mundial de la Salud (1) (5)

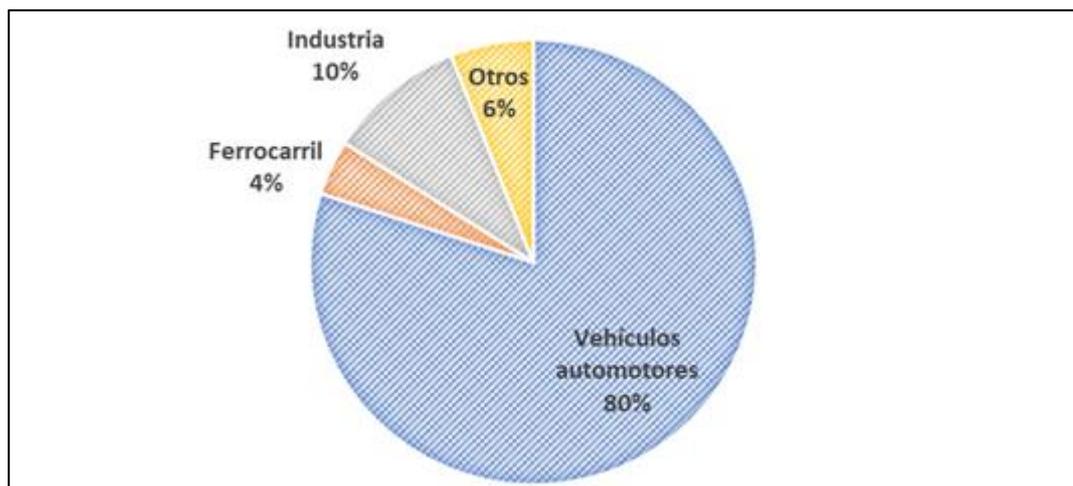


Figura 1. Fuentes generadoras de ruido.

Tomado de “Ruido del tráfico: evaluación y corrección de su impacto”, Ruza (6), simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras, PIARC, España.

Según el Impacto Ambiental de Carreteras, los automóviles y otros tipos de vehículos son los principales responsables del sonido en las grandes ciudades, generando la contaminación ambiental, en la figura 1, se muestra que el 80% de contaminación es por ruido causado por los vehículos automotores, a diferencia de los ferrocarriles que muestran el 4%, la industria un 10%, y el 6% generados por otros (6).

Los niveles de intensidad del sonido o nivel de potencia son medidos mediante decibeles (dB), como la unidad relativa y unidad de medida en una escala de 10 - 150, aquella escala posee niveles de silencio relativamente bajo hasta niveles que pueden producir daño auditivo. Teniendo en cuenta los valores críticos que genera un nivel alto de ruido para el ser humano resulta necesario desarrollar medidas que contribuyan a mitigar el ruido por tráfico.

El Decreto Supremo N°085-2003-PCM, Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, establece los estándares de calidad ambiental para Ruido (ver Tabla 1).

Tabla 1. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

Zonas de aplicación	Horario diurno	Horario nocturno
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Nota: Tomado del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, DS N° 085-2003-PCM (7), Presidencia de la República, Lima; Valores expresados en L_{AeqT} .

Sobre estos estándares, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) informó que la intensidad del ruido, en las principales ciudades del Perú, sobrepasa los niveles fijados por la OMS (que establece 65 y 55 dB durante el día y la noche, respectivamente) (2). El promedio de ruido por tráfico se encuentra por encima de los 70 dB, el cual es equivalente a los estándares para zonas industriales. Al respecto, el estudio de ruido de la OEFA demostró que, en la ciudad de Huancayo, la intensidad sonora está alrededor de los 72 dB, habiéndose encontrado que en las intersecciones principales de la Av. San Carlos llega a superar los 74 dB, valor que sobrepasa lo indicado por la OMS.

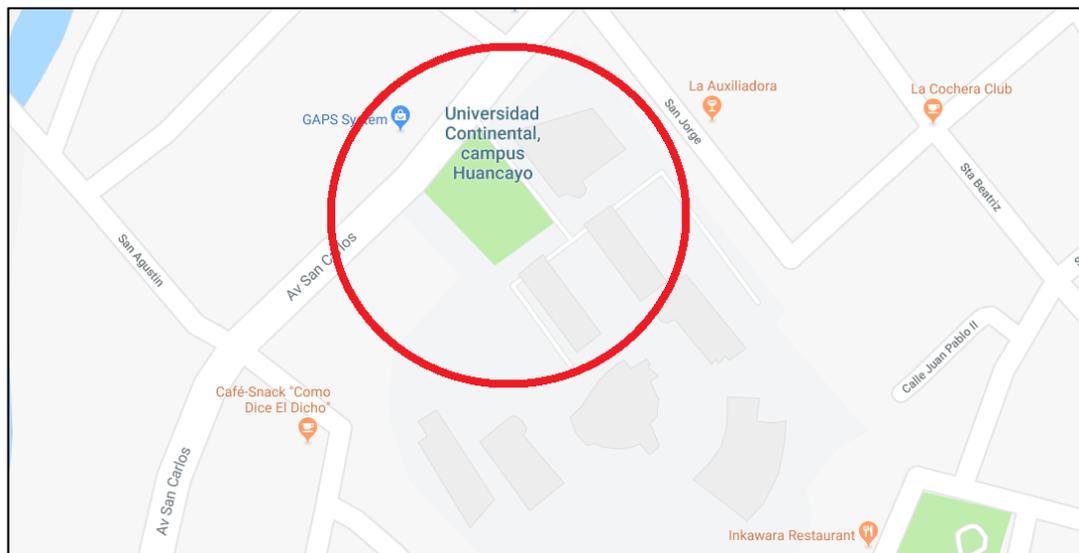


Figura 2. Ubicación de la Universidad Continental (Universidad Continental)

Tomado de “Mapa de Huancayo, Perú en Google Maps”, Google (s.f.), recuperado el 29 de Junio de 2018, de <https://www.google.com/maps/@-12.0476936,-75.1988203,18.7z>.

La Universidad Continental se ubica en la Av. San Carlos 1980, como se muestra en la Figura 2, debido a que es una casa de estudios superiores concurrida, el tránsito vehicular es fluido generándose congestión y por tanto ruido por tráfico vehicular.

Dado el contexto planteado con anterioridad, surge la necesidad de desarrollar un mecanismo que permita disminuir el ruido por tráfico para alcanzar los estándares establecidos y mitigar los efectos negativos para la salud en la zona de estudio. Es así como respuesta a esta necesidad, los resultados que fueron obtenidos permitieron obtener los parámetros necesarios para evaluar el impacto acústico en la Universidad Continental, y con ellos, diseñar un sistema urbano que haga posible la reducción del ruido por tráfico vehicular.

1.1.1. Formulación del problema

1.1.1.1. Problema general

¿De qué manera el diseño del sistema urbano reductor de ruido podría reducir el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017?

1.1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los niveles de ruido por tráfico basado en los niveles recomendables de contaminación sonora en la Universidad Continental, 2017?
- ¿Cómo influye el pavimento reductor de ruido en los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017?
- ¿Cómo influye la pantalla vegetal en los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017?
- ¿Cómo influye los reductores de velocidad y silencio en los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema urbano que permita la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el nivel de contaminación sonora causado el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.
- Determinar la influencia del pavimento reductor de ruido sobre los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.
- Determinar la influencia de la pantalla vegetal sobre los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.
- Determinar la influencia de los reductores de velocidad y silencio sobre los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017

1.3. Justificación e importancia

El estudio realizado se justifica académicamente dado que se expone los conocimientos alcanzados por el autor para solucionar un problema de los ruidos ocasionados por el tráfico vehicular en la Universidad Continental. Asimismo, esta investigación servirá como antecedente para futuras investigaciones que deseen profundizar en la solución de contaminación sonora por tráfico vehicular. Para el desarrollo de la investigación se emplearon técnicas de reducción de ruido por tráfico, creándose un sistema urbano reductor de sonido en base a la teoría. El sistema reductor de ruido fue implementado mediante simulación en la zona de la Universidad Continental y se evaluó la influencia de reducción del ruido por tráfico a través de mapas de alcance del ruido por tráfico.

En similar línea, la investigación se justifica en el ámbito ambiental pues la solución planteada representa una propuesta significativa para la mitigación del ruido generado por el tráfico vehicular. A su vez se emplean medidas que son ecológicas como el uso de la pantalla vegetal en la parte frontal de la entrada de la universidad en estudio.

Finalmente, la investigación cuenta con una justificación social-económica dado que la solución planteada beneficiará en el bienestar y salud de las personas que concurren a la Universidad Continental y sus alrededores.

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema urbano permitirá la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

H0: El diseño de un sistema urbano **no reduce** el nivel del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

H1: El diseño de un sistema urbano **reduce** el nivel del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por encima de los estándares del ECA, 2017.
- El pavimento reductor de ruido reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.
- La pantalla vegetal reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.
- Los reductores de velocidad y silencio reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

1.4.3. Variables

Las variables consideradas en la investigación se muestran en la tabla 2 con sus respectivos indicadores.

Tabla 2. Operacionalización de las Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala
Ruido por tráfico (Variable dependiente)	Sonido vehicular no deseado, molesto, perjudicial y que afecta a la salud humana.	Es el ruido que genera el flujo vehicular en una calle en específico.	Decibeles (dB)	Intervalo (cada 15 minutos)
			Alcance (metros)	Intervalo
			Flujo vehicular	Intervalo
Sistema urbano reductor de ruido (Variable independiente)	Viene a ser el conjunto de acciones adoptadas con el objetivo de reducir el ruido por tráfico vehicular urbano.	Está compuesto por acciones que permiten reducir el ruido vehicular.	Pavimento reductor de ruido	Dicotómico (con/sin pavimento)
			Pantalla vegetal al frontis de la Universidad Continental	Dicotómico (con/sin pantalla)
			Reductores de velocidad y silencio (carteles)	Dicotómico (con/sin cartel)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Ruza presentó la investigación llamada “La vegetación en la lucha contra el ruido”, la que fue presentada a la Revista de la Asociación Técnica de Carreteras en el año 1996.

En dicho trabajo desarrolló un modelo de simulación y estimación de protección del ruido mediante plantaciones vegetales, y encontró que: a) El efecto de amortiguación de la vegetación, incluido el efecto del suelo respecto a la absorción, es de 2 a 5 dB; b) El efecto del dique está entre 10 y 15 dB(A); y c) El conjunto de ambos, asciende a una amortiguación comprendida entre 9 y 14 dB. Lo anterior evidencia que la eficacia de los diques puede ser incrementada revegetándolos (5).

En conclusión, Ruza señala que las pantallas vegetales amortiguan los sonidos.

Kloth, Vancluysen, Clement, y Ellebjerg, en su plan de acción, presentaron “Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local”, a través del proyecto SILENCE, el cual fue financiado por el Sexto Programa Marco de la Comisión Europea publicado en el 2006.

Para combatir el ruido presenta las siguiente ideas: a) Las superficies viales de baja emisión, las cuales están basadas en superficies tanto de de

capa fina como asfaltos de tipo poroso, generándose una reducción entre 3 y 4 dB; b) El mantenimiento de las superficies viales contribuye en el manejo de las propiedades relativas del nivel de ruido que se emite; c) Las pantallas acústicas que disminuyen el ruido hasta en 15 dB(A), sin embargo suelen ser muy costosas dependiendo del material, incluso se considera usar vegetación como pantalla acústica siempre que la vegetación sea alta, grande y densa (se reduce 1 dB(A) por plantación de 10 metros de anchura); d) La gestión del tráfico a través de la reducción del volumen de tráfico (desde 10% hasta 75%) permite reducir el ruido desde 0.5 dB hasta 6.0 dB, además la reducción de la velocidad permite reducir el ruido vehicular; y e) la imposición de límites de velocidad hasta un máximo de 30 km/h permiten reducir hasta 3 dB L_{AeqT} (8).

Santos elaboró la investigación titulada “Contaminación sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado”, la cual fue presentada a la revista denominada Industrial Data, Lima, 2007.

En dicho trabajo de investigación, se evaluó el ruido generado en la Avenida Javier Prado, para conocer el impacto que éste origina, encuestó, a lo largo de la avenida, a transeúntes, conductores y usuarios de vehículos. Los resultados fueron que el 62% de la población estaba muy afectada, el 26% poca afectada y solo el 12% no era afectada. Al concluir la investigación afirmaron que el ruido es generado en gran porcentaje por el transporte (9).

Nieto investigó “La contaminación sonora y sus efectos sobre la ansiedad, en pobladores de la ciudad de Tarapoto San Martín - Perú”, desarrollada en la Universidad Nacional de Trujillo y publicada en el 2010, para optar en grado de doctor en Ciencias Ambientales tuvo como objetivo la determinación de los efectos sobre la ansiedad de la contaminación sonora y concluyó señalando que la ciudad de Tarapoto, muestra una condición crítica de contaminación sonora (> 80 dB(A)), y que hay una significativa asociación entre ruido y ansiedad (10).

Ramírez y Domínguez escribieron un artículo titulado “El ruido vehicular urbano: Problema agobiante de los países en vías de desarrollo” para la

Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá, 2011. Esta investigación tuvo por objetivo encontrar soluciones al creciente ruido por tráfico en los países en vías desarrollo, los autores plantearon las siguientes medidas de mitigación en relación a tres agentes: a) Medidas sobre la fuente emisora, implementación de normas de emisión, normas reducción de velocidad, normas reducción vehicular y normas sobre el uso de bocinas; b) Medidas sobre la planificación y edificación de barreras de clase acústica sobre la distancia entre vías y residencia; y c) Medidas sobre el receptor, aislando del sonido a las viviendas.

Los investigadores, concluyen señalando que, evaluar el efecto de las medidas promulgadas en la ciudad de Bogotá para reducir el flujo vehicular sobre la contaminación acústica, se encontró que no se redujo el tránsito vehicular, y, por ende, los niveles de presión sonora se mantuvieron (11).

Zavala investigó “Niveles de contaminación acústica por tráfico automotor de marzo - julio en la zona urbana de la ciudad de Tingo María”, para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental en la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2014. Teniendo como objetivo principal analizar los índices de contaminación sonora causados por el tráfico automotor, finalmente se identificó, que el nivel más alto en los turnos diurno es de 77.1 dB y nocturno es de 78,9 dB, respectivamente cada uno. Agrega que en dicha ciudad la presión sonora es ocasionada principalmente por “mototaxis” (12).

Zamorano, Peña, Parra, Velázquez, y Vargas realizaron un trabajo de investigación para la revista Acta Universitaria titulado “Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros”, publicada en el 2015. En la investigación se estableció como objetivo medir el nivel de ruido que afecta a la población, y la percepción de las personas, encontrando que el centro de la ciudad está expuesto a niveles altos de contaminación sonora con un promedio de 75 dB(A) durante el día, y que las personas toman al ruido como un contaminante, el cual resulta molesto para las mismas (13).

El trabajo de investigación titulado “Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia)” que fue realizado por Correa, Osorio, y Patiño para la revista Semestre Económico de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Medellín, publicado en el 2015 tuvo por objetivo principal determinar económicamente los beneficios para las familias de la reducción de la contaminación sonora vehicular. Es así que, utilizando el método de valoración contingente y también información de la percepción de la calidad sonora de los hogares, encontró que de aplicarse un programa que logre una reducción generalizada de 5dB, los beneficios económicos rondarían los \$ 397 millones al año (14).

Quevedo y Revollo, para optar el Título de Economista en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, realizaron una tesis titulada “Determinación del impacto económico del ruido en el precio de las viviendas de la ciudad de Chiclayo: una aplicación de precios hedónicos”, publicada en el 2015. La investigación analizó el grado de influencia de la contaminación sonora sobre el precio de las viviendas, para tal efecto utilizó el método de precios hedonísticos, el cual permitió valorar económicamente a las viviendas asociadas a la existencia de ruido. De esa manera encontraron que, en la ciudad en estudio, las personas no valoran la calidad del ambiente, prefiriendo adquirir una vivienda que tenga mejores características estructurales o geográficas (15).

Aguirre, Eiguren, Izaguirre, y Sánchez presentaron una guía para contrarrestar el ruido denominada “Ruido = responsabilidad de todos y todas”, publicada en el 2015. Dicha guía tuvo por objetivo difundir diversas medidas para controlar el ruido por parte de los estudiantes, las cuales fueron las siguientes: a) Aplicaciones para móviles como “MyClassRules”, y “Noise Moderator”; b) Experiencias de sensibilización como conocimiento del día mundial del ruido, música del recuerdo, fotos del silencio y mapa sonoro; y c) Ideas para promover la higiene sonora como carteles por los pasillos, comida educativa, y código de aula. Concluyendo que los mecanismos

mencionados con anterioridad reducen parcialmente el ruido y contribuyen a la mejora de la calidad de vida de los seres humanos (16).

La tesis titulada “Redes neuronales artificiales de base radial como herramienta de predicción de la contaminación acústica generado por tránsito vehicular”, que fue realizada por Canchari para optar el grado de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes de la Universidad Nacional de Ingeniería y publicada en el 2015. La investigación estuvo enfocada en crear un modelo metaheurístico el cual está basado en redes neuronales de tipo artificial como herramienta para predecir la contaminación sonora generada por el tránsito de vehículos. El autor concluye señalando que el modelo planteado, es un modelo de predicción de los niveles de contaminación auditiva vehicular, esto con una confiabilidad de 0.98 (Pearson) (17).

Sánchez, para optar el grado de Doctor por el Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva, investigó “Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva)”, 2015. Dicha investigación tuvo el objetivo general de medir y describir los niveles de ruido presentes en el centro de dicha ciudad (18).

La investigación concluye señalando que la carretera A-5052 es el punto principal de contaminación sonora y, por tanto, es la principal responsable de la contaminación acústica que sufre el núcleo urbano, además, los niveles del punto más cercano a la carretera son muy superiores a los del punto más alejado a la carretera, del orden de 25 dBA en invierno, ya sea día laboral o festivo, y 15 dBA en verano (18).

Yagua realizó un trabajo de investigación llamado “Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido - 2016”, el cual presentó a la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental en el año 2016. En dicha investigación planteó como objetivo general evaluar la

contaminación sonora a través de la creación de mapas de ruido, encontrando dos vías que evidencian niveles de presión sonora que están sobre 70 dB y 75 dB, y que el 92% de los encuestados señaló que presentan sensibilidad al ruido y un 61% de ellos piensan que los niveles de ruido resultan ser molestos (19).

Delgadillo elaboró una tesis titulada “Evaluación de Contaminación Sonora Vehicular en el centro de la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín 2015”, la cual presentó a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental en el año 2017. Dicha tesis tuvo por objetivo evaluar el nivel de ruido causado por el tránsito vehicular en la ciudad de Tarapoto, encontrando que existen zonas con niveles considerables de contaminación sonora en el centro de la ciudad de Tarapoto, las cuales son la intersección Jr. Jiménez Pimentel y Jr. Shapaja (L_{AeqT} de 83.3 dB), la intersección Jr. Augusto B. Leguía y Jr. Alfonso Ugarte (L_{AeqT} de 80.3 dB), y la intersección Jr. Alfonso Ugarte y Jr. Orellana (L_{AeqT} de 79.7 dB). En todos los casos mencionados se encontró que los niveles de ruido superan los ECA para Ruido (20).

Alfie y Salinas presentaron la investigación titulada “Ruido en la ciudad, Contaminación auditiva y ciudad caminable” para la revista de Estudios Demográficos y Urbanos, Ciudad de México, 2017. Dicho trabajo tuvo por objetivo mostrar la importancia de los corredores para los peatones como parte de una política urbana relacionada a la ciudad caminable y su impacto sobre la reducción de la contaminación sonora, para tal objetivo analizaron los niveles sonoros en algunas calles de la Ciudad de México, concluyendo que se ha encontrado que los niveles de ruido en dichos espacios se han reducido en el lapso comprendido entre 2008 y 2014 (21).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ruido

El nivel de tráfico vehicular, su velocidad, la cantidad de vehículos pesados, y la naturaleza del pavimento, resultan ser determinantes del nivel de presión auditiva causada por el tráfico vehicular, siendo utilizados para hacer predicciones sobre este mediante el uso de modelos (22).

2.2.1.1. Definiciones

Dado esto, únicamente el sonido se interpreta como ruido cuando causa afecciones psicológicas y fisiológicas negativas a las personas.

Según el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido-ECA Ruido (6), el ruido resulta ser un sonido no deseado el cual perjudica y molesta a la salud de una población de personas. Franco, Behrentz, y Pacheco añaden que éste se entiende como cualquier sonido nocivo, que es generado por las actividades de los seres humanos, los cuales deterioran la calidad de vida de las mismas personas (23). Martínez y Peters indican que el ruido es una sensación auditiva desagradable para el oído; le cual pueden dañar la salud de las personas cuando su intensidad es alta (24).

2.2.1.2. Medida

Es posible medir el ruido mediante el uso de un instrumento denominado sonómetro o decibelímetro.

El decibel (dB) es la unidad de medida utilizada para medir los niveles de presión sonora. Los umbrales de audición se encuentran en 0 dB, mientras los umbrales de dolor en 120 dB. Dado que el oído humano reacciona de la misma manera a todas las frecuencias sonoras, ciertos sonidos son mejor percibidos que otros, lo cual depende de su frecuencia (16).

Es así como existen ponderaciones de frecuencia sonora de tres tipos, las que corresponden a niveles de alrededor de 40 dB (A), 70 dB (B) y 100 dB (C), los cuales son sonidos de bajo nivel, sonidos de nivel medio, y sonidos de nivel elevado, respectivamente.

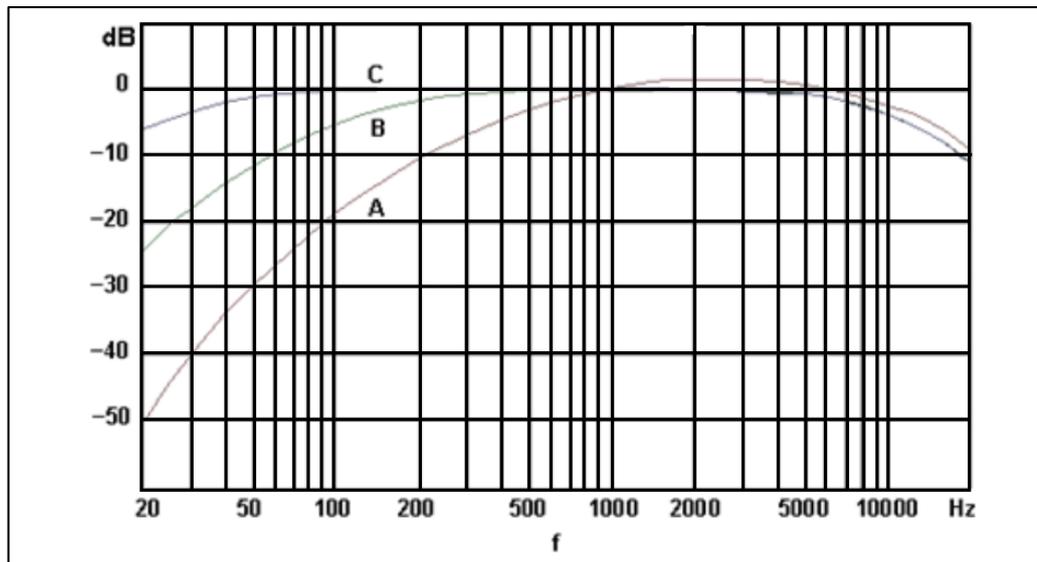


Figura 3. Curvas de ponderación A, B, y C.

Tomado de “Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental”, R.M. 227-2013-MINAM (25), Ministerio del ambiente, Lima.

2.2.1.3. Fuentes y tipos de ruido

El Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (25) establece las siguientes fuentes de ruido:

- a) Fijas puntuales. Se concentra en un solo punto toda la potencia de emisión sonora.
- b) Fijas zonales o de área. Dada la proximidad de estas fuentes pueden agruparse y considerarse como una sola fuente.
- c) Móviles detenidos. Cuando el vehículo (terrestre, marítimo o aéreo) se encuentra detenido en un área y genera ruidos.
- d) Móviles lineales. Vía en la cual transitan vehículos, en este caso el sonido se distribuye como ondas cilíndricas.

De la misma forma el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (25) considera los siguientes tipos:

- a) En función al tiempo

- Ruido estable. Durante más de un minuto, no presenta fluctuaciones considerables (más de 5 dB).
- Ruido fluctuante. Poseen fluctuaciones superiores a 5dB durante un minuto.
- Ruido intermitente. Presente sólo en ciertos lapsos y que la duración de cada una de las ocurrencias es superior a los 5 segundos.
- Ruido impulsivo. Pulsos individuales de presión sonora de corta duración.

b) En función al tipo de actividad

- Generado por el tráfico automotor
- Generado por el tráfico ferroviario
- Generado por el tráfico aeronáutico
- Generado por plantas industriales, edificaciones y actividades productivas,

2.2.1.4. Marco Normativo

Tanto las normas técnicas y como las legales proporcionan herramientas para la evaluación sonora, y los procedimientos para su disminución.

- a) Constitución Política del Perú. El artículo 2 inciso 22 establece que el deber del Estado es garantizar el derecho a disfrutar un ambiente adecuado para el desarrollo de la vida humana. A la vez, el artículo 67, señala que el Estado determina la política nacional ambiental e incentiva el uso, de manera sostenible, de los recursos naturales (25).
- b) Ley General del Ambiente. En su artículo número 133 señala que el fin del monitoreo ambiental es producir información que oriente la implementación de medidas para asegurar el cumplimiento de los objetivos la normativa ambiental. Así, la autoridad ambiental nacional establece los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo (26).

- c) Ley del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Busca asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de entidades públicas; fortalecer mecanismos transectoriales, el rol que le corresponde al Consejo Nacional del Ambiente [CONAM] y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones (27).
- d) Organización Mundial de la Salud. Indica los niveles críticos de contaminación sonora que generan efectos negativos sobre la salud de los seres humanos. Mediante la tabla 3 se ilustra la relación existente entre los niveles de exposición al ruido urbano y los efectos nocivos que causan.

Tabla 3. Valores críticos de ruido urbano

dB(A)	Efectos nocivos
30	Dificultad en concluir el sueño, pérdida de calidad del sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal extremadamente difícil
75	Perdida de oído a largo plazo
110~140	Disminución permanente de la capacidad auditiva

Nota: Tomado de "Guidelines for Community Noise" (28), OMS, Ginebra

- e) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (6). En el artículo 4, este señala que los estándares primarios de calidad ambiental sonoros no deben ser excedidos para proteger la salud de las personas. Considerándose los estándares planteados en la tabla 4.

Tabla 4. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido

Zonas de aplicación	Horario diurno (07:01 a 22:00 h)	Horario nocturno (22:01 a 07:00 h)
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Nota: Tomado del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, Decreto Supremo N° 085-2003-PCM (6), Presidencia de la República, Lima; Valores expresados en L_{AeqT} .

- f) La norma técnica peruana NTP-ISO 1996-1 2007, Dicha norma tiene como objetivo, definir los índices básicos para describir el ruido en ambientes comunitarios, así como los procedimientos básicos de evaluación. A la vez, especifica los métodos para la evaluación sonora y proporciona orientación en la predicción de la respuesta de una comunidad a la molestia causada por la exposición a varios tipos de ruidos.
- g) Norma técnica peruana NTP-ISO 1996-2 2008, Esta norma describe la forma en la cual los niveles de presión sonora pueden ser determinados mediante mediciones directas.
- h) Ley Orgánica de Municipalidades. En su artículo 80° señala que las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud tienen la función regular y controlar la emisión de ruidos y demás elementos contaminantes atmosféricos y ambientales (29)
- i) Ordenanza regulatoria de la suspensión y limitación de los ruidos nocivos y molestos, Ordenanza Municipal N°418 - MPH/CM, (30). Establece como ruidos nocivos a los que excedan los niveles de la tabla 5.

Tabla 5. Ruidos Nocivos

Zonas de aplicación	De 07:01 a 22:00 h	De 22:01 a 07:00 h
En zonificación residencial	60	50
En zonificación comercial	70	60

Nota: Tomado de “Ordenanza regulatoria de la suspensión y limitación de los ruidos nocivos y molestos”, Ordenanza Municipal N°418 - MPH/CM (30), Consejo Municipal de la Municipalidad Provincial de Huancayo, Huancayo.

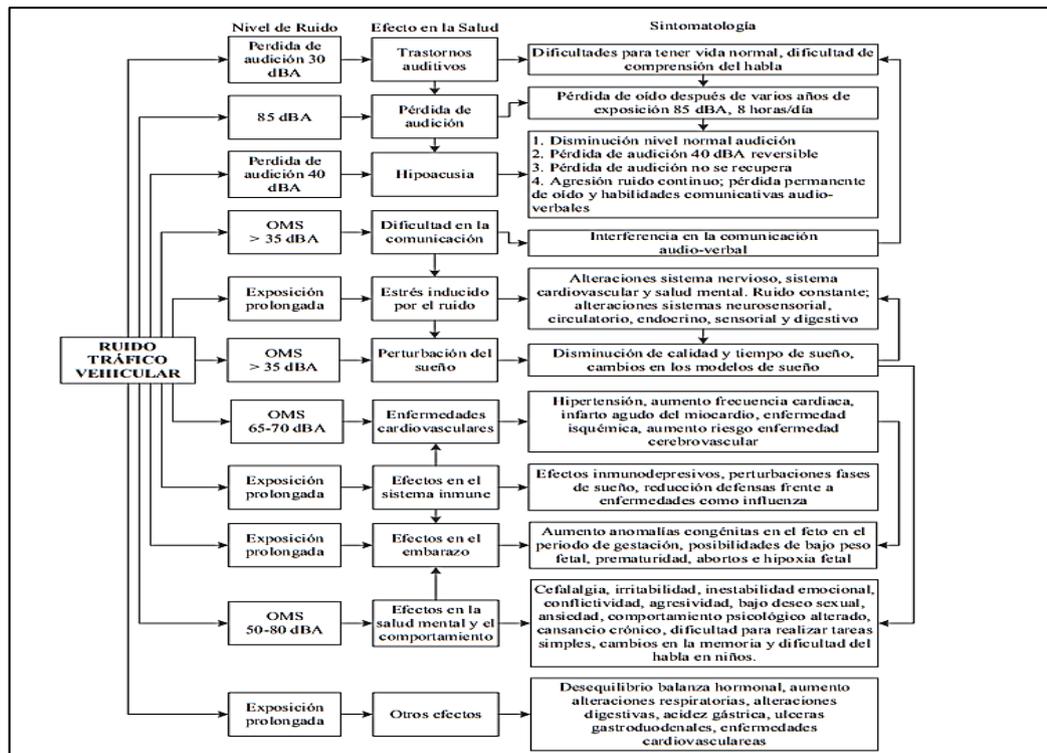


Figura 4. Esquema efectos del ruido vehicular en la salud pública, niveles de ruido y síntomas.

Tomado de “El Ruido del Tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana”, Quinteros (31), revista Puente.

2.2.1.5. Efectos del ruido sobre la salud

La Organización Mundial de la Salud (28) establece que el ruido tiene efectos perjudiciales para la salud de las personas. Los cuales conllevan trastornos fisiológicos, psicológicos, conductuales, entre otros.

- a) Efectos fisiológicos. Efectos en la audición, disminución del nivel de audición, y Efectos cardiovasculares.

- b) Efectos socioeconómicos. Desvalorización de las propiedades, baja productividad laboral, caída de los ingresos por turismo, y daños materiales a los edificios.

Todos estos efectos serán ilustrados, con mayor detalle, en la figura 4.

2.2.2. Ruido generado por el tráfico automotor

2.2.2.1. Definición

Entre el grado de contaminación auditiva y el nivel de desarrollo de un país se ha encontrado una relación directa y exponencial, ello es debido a que cuando aumenta el número de vías y el tráfico de vehículos, también el ruido del sector industrial (11).

La existencia de un número excesivo de contribuye a agravar la congestión vehicular, y a raíz de todo de ello se produce una contaminación sonora y la pérdida de calidad de vida de las personas (32).

Tabla 6. Relación entre la reducción del volumen de tráfico y la reducción del ruido

Reducción del volumen de tráfico	Reducción del Ruido (L_{Aeq})
10 %	0,5 dB
20 %	1,0 dB
30 %	1,6 dB
40 %	2,2 dB
50 %	3,0 dB
75 %	6,0 dB

Nota: Tomado de “Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local”, Kloth et. al (8), Proyecto SILENCE.

Kloth et al. establecen una modificación en el volumen del tráfico que influye sobre los niveles de contaminación sonora (8), dicha magnitud se ilustra en la Tabla 6.

2.2.2.2. Procedimientos de medición de ruido generado por el tránsito automotor

Kloth et. al determinaron un procedimiento de medición de ruido generado por el tránsito automotor (8), los cuales se desarrollan a continuación:

- a) La medición del ruido generado por el tránsito automotor se realiza en L_{Aeq} , la cual debe estar ponderada en F (Fast).
- b) El tiempo por medir debe ser capaz de capturar el ruido producido por el paso de los vehículos de distintos tipos que transitan a una velocidad promedio.
- c) El número de vehículos que pasan en el intervalo de medición debe ser contado, diferenciando los tipos como los pesados y livianos.
- d) Las características de la vía donde se desplazan los vehículos deben ser identificado.
- e) Al presentarse un tránsito no fluido se debe medir el ruido causado por el paso de al menos 30 vehículos por categoría, ya sea pesado o liviano. De no poderse obtener las mediciones del número indicado de vehículos se deberá reportar los motivos, en la hoja de campo.
- f) La presión sonora máxima $L_{m\acute{a}x}$, debe ser registrada por cada una de las categorías de vehículos registrados, considerando 30 vehículos como mínimo por categoría.

2.2.2.3. Nivel de presión sonora continua equivalente (L_{eq})

El nivel de presión sonora continua equivalente tiene la misma energía que el ruido medido, y también posee la misma capacidad de daño. Este sirve para comparar el riesgo de daño auditivo frente a la exposición al ruido.

Es posible determinarlo con sonómetros clase 1 o 2 que sean integradores. De no ser así, se aplicará la siguiente ecuación:

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i} \right]$$

- L = Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función "Slow".
- n = Cantidad de mediciones en la muestra i

A. Nivel de presión sonora máximo (NPS máx. o LA máx.)

Máximo nivel de presión auditiva registrado utilizando la ponderación A durante un lapso dado.

B. Nivel de presión sonora Mínima (LA min o NPS min)

Mínimo nivel de presión sonora registrado usando la curva ponderada A durante un lapso determinado.

2.2.2.4. Corrección de los datos

A. Sonido residual

Nivel de presión sonora causado por fuentes ya sean cercanas o lejanas, las cuales no están incluidas en el objeto de medición (25).

La Norma Técnica Peruana menciona que si se presenta una diferencia de 3 dB o menos entre el nivel de presión sonora medido y el nivel de presión sonora residual; así como en 10 dB o más, no se debe aplicar correcciones (Norma Técnica Peruana - ISO 1996- 2-2008).

La Norma Técnica Peruana - ISO 1996-2-2008 menciona que cuando el nivel de presión sonora residual y el medido se diferencian en 3 y 10 dB, la corrección debe hacerse empleando la ecuación siguiente:

$$L_{corr} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{medi}}{10}} - 10^{\frac{L_{resid}}{10}} \right) dB$$

- L_{corr} = nivel de presión corregida
- L_{medi} = nivel de presión sonora medido
- L_{resid} = nivel de presión sonora residua

B. Condiciones climáticas

Existen condiciones ambientales que favorecen a la propagación de ruido o de su amortiguamiento. De este modo el viento resulta ser el mayor factor de propagación, el cual puede generar condiciones desfavorables a la hora de la medición de ruido, provocando cierta incertidumbre.

$$(h_s + h_r)/r \geq 0,1$$

- h_s = altura de la fuente
- h_r = altura del receptor
- r = distancia entre la fuente y el receptor

Si no se cumple la ecuación mencionada con anterioridad, los resultados de la medición pueden ser afectados las condiciones meteorológicas, por lo tanto, debe ser aplicado el Anexo A de la NTP-ISO 1996-2:2008.

2.2.2.5. Mapa de Ruido

Este es la representación cartográfica de los niveles de presión ruidosa en una zona en concreto y en un período establecido, cuyo uso es determinar la exposición de las personas al ruido ambiental, y de esta manera adoptar los programas necesarios para prevenir y reducir el ruido, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos negativos para la salud de las personas (25).

Para la elaboración de dichos mapas hay diversas metodologías, las cuales permiten la construcción de curvas de ruido como las que se presentaran a continuación:

a) Método de Interpolación Krigin

Este método se fundamenta en variables auto correlacionadas y regionalizadas en el espacio. Dicha autocorrelación es determinada a partir de la elaboración de semi vario gramas con los que se logra definir el modelo de mejor ajuste, para luego proceder a la

interpolación y en el cual se define la distancia máxima donde finaliza la autocorrelación (33).

$$Z(S) = \mu(S) + \varepsilon(S)$$

- $Z(S)$ = variable de interés
- $\mu(S)$ = constante desconocida
- $\varepsilon(S)$ = errores aleatorios de estimación
- S = coordenadas espaciales (x, y)

b) Método de Inverse Distance Weighted (IDW)

Este método asume que la variable a interpolar tiene un comportamiento de disminución o aumento de su valor en función de una modificación en la distancia desde una fuente (33).

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z(S_i)$$

- $Z(S_0)$ = valor a predecir
- N = número de muestras alrededor del punto a predecir
- λ_i = pesos asignados a cada punto vecino
- $Z(S_i)$ = valores medidos
- $\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}}$
- d = distancia entre el lugar de predicción S_0 y el lugar muestral S_i
- P = factor de reducción de peso, cuyo valor se encuentra minimizando el error cuadrático medio o error de predicción.

2.2.3. Estrategias de mitigación de ruido causado por tráfico vehicular

Hay una gama amplia de estrategias para disminuir el ruido causado por el tráfico, a continuación, se presentan algunas de ellas.

2.2.3.1 Superficies viales de baja emisión

2.2.3.1. Las superficies viales tienen influencia sobre el ruido que genera la interacción entre el neumático y carretera, y en la distribución del sonido procedente del motor y de la transmisión.

En la emisión acústica los factores relevantes son la textura de la superficie, su patrón y el nivel de porosidad de la estructura de la superficie.

Los aspectos funcionales de un firme están principalmente asociados con la textura y regularidad superficial del pavimento. Dentro de la textura se suele distinguir entre la microtextura, irregularidades superficiales del pavimento menores de 0.5 mm, la macrotextura, irregularidades de 0.5 a 50 mm, y la megatextura, irregularidades de 50 a 500 mm. La primera sirve para definir la aspereza del pavimento, la segunda su rugosidad y la tercera está más asociada con los baches o peladuras que puede haber en el firme. Por otra parte, la irregularidad superficial está asociada con ondulaciones de longitudes de onda mayores de 0.5 m (34).

La microtextura, es necesaria para conseguir una buena adherencia. La macrotextura es necesaria para mantener esa adherencia a altas velocidades o con el pavimento mojado. La macrotextura mejora también la visibilidad con pavimento mojado, elimina o reduce los fenómenos de reflexión de la luz, que tienen lugar en los pavimentos lisos mojados, y mejora la percepción de las marcas viales. Por contra, los pavimentos rugosos, con fuerte macrotextura, producen un mayor desgaste de los neumáticos y suelen resultar ruidosos (34).

La megatextura y la irregularidad superficial resultan indeseables desde cualquier punto de vista. Inciden negativamente sobre la comodidad y aumentan el ruido de rodadura, los gastos de mantenimiento de los vehículos y los gastos de conservación de la vía (34).

De este análisis se deduce que es difícil optimizar a la vez todas las cualidades funcionales de los pavimentos. Así, por ejemplo, al aumentar la macrotextura del pavimento para mejorar la seguridad se produce como

contrapartida un aumento del ruido de rodadura. No obstante, desde hace tiempo, los técnicos de carreteras están luchando por mejorar en todos los sentidos las capas de rodadura. En la década de los 80, fueron los aglomerados drenantes. Hoy en día se han optimizado las características de los materiales empleados en capa fina, microaglomerados, habiéndose conseguido unos materiales idóneos para su uso en pavimentación de firmes, con mejores prestaciones que las mezclas convencionales utilizadas como capas de rodadura (34).

A. Tipos

Existen, generalmente, dos tipos de superficies de baja emisión las que tienen técnicamente ciertas diferencias entre sí, como desventajas y ventajas propias de cada tipo (35).

- a) Superficies de capa fina. Son diversas capas bituminosas de un espesor de 3 cm y un tamaño de agregado de 4 a 8 mm como máximo.



Figura 5. Superficie de capa fina

Tomado de “Low-noise surfaces or urban roads and streets”, Sandberg, Andersen, Bendtsen, y Kalman (36), Proyecto SILENCE.

- b) Asfaltos porosos. Estos tienen una estructura abierta con huecos de aire en torno al 20% dentro de él. Por lo cual, absorbe ruido y drena agua, lo cual incrementa la seguridad en la carretera.

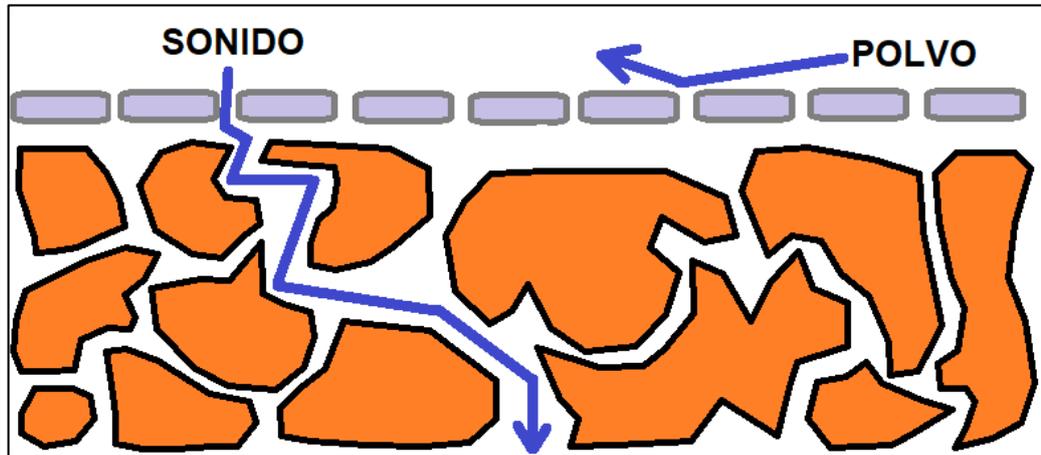


Figura 6. Principio del asfalto poroso de doble capa

Tomado de “Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local” Kloth et. al (8), Proyecto SILENCE.

B. Tipos

Los pavimentos que reducen el ruido suelen estar asociados a las características físicas que tienen. De esta manera, Miró establece dos tipos de pavimentos o superficies viales de baja emisión de ruido:

- a) Capas de rodadura drenantes. Las capas de rodadura drenantes constituyen un tipo particular de pavimento que fue inicialmente concebido para mejorar la circulación con lluvia y evitar el problema de aquaplaning o hidroplaneo (34).

La presencia de agua sobre el pavimento dificulta el contacto del neumático con la superficie del firme, dando lugar a que se produzcan con mayor facilidad ocasiones para el deslizamiento y el vuelco de los vehículos que circulan a altas velocidades.

Con objeto de mejorar la adherencia neumático-pavimento con lluvia o en presencia de agua, se ha desarrollado este tipo de pavimento que facilita la evacuación del agua a su través y el contacto neumático-

pavimento. En esencia consiste en colocar en los 4 centímetros superiores del firme una mezcla porosa que actúa como capa de rodadura drenante. Esta capa absorbe y elimina el agua de la superficie del firme, conduciéndola a su través hacia las zonas laterales fuera de la calzada. De esta manera se consigue prácticamente eliminar el problema de hidroplaneo. Así pues, estas mezclas cambian el concepto tradicional de impermeabilizar la superficie de la carretera, trasladando esta función a la capa inferior o a la interfase entre ambas (34).

Las capas de rodadura drenantes presentan una superficie lisa, sin resaltos, pero con numerosas oquedades. Estas oquedades, comunicadas entre sí, confieren al pavimento una alta macrotextura, del orden de 1,5 a 2,5 mm de profundidad, medida con el ensayo de mancha de arena. Esta macrotextura hace que estos pavimentos mantengan elevada la adherencia neumático-pavimento a altas velocidades (34).

Otra de las ventajas, cada vez más importante, de este pavimento, es que ofrece una rodadura silenciosa. En los pavimentos densos un aumento de macrotextura supone un aumento del nivel sonoro, mientras que estos pavimentos, a igual textura, son más silenciosos e incluso absorben el ruido del motor.

La reducción de ruido producida por una capa de rodadura drenante respecto a una capa densa del mismo espesor depende de su espesor y del porcentaje de huecos (34):

$$\Delta L = 0.005 \times n \times e$$

Donde:

ΔL = Reducción del ruido, dB(A)

n = huecos en mezcla, %

e = espesor de la capa de rodadura, mm

Esto quiere decir que se puede obtener una reducción significativa de ruido, del orden de 4 dB(A), si se emplea una capa drenante de 4 cm de espesor y un porcentaje de huecos superior al 20%.

En la Figura 7 se recoge el efecto que sobre el ruido de rodadura y en el interior del vehículo tiene el empleo de capas de rodadura drenantes frente al empleo de otros tipos de pavimentos. Como término medio se indica una reducción de ruido de 3 a 5 dB(A), frente a un pavimento denso asfáltico, y hasta 15 dB(A), respecto a un pavimento rígido con ranurado transversal. Estas diferencias pueden aumentar con el pavimento mojado ya que entonces el incremento de ruido producido por la presencia de agua es menor en la mezcla drenante.

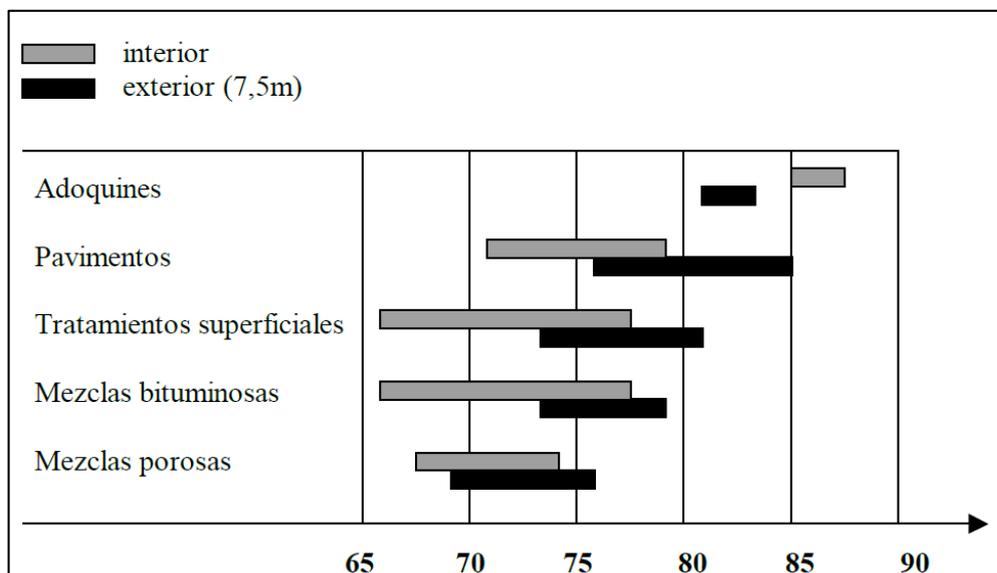


Figura 7. Medida del ruido de rodadura sobre diferentes tipos de pavimentos

Tomado de "Pavimentos de baja sonoridad", Miró (34).

a) Microaglomerados discontinuos en caliente. La técnica de los microaglomerados, mezclas bituminosas con tamaño máximo de árido inferior a 6-10 mm, ha sido empleada desde hace años en la pavimentación de carreteras. En frío, constituyen las lechadas bituminosas que con tanta profusión y éxito se han empleado en la conservación y pavimentación de nuestras carreteras. Pero lo que realmente presenta hoy más interés, por su novedad y ventajas, son los microaglomerados de granulometría discontinua, con fuerte contenido de árido grueso y escasa presencia de árido

fino, derivados en parte de la utilización y tecnología de las mezclas porosas (34).

La utilización de microaglomerados en capas delgadas está encaminada fundamentalmente a proporcionar o restituir las características superficiales del firme, sin pretender conseguir un aumento de su capacidad estructural. No obstante, la aplicación de una capa fina contribuye de alguna manera a mejorar esta capacidad estructural, no sólo debido a su espesor (entre 1,5 y 3 cm), sino porque proporciona una impermeabilización al soporte que, en muchos casos, mejorará notablemente el comportamiento de la sección estructural (34).

El empleo de microaglomerados de granulometría discontinua que permiten obtener una superficie de rodadura muy lisa y de macrotextura negativa, hace que los mecanismos de generación de ruidos se vean amortiguados. Apenas existen excitaciones que produzcan vibraciones o deformaciones de los neumáticos y los fenómenos de compresión y expansión de bolsas de aire se ven disminuidos por la elevada macrotextura del pavimento. Diversas mediciones efectuadas indican reducciones del nivel sonoro de 1.5 a 2 dB(A) con pavimento seco, y de 2 a 5 dB(A) con pavimento mojado, respecto a las mezclas habituales para capas de rodadura; aunque, en cualquier caso, no alcanzan el nivel conseguido por las mezclas drenantes (34).

C. Ventajas

Los pavimentos que reducen el ruido pueden ser usados en el proceso actual de mantenimiento y por lo cual pueden constituir una medida poco costosa y sencilla de reducción sonora.

2.2.3.2. Túneles y pantallas acústicas

Las pantallas acústicas son un muy costoso pero eficaz medio para reducir la propagación del ruido. La condición principal es que dicha

barrera debe ser colocada a una altura suficiente y tener una longitud adecuada.

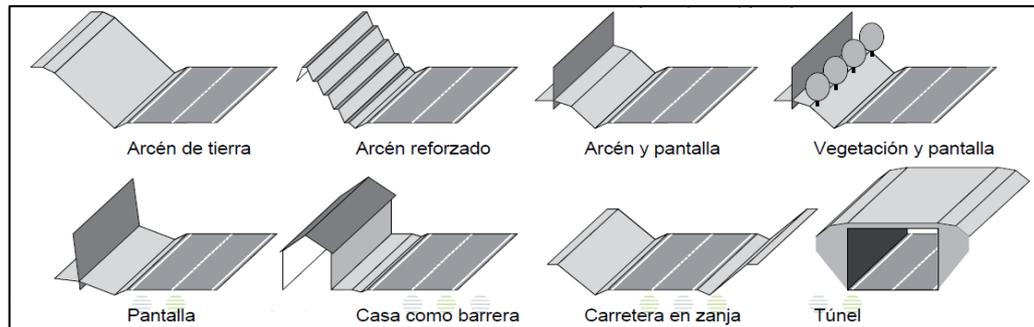


Figura 8. Ejemplos de barreras acústicas

Tomado de "Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local" Kloth et al., Proyecto SILENCE.

Las pantallas vegetales acústicas están constituidas por masas de vegetación perenne, muy densas e implantadas en una banda de anchura considerable. Las plantaciones de algunas filas de árboles junto a la carretera no son eficaces. Las especies de plantas se escogen en función de:

- Altura (hierba, matorral, arbusto...)
- Tipo de hoja (perenne o caduca)
- Compatibilidad con el clima (regiones áridas o húmedas)

Cuando se dispone de espacio suficiente, es aconsejable la construcción de la pantalla inclinada, con ello se consigue aumentar el volumen de tierra en el interior de la pantalla mejorando la capacidad de absorción acústica.

El mecanismo de funcionamiento de este tipo de pantallas se basa en que los niveles de ruido producido por el tráfico pueden reducirse gracias a la absorción y a la difusión del sonido por la vegetación. No obstante, la vegetación debe ser muy alta para conseguir una aceptable reducción física del ruido. Es decir, su efectividad es escasa, aunque ejercen un efecto psicológico positivo al proteger a los habitantes de la

visión permanente del tráfico. Las pantallas vegetales presentan una atenuación acústica limitada, aunque normalmente producen un efecto psicológico importante. En general se considera que las pantallas vegetales son acústicamente útiles en combinación con otras pantallas acústicas como por ejemplo diques de tierra, para mejorar su rendimiento acústico o simplemente por sus cualidades paisajísticas.

A. Plantaciones

La pantalla vegetal que servirá como filtro de reducción sonora estará compuesta por varias especies con distinto porte y altura, de tal manera que se forme una pantalla con altura y densidad suficiente para cumplir el objetivo perseguido. Entre diversas especies se tiene:

Tabla 7. Especies de plantaciones para pantalla vegetal acústica

Especie	Nombre científico	Filas	Altura (m)	Marco de plantación	Diámetro (m)
Retama amarilla	<i>Retama sphaerocarpa</i>	1	1.5	2x2 (lineal)	0.15
Acacia mimosa	<i>Acacia sp.</i>	2	2.5-3.0	3x3 (tresbolillo)	0.50
Eucaliptos	<i>Eucalyptus sp.</i>	2	20-40	4x4 (tresbolillo)	0.80

Nota: Tomado de “Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local” Kloth et al. (8), Proyecto SILENCE.



Figura 9. Elaboración propia

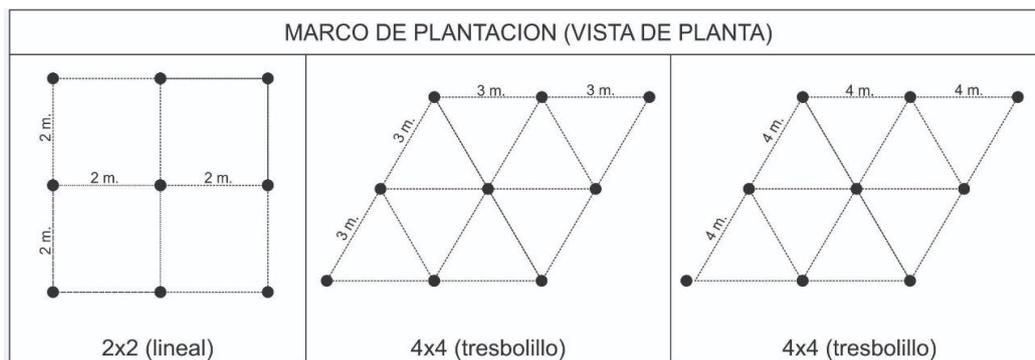


Figura 10. Elaboración propia

El marco de plantación al tresbolillo se caracteriza por tener a las plantas ocupan en el terreno cada uno de los vértices de un triángulo equilátero, guardando siempre la misma distancia entre plantas que entre filas.

La siguiente fórmula determina el número de plantas por superficie que se pretende plantar al tresbolillo:

$$n = \left(\frac{S}{d^2} \right) \times \text{Cos}30^\circ$$

Donde:

n = número de plantas.

S= superficie del campo, en metros cuadrados (m²).

d = distancia entre plantas, en metros (m), multiplicada por sí misma.

Cos de 30° = es un coeficiente que siempre es invariable, cualquiera que sea el marco.

Por otra parte, el marco de plantación lineal es la colocación de las plantas dentro de una línea manteniendo una distancia de separación según las características de la especie a ser plantada. Asimismo, las coberturas vegetales de la pantalla vegetal acústica pueden variar y ser de diversos tipos. Según la ubicación y las condiciones climáticas.

A. Características

- i. En primer lugar, hay que tener en cuenta que no atenúan el sonido completamente. El límite práctico de atenuación que se puede obtener con estos dispositivos es de 25 dB, límite propuesto a partir de la realización de experimentos variando diversos parámetros geométricos de la propia pantalla o del conjunto fuente-pantalla-receptor.
- ii. La eficacia de las pantallas depende de su tamaño. Así, sus dimensiones deben ser las correctas para que el dispositivo tenga una longitud lo suficientemente grande para evitar que el ruido se difracte, además de por el borde superior de la pantalla, por sus bordes laterales. En algunas ocasiones, el apantallamiento puede necesitar alturas de barrera muy elevadas para romper la línea visual entre emisor y receptor. El hecho de situar plantaciones continuas de estas alturas suele presentar problemas de cimentación debido a la alta carga de viento y el momento al vuelco que se genera. Esto implica que el terreno ocupado por la pantalla aumenta debido al tamaño de la cimentación, además de dificultar enormemente su instalación en determinadas ubicaciones, como es el caso de los viaductos.
- iii. Otro factor que influye en la eficacia acústica de estos dispositivos es su ubicación en la línea fuente-receptor. Así, la instalación debe hacerse de forma que la pantalla oculte la línea visual fuente-receptor. Además, la pantalla debe estar situada lo más cerca posible de la fuente de ruido, de forma que se consiga que el ángulo de difracción en el borde superior de la pantalla sea lo más amplio posible.
- iv. Otro aspecto importante es el control de las reflexiones producidas por las pantallas instaladas, ya que puede darse el caso de que su instalación aumente el ruido que llegue a posibles receptores situados, con relación a la pantalla, en el mismo lado de la fuente sonora. Esto puede controlarse inclinando las pantallas de forma

que se controle el ángulo de reflexión, utilizando materiales absorbentes en la fabricación de estos dispositivos, o bien protegiendo estos receptores con una nueva pantalla.

- v. Otra característica relacionada con la instalación de estos dispositivos es que no deben presentar huecos ni cortes en toda su estructura, ya que de ser así se reduciría enormemente su efectividad.
- vi. Por último, no se debe olvidar que las pantallas acústicas deben tener un diseño que resulte visualmente atractivo para que la población a proteger acústicamente no tenga la sensación de estar aislada al sentirse rodeada por el muro que constituye la pantalla, pero simultáneamente evitando distracciones en la conducción de los usuarios de la infraestructura viaria.
- vii. El proceso de implementación de esta estrategia requiere de al menos 1 año para mostrar los resultados, de manera que la mitigación no resulta ser de corto plazo, pero a mediano y largo plazo representa una medida autosostenible.

B. Ventajas

Este tipo de pantallas podrían reducir los niveles sonoros hasta en 25 dB(A), aplicado para pantallas con materiales absorbentes de ruido, diques y plantas. Sin embargo, en la práctica, cuando los edificios están situados cerca de la carretera y de la pantalla, la reducción oscila entre los 3 y 8 dB(A), según los estudios de la OCDE (35).

2.2.3.3. Reducir y hacer cumplir los límites de velocidad

Dado que las reducciones en la velocidad de los vehículos influyen sustancialmente sobre la emisión de ruido por tráfico, parece que rebajar los límites de velocidad es una manera viable de reducir las emisiones sonoras procedentes del tráfico (8).



Figura 11. Sistema interactivo de limitación de la velocidad en Gleisdorf, Austria

Tomado de “Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local” Kloth et al., Proyecto SILENCE.

A. Ventajas

El uso de señales variables es más eficaz que las señales estáticas para reducir la velocidad de circulación. Las reducciones de velocidad varían de un lugar a otro, por lo que los efectos sobre el ruido variarán. Pudiéndose esperar reducciones hasta de 3 dB L_{Aeq} (8).

B. Problemas

Un problema fundamental es hacer que los conductores cumplan las medidas de reducción de la velocidad, y el costo que esto significa.

2.3. Definición de términos básicos

- Contaminación Sonora. Son los niveles de ruido que generen riesgos para la salud y al bienestar de las personas (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Decibel (dB). Unidad sin dimensiones que es usada para expresar el logaritmo de la razón entre cantidad medida - cantidad de referencia. Así, el decibel es usado para describir niveles de potencia, presión o intensidad de los sonidos (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).

- Decibel A (dBA). Unidad del nivel de presión sonora medido con el filtro A, este que permite registrar el nivel de acuerdo al comportamiento de la audición del ser humano (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido. Niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben excederse para proteger la salud de las personas (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A (L_{AeqT}). Nivel de presión sonora constante, expresado en dB A, que, en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el sonido (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Ruido. Sonido no deseado, molesto, perjudicial y que afecta a la salud humana (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Sonido. Energía transmitida como ondas de presión en el aire que puede ser percibida por el oído o por ciertos instrumentos de medición (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Zona comercial. Área autorizada para la realización de actividades de servicios y comerciales (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.4).
- Zona industrial. Área autorizada para la realización de actividades de tipo industrial (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.4).
- Horario diurno. Período comprendido entre las 07:01 h. y las 22:00 horas (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- Horario nocturno. Lapso entre las 22:01 h. y las 07:00 h. del día siguiente (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, 2003, p.3).
- El oído. Órgano sensorial de la audición y del equilibrio mediante la detección de la posición del cuerpo y del movimiento de la cabeza (22).
- Estándares de calidad ambiental para ruido. Aquellos que consideran los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior para no dañar la salud de las personas (25).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

La presente investigación fue de nivel explicativo, dado que Hernández, Fernández, y Baptista (37), señalan que este tipo de investigaciones se centran en explicar el porqué de la ocurrencia de un fenómeno, en qué condiciones ocurre, y cuál es la razón de la existencia de una relación entre dos o más variables. Es así, que se busca explicar de qué manera el diseño, de sistema urbano, permitiría disminuir los niveles de ruido causado por tráfico en la Universidad Continental de Ciencias e Ingeniería.

A la par, la investigación aplicó los métodos específicos como el descriptivo-explicativo. Tal como lo indican Hernández et. al, será descriptivo para evaluar la situación de la contaminación sonora provocada por el ruido por tráfico de la Universidad Continental, el cual corresponderá a la situación actual de la emisión de ruido vehicular, y explicativo, sustentado porque se espera que el diseño urbano reductor de ruido provoque una reducción del alcance del ruido en la zona de estudio (37).

3.2. Diseño de la investigación

En la investigación se hizo uso del diseño experimental con simulación en laboratorio computacional (37), debido a que se empleó el software ArcGIS para visualizar la reducción del alcance del ruido por tráfico en la

zona de la Universidad Continental. La investigación se realizó los meses de abril a junio, considerando que son fechas con afluencia estudiantil.

Específicamente, se aplicó un diseño pre experimental, tal como lo sugiere Bernal (38), toda vez que se realizará el experimento de un sistema urbano reductor de ruido de la Universidad Continental aplicándose simulación en el software ArcGIS.

$$O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

- O1=pretest, evaluación actual del nivel y alcance de ruido por tráfico en la Universidad Continental
- O2=postest, mediante la simulación se evaluará el nivel y alcance de ruido por tráfico
- X=Sistema urbano reductor de ruido

Para el desarrollo del diseño de la investigación se procedió a seguir los pasos que se detallan a continuación:

Primero, el objetivo de este monitoreo fue identificar los niveles de intensidad del ruido causado por el tránsito vehicular, el cual contiene a vehículos livianos, vehículos de transporte masivo, los cuales usan el claxon de manera excesiva.

Segundo, para el monitoreo del ruido ambiental fue elegida la avenida principal, la Av. San Carlos, la cual pasa por la Universidad Continental, dada la necesidad de monitorear el ruido generado por el paso vehicular. Para tal efecto se registró el ruido durante dos semanas, en los horarios: 07:00 – 08:00; 12:00 – 13:00; y 19:00-20:00.

Tercero, el estudio se realizó en la Av. San Carlos, y los puntos clave de monitoreo estarán ubicados en ambas esquinas de la universidad en mención, dado que dichas zonas resultan ser representativas dada la ubicación de la fuente que genera el ruido, y que se observa mayor incidencia en ellas.

Cuarto, la Universidad Continental es un centro de estudios que posee una gran cantidad de alumnado, ésta se ubica en la Av. San Carlos, la que

es una vía principal, dado esto se puede observar un alto nivel de tráfico, con potencial a tener efectos negativos sobre una zona residencial.

Quinto, para realizar el monitoreo de los niveles de contaminación auditiva se utilizó como instrumento un sonómetro digital, el cual calibrados fue calibrado por una institución acreditada por INACAL, que a la vez fue manipulado por un técnico operador con experiencia en su manejo.

Sexto, sobre la metodología de monitoreo, se siguieron las directrices generales contempladas en la Resolución Ministerial 227-2013-MINAM (25).

Séptimo, para la gestión de datos se rellenó el formato correspondiente en la Resolución Ministerial 227-2013-MINAM (25), para cada uno de los dos puntos de monitoreo, posterior a ello, los datos fueron analizados mediante software ArcGIS, evaluando el nivel de ruido y el alcance dentro de la zona de estudio.

Octavo, los resultados del monitoreo fueron comparados con los ECA para el ruido, de la misma manera con los estándares de la OMS.

Noveno, se incorporaron, dentro del software ArcGIS, los parámetros y condiciones respecto al sistema urbano reductor de ruido (pavimento reductor, una pantalla acústica vegetal con plantaciones de árboles colocadas mediante el método tresbolillo en las rejas de la Universidad Continental, y carteles con reductores de velocidad y silenciadores en las intersecciones del Pasaje San Jorge y el Pasaje San Agustín).

Finalmente, se evaluará la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, para ello se verificará el nivel y alcance del ruido generado por el flujo vehicular.

Por otro lado, la metodología de la interpolación mediante el método IDW se efectuó con el software ArcGIS. Siguiendo la teoría se ha establecido la fórmula:

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z(S_i)$$

La fórmula anterior se encarga de crear datos alrededor de los puntos que fueron acopiados de manera que se cree un mapa que asocie los datos obtenidos. La interpolación mediante distancia inversa ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación. Aunque es necesario señalar que este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra.

El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática. El parámetro Potencia le permite controlar la significancia de puntos conocidos en los valores interpolados basándose en la distancia desde el punto de salida. Es un número real positivo y su valor predeterminado es 2.

Al definir un valor de potencia más alto, se puede poner más énfasis en los puntos más cercanos. Entonces, los datos cercanos tendrán más influencia y la superficie tendrá más detalles (será menos suave). A medida que aumenta la potencia, los valores interpolados comienzan a acercarse al valor del punto de muestra más cercano. Al especificar un valor más bajo de potencia, los puntos circundantes adquirirán más influencia que los que están más lejos, lo que resulta en una superficie más suave.

El procedimiento para realizar la interpolación IDW en ArcGIS es el siguiente:

- Colocar los datos en coordenadas UTM Zona 18 mostrando los valores en dB del ruido en cada punto observado.
- Crear la capa de puntos con los valores de ruido (dB) de manera que pueda mostrarse en un shapefile.
- Crear un modelo dentro de la caja de herramientas del ArcGIS.
- En Herramientas de análisis espacial colocar interpolación y elegir el método IDW. Colocar este método dentro del modelo creado.
- Se crea la salida del raster en base al método IDW y correr el modelo.

- Para mostrar en el mapa se coloca visualizar los datos de la salida del raster. En caso sea necesario se reclasifica para tener más niveles.

3.3. Población y muestra

La población debe quedar especificada espacial y temporalmente, además, en la esta tesis se considera la identificación de la población considerando factores ambientales, asociados a la contaminación sonora generada por el tránsito vehicular.

Así, la unidad de análisis viene a ser el ruido por tráfico. La población viene a ser la cantidad de puntos posibles que se pueden extraer alrededor de la Universidad Continental de manera que se mida el ruido por tráfico generado por los vehículos que circulan en la Universidad Continental durante las 24 horas del día. La población de puntos aptos para la toma de datos son 20, los cuales se ubican estratégicamente. Por tanto, la muestra una cantidad de puntos representativos para la medición del ruido generado por los vehículos durante la semana, tomadas por tres horas (compuesta por los horarios 07:00 – 08:00; 12:00 – 13:00; y 19:00-20:00) durante una semana de estudio. Se ha elegido tres intervalos de tiempo toda vez estos horarios vienen a ser las horas punta en la cual se puede verificar mayor flujo vehicular, teniendo en cuenta que los docentes y estudiantes suelen movilizarse durante estas horas. Por otro lado, se ha establecido como puntos clave de medición la Av. San Carlos (esquina Psje. San Agustín y Psje. San Jorge), pues contiene el mayor flujo vehicular; no obstante, se cuenta con 13 puntos adicionales que engloban la manzana de la Universidad Continental, de manera que se tenga el alcance del ruido por tráfico vehicular. Se optado por este tipo de muestreo toda vez que se tuvo limitaciones económicas para acceder a sonómetros y personal de apoyo.

El muestreo realizado es no probabilístico por conveniencia, toda vez que se tomarán datos de las horas punta respecto al flujo vehicular, de tal manera

que el sistema urbano reductor de ruido responda a la situación crítica donde se genera mayor ruido por tráfico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, fueron utilizadas las técnicas de a) Acopio de datos, mediante el uso de fuentes bibliográficas, y b) Observacional, mediante el registro del aforo vehicular y los niveles de sonido del área de estudio.

Para medir los niveles de ruido la investigadora hizo uso de un sonómetro como instrumento de medida, el que contaba con el respectivo certificado de calibración por las entidades competentes como el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), haciendo uso del Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (25). De la misma manera se usó el software “ArcGIS” para generar los mapas de ruido y la simulación de la propuesta técnica.

Por otra parte, las técnicas de análisis estadísticos serán desarrollados a través de estadísticos descriptivos tales como el mínimo, el máximo, el promedio y la desviación estándar. Estos datos son útiles para la extrapolación de la información en el software ArcGIS.

Tomado de “Mapa de Huancayo, Perú en Google Maps”, Google (s.f.), recuperado el 29 de Junio de 2018, de <https://www.google.com/maps/@-12.0476936,-75.1988203,18.7z>.

Verificando el mapa satelital se establece que la Universidad Continental se ubica en la Av. San Carlos, siendo la calle más transitada toda vez que el tránsito vehicular de diversos tipos de vehículos se intensifica teniendo en cuenta que la avenida también es una vía para dirigirse a la Universidad Peruana Los Andes. Entre las intersecciones cercanas a la Universidad Continental y a la Av. San Carlos se encuentran el Psje. San Agustín y el Psje. San Jorge, las cuales no son calles altamente transitables. En la parte posterior a la Universidad Continental se ubica el Parque de la Identidad Wanka, el cual es una zona de recreación y cuenta con poca concurrencia vehicular de manera que el tráfico no es alto.

Para realizar el mapa de ruido de la Universidad Continental se han establecido un total de 15 puntos espaciales los cuales fueron interpolados a partir de la medición del ruido considerando dos puntos clave. Los puntos clave se ubicaron en las intersecciones de la Av. San Carlos con Psje. San Agustín (P1) y el Psje. San Jorge (P2), tal como se observa en la Figura 13. Mientras que el resto de los puntos fueron derivados mediante la interpolación IDW.

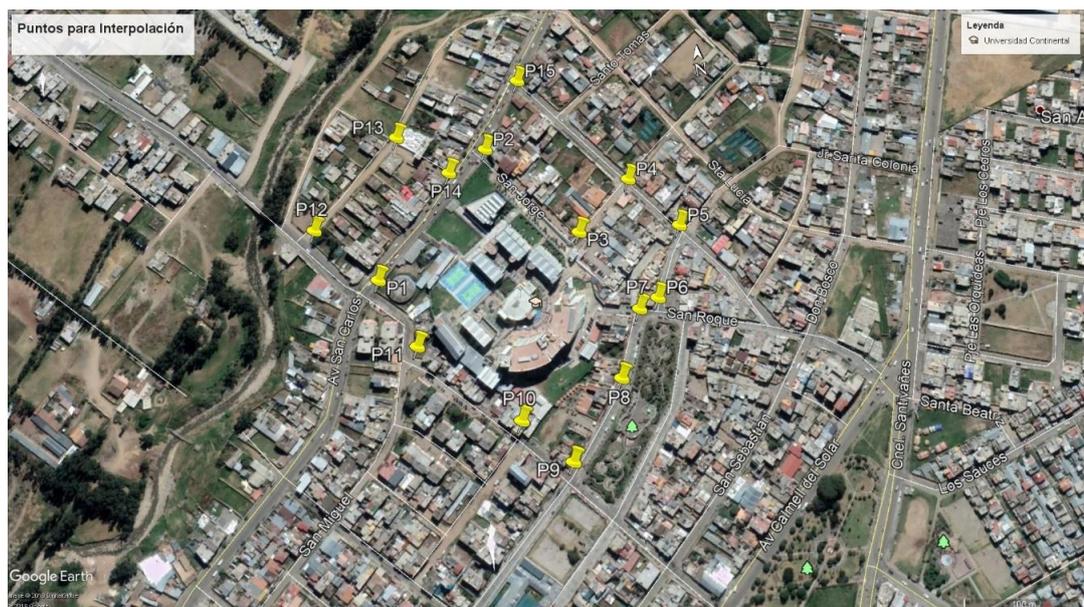


Figura 13. Ubicación de puntos de interpolación en la Universidad Continental (Universidad Continental)

Tomado de “Mapa de Huancayo, Perú en Google Maps”, Google (s.f.), recuperado el 29 de Junio de 2018, de <https://www.google.com/maps/@-12.0476936,-75.1988203,18.7z>.

Para la interpolación del resto de punto se ha empleado el método IDW (Distancia Inversa Ponderada, por sus siglas en inglés). Este método asume que la variable a interpolar tiene un comportamiento de disminución o aumento de su valor en función de una modificación en la distancia desde una fuente.

Los valores predichos sirven para ajustar las figuras de los mapas de ruido, así como el espectro del alcance del ruido.

4.1.2. Mapa de ruido según estado actual

Tal como se ha establecido, el estado actual del mapa de ruido responde a la interpolación de los datos basados en el acopio del ruido por tráfico mediante un sonómetro según el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (25). Los dos puntos clave se ubicaron en las intersecciones de la Av. San Carlos con el Psje. San Agustín (P1) y el Psje. San Jorge (P2), es a partir de ello que se ha tomado los datos:

Punto 1: Av. San Carlos y Psje. San Agustín

Tabla 8. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la mañana

Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		14/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
16 ^a	100	0	1	71.5	92	82.5	72.5	

16b	262	2	13	80.7	92	83.3	71.6	Transporte de materiales para construcción Congestión vehicular
16c	299	1	7	82.5	95.8	84.5	70.2	Policía de tránsito
16d	309	0	6	72.4	82.9	83.7	73.1	Transporte de fierros
TOTAL	970	3	27					
						L _{AeqT}	83.7	
						L _{AeqTCORR}	82.9	

Tabla 9. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la tarde

Ubicación		Esquina de San Carlos con pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo	14/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	12:00 p.m. a 13:00 p.m.							
N de medición	N de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
17 ^a	95	2	4	70.3	86	81.5	75.8	Transporte de material para construcción
17b	115	0	9	68.9	89.6	80.7	70.4	
17c	123	0	5	70.6	86.4	80.2	70.4	Concurrencia de alumnado
17d	116	0	5	71.9	78.1	81.5	71.3	
TOTAL	449	2	23					
						L _{AeqT}	81	

L _{AeqTCORr}	80.6
-----------------------	------

Tabla 10. Medición de ruido (dB) en el Punto 1 en el horario de la noche

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo	14/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	19:00 p.m. a 20:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
18 ^a	123	2	8	70.9	82.6	81.3	75.8	Transporte de carga
18 ^b	120	1	8	71.9	85.1	80	70.4	Transporte de carga
18 ^c	125	0	7	74.9	88.8	79.7	66.4	
18 ^d	101	0	5	70.1	86.6	78.8	65.3	
TOTAL	469	3	28					
						L _{AeqT}	80	
						L _{AeqTCORr}	79.5	

Las tres tablas anteriores muestran un recojo de información de ruido en el Punto 1, tomado a partir en tres momentos distintos a lo largo del día: mañana (7:00 a.m. a 8:00 a.m.), tarde (12:00 p.m. a 13:00 p.m.) y noche (19:00 p.m. a 20:00 p.m.). Los resultados demuestran que, en este punto, el ruido se encuentra alrededor de los 80 dB, siendo un valor muy alto y

perjudicial según lo señala el ECA Ruido (6) y la OMS. No obstante, un solo día no es suficiente para el acopio de la información, es por ello por lo que se hizo una recopilación de datos durante cinco días (del 14 de mayo hasta el 18 de mayo de 2018), de manera que se realizó un monitoreo apropiado (más información sobre el registro puede encontrarse en el Anexo 2). En base a los registros de ruido se han obtenido los siguientes resultados finales:

Tabla 11. Resumen de medición de ruido (dB) en el Punto 1 según horario

FECHA	HORA (7:00 a.m. a 8:00a.m)	HORA (12:00 p.m. a 13:00p.m)	HORA (19:00 p.m. a 20:00p.m)
	$L_{AeqTCORR}$	$L_{AeqTCORR}$	$L_{AeqTCORR}$
14/05/2018	82.9	80.6	79.5
15/05/2018	82.1	78.6	80.2
16/05/2018	83.5	80.3	79.3
17/05/2018	81.8	80.4	79.4
18/05/2018	82.9	82.9	81.0

Evidentemente se ha encontrado que el nivel de ruido en el Punto 1 se encuentra alrededor de los 80 dB, tal como se muestra en la Tabla 11, siendo su mayor presencia en el horario de la mañana. Es preciso establecer que durante el horario de la mañana (cuya medición de ruido está por encima de los 80 dB) es donde la afluencia de estudiantes es mayor, es por ello por lo que el flujo vehicular es mayor.

No obstante, sin desmerecer el flujo vehicular, los estándares de ruido en la tarde y en la noche se encuentran muy cercanas a los 80 dB. La Universidad Continental es una universidad con una gran demanda, el flujo peatonal y vehicular es alto, por ello que independientemente de la hora se encuentra un alto nivel de ruido por tráfico, ubicándose en el valor esperado de una zona industrial tal como lo establece el ECA Ruido (6). A su vez es preciso detallar que este punto es una intersección con una calle transitada que es San Agustín, cuyo tránsito se intensifica por la vía noroeste.

Punto 2: Av. San Carlos y Psje. San Jorge

De la misma forma que en el anterior punto, se ha realizado la medición del ruido en tres momentos diferentes tal como se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 12. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la mañana

Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
1 ^a	162	1	5	70.3	85.6	81.1	65.1	Transporte de materiales para construcción
1b	215	0	9	81.7	87.2	81.7	77.4	
1c	200	0	7	80.8	83.7	81.8	76.1	
1d	220	0	11	73.1	82.1	81.1	77.3	
TOTAL	797	1	32		L _{AeqT}	81.4		
					L _{AeqTCorr}	80.0		

Tabla 13. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la tarde

Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						

Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
2 ^a	43	0	0	71.3	84.7	77.5	64.1	
2b	161	5	4	74.6	90.7	80.9	63.5	Transporte de materiales para construcción
2c	251	0	5	74.8	81.4	79.6	72.9	Concurrencia de alumnado
2d	156	2	9	73.1	81.1	81.1	72.7	Transporte de agregados Trabajos de cambio de cables Transporte de agregados
TOTAL	611	7	18		L _{AeqT}	80.0		
					L _{AeqTCORR}	79.6		

Tabla 14. Medición de ruido (dB) en el Punto 2 en el horario de la noche

Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
3 ^a	157	0	8	74.5	82.2	79.9	72.9	
3b	142	0	10	71.9	85.1	80.0	66.8	Congestión vehicular
3c	150	0	12	68.8	81.9	80.0	66.9	Congestión vehicular

3d	101	0	5	64.7	81.1	80.7	73.9	
TOTAL	550	0	35					
					L _{AeqT}	80.2		
					L _{AeqTCORR}	79.7		

En base a las tres tablas anteriores asociadas al acopio de información de ruido en el Punto 2, obtenido en tres momentos distintos a lo largo del día: mañana (7:00 a.m. a 8:00 a.m.), tarde (12:00 p.m. a 13:00 p.m.) y noche (19:00 p.m. a 20:00 p.m.) se obtiene que estos están cerca de los 80 dB, el cual es un valor muy alto y perjudicial de acuerdo al ECA Ruido (6). Asimismo, se ha realizado una recopilación de datos durante cinco días (del 07 de mayo hasta el 11 de mayo de 2018). Es preciso señalar que la información fue tomada en otro momento, dado que solo se dispuso de un sonómetro por tanto se tenía limitaciones para tomar información en paralelo (más información sobre el registro de datos respecto al Punto 2 puede encontrarse en el Anexo 3). De acuerdo con los registros de ruido en el Punto 2 se han obtenido los siguientes resultados finales:

Tabla 15. Resumen de medición de ruido (dB) en el Punto 2 según horario

FECHA	HORA (7:00 a.m. a 8:00a.m)	HORA (12:00 p.m. a 13:00p.m)	HORA (19:00 p.m. a 20:00p.m)
	L _{AeqTCORR}	L _{AeqTCORR}	L _{AeqTCORR}
7/05/2018	80.0	79.6	79.7
8/05/2018	80.9	79.4	77.7
9/05/2018	81.1	79.1	79.3
10/05/2018	80.6	78.4	78.9
11/05/2018	81.9	79.2	79.3

A partir de los hallazgos obtenidos, se ha evidenciado que el nivel de ruido en el Punto 2 se encuentra alrededor de los 80 dB, con una ligera tendencia a ubicarse 2 dB por debajo, tal como se muestra en la Tabla 15, siendo su mayor presencia en el horario de la mañana. De igual manera

como ocurrió en el Punto 1, durante el horario de la mañana se halló mayor captura de ruido (cuya medición de ruido está por encima de los 80 dB). Este fenómeno sucede debido a la mayor afluencia de estudiantes, así como excesivo flujo vehicular. Un hecho relevante es que este punto resulta tener 1 dB menos en comparación con el Punto 1. Sin embargo, el flujo vehicular aún mantiene los estándares de ruido alto en la tarde y en la noche ubicándose cerca de los 80 dB, este valor se ubica dentro del ruido categorizado para una zona industrial, tal como lo establece el ECA Ruido (6) y la OMS. Además, se especifica que este punto es una intersección con el Psje. San Jorge, el cual no presenta tráfico vehicular, sino más bien es una calle empleada para dirigir al aparcamiento de los vehículos de los docentes y estudiantes de la Universidad Continental.

A partir de la información detallada se ha desarrollado el mapa de ruido por tráfico alrededor de la Universidad Continental. Las siguientes figuras dar por sentado que el tráfico vehicular se intensifica al frontis de la Universidad Continental, alcanzando niveles de ruido que se ubican por encima de los 80 dB. Este fenómeno suele ocurrir en el horario de la mañana, siendo la puerta de ingreso uno de los puntos con mayor incidencia de ruido por tráfico. De acuerdo con la interpolación IDW, el rango de ruido puede alcanzar el 90% del área de la Universidad Continental por encima de los 71 dB durante las mañanas. Mientras que, por las tardes, el 90% del área logra ubicarse por encima de los 69 dB y en las noches, el 85% se encuentra por encima de los 69 dB. Además, en la mañana, el ruido generado por el tráfico vehicular en el frontis de la Universidad Continental alcanza ampliamente hasta unos 57.0 metros (medido a partir de la puerta de ingreso), rango en el cual se puede percibir ruidos de 77 dB a más. A esta distancia es posible ubicar los distintos pabellones de la Universidad Continental que contribuyen con mermar el ruido por tráfico; no obstante, aún es posible percibir su sensación. Entre los 57.0 y 123.0 metros (medido a partir de la puerta de ingreso), el ruido se ubica entre 71 y 77 dB. En la parte posterior el ruido es menor a los 71 dB, debido a menor flujo vehicular.

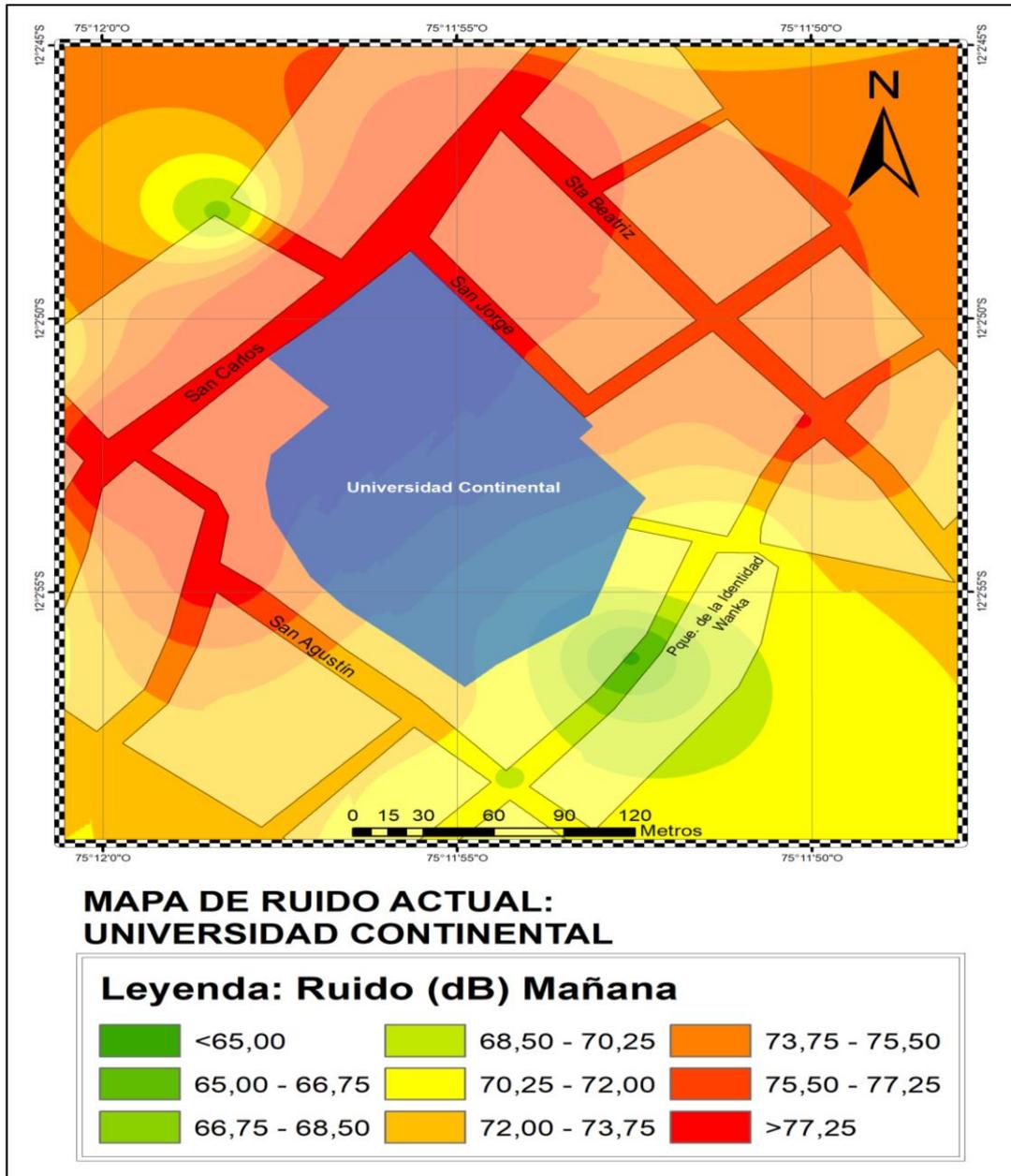


Figura 14. Mapa de ruido por tráfico medido por la mañana en la Universidad Continental (Universidad Continental)

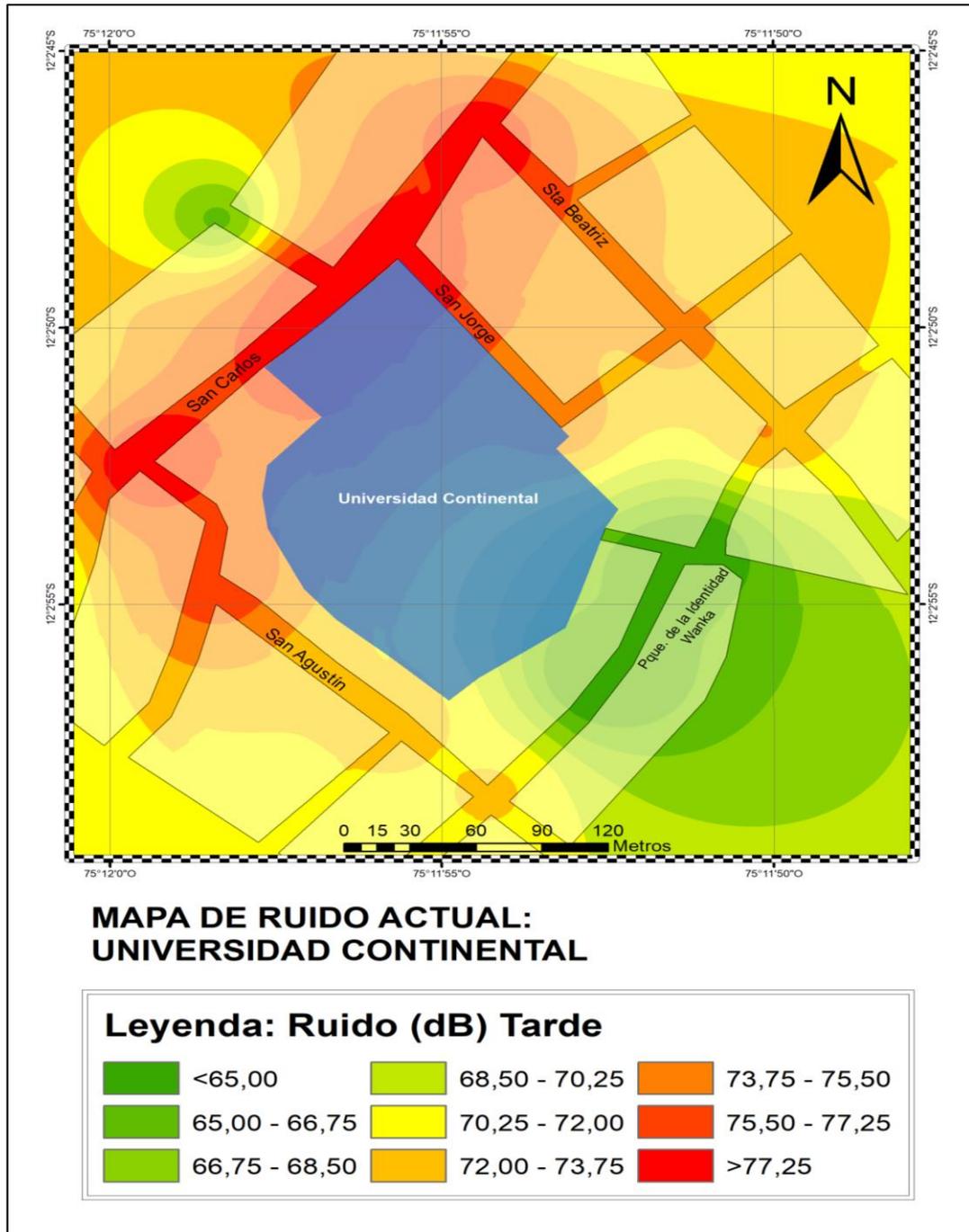


Figura 15. Mapa de ruido por tráfico medido por la tarde en la Universidad Continental (Universidad Continental)



Figura 16. Mapa de ruido por tráfico medido por la noche en la Universidad Continental (Universidad Continental)

4.1.3. Mapa de ruido modelado con el Sistema Urbano Reductor de Sonido

El Sistema Urbano Reductor de Sonido, está compuesto por tres acciones que permiten el ruido pueda mermarse en el frontis de la Universidad Continental. Este sistema incorpora en la simulación las siguientes condiciones:

- i. Pavimento reductor. Para contar con un pavimento que sea eficaz con la reducción de ruido generado por la tracción entre el neumático y el pavimento. Se debe emplear una capa de rodaje drenante, la cual consiste en colocar una capa porosa de 4 centímetros. Es por lo que, este tipo de capa permite absorber el ruido del neumático y el motor. Es de esperarse que el ruido se reduzca en promedio de 4 dB, siempre que se mantenga un espesor de 4 cm y un porcentaje de huecos mayor al 20% (34). El rango esperado de reducción de ruido va de 3 a 5 dB, considerando un pavimento rígido para un total de 2859 metros cuadrados (la desviación estándar es de 1 dB). El ruido se reduce en mayor magnitud en pavimento mojado (34). Esta medida es responsable ambientalmente. Para el proceso de simulación se ha aplicado el promedio de los valores aleatorios obtenidos en base al intervalo planteado.
- ii. Pantalla acústica vegetal con plantaciones de árboles colocadas mediante el método tresbolillo que reemplazan las rejas de la Universidad Continental, específicamente ubicada en la Av. San Carlos. La franja de vegetación se ubica en la parte frontal y es de al menos 5 metros de ancho para tener efectos adecuados. La extensión de la pantalla será por 80 metros de largo, es necesario que la vegetación sea lo suficientemente densa para tener una reducción de 3 a 8 dB (con una desviación estándar es de 2 dB) (35). Las plantaciones serán retama y acacia que pueden alcanzar una altura de 4.0 m. con marcos de plantación lineal y tresbolillo. Además, se ha estimado el promedio de una extracción aleatoria de datos.
- iii. Carteles con reductores de velocidad y silenciadores en las intersecciones del Pasaje San Jorge y el Pasaje San Agustín, así como al frente de la entrada de la Universidad Continental). Esta medida permite que el tráfico sea más fluido y que se evite usar el claxon en zonas de tráfico. Los resultados indican que se ha podido reducir entre 2 y 5 dB (la desviación estándar es de 1.5 dB) el ruido en vías urbanas (35).

Para todas las acciones se ha estimado una simulación con 100 datos aleatorios respecto a la reducción de ruido por tráfico según su intervalo. La simulación consiste en determinar un promedio del nivel de reducción de ruido por tráfico según la media y la desviación estándar de cada una de las acciones, de manera que se estime un valor promedio según la simulación de 100 datos aleatorios.

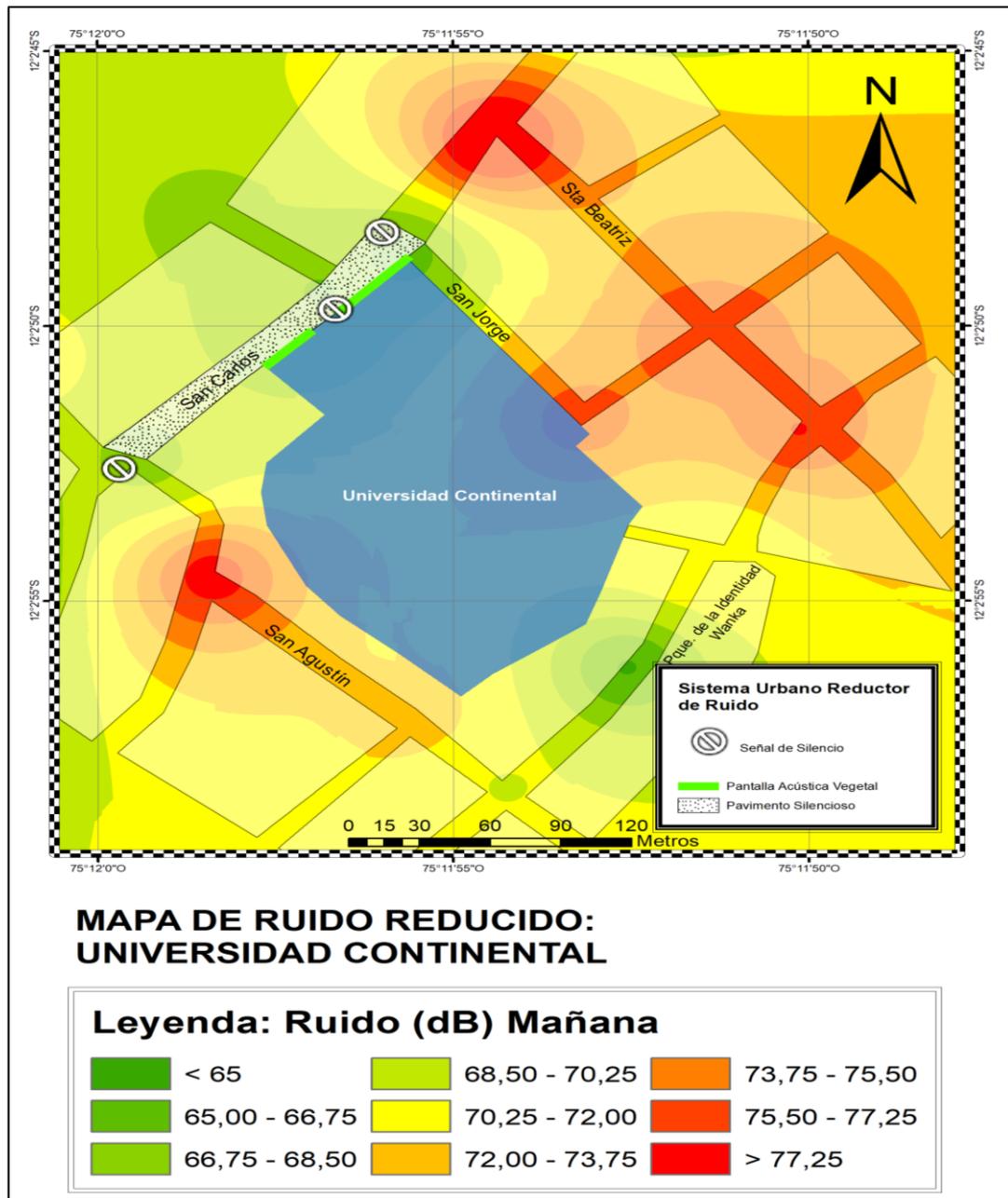


Figura 17. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la mañana en la Universidad Continental.

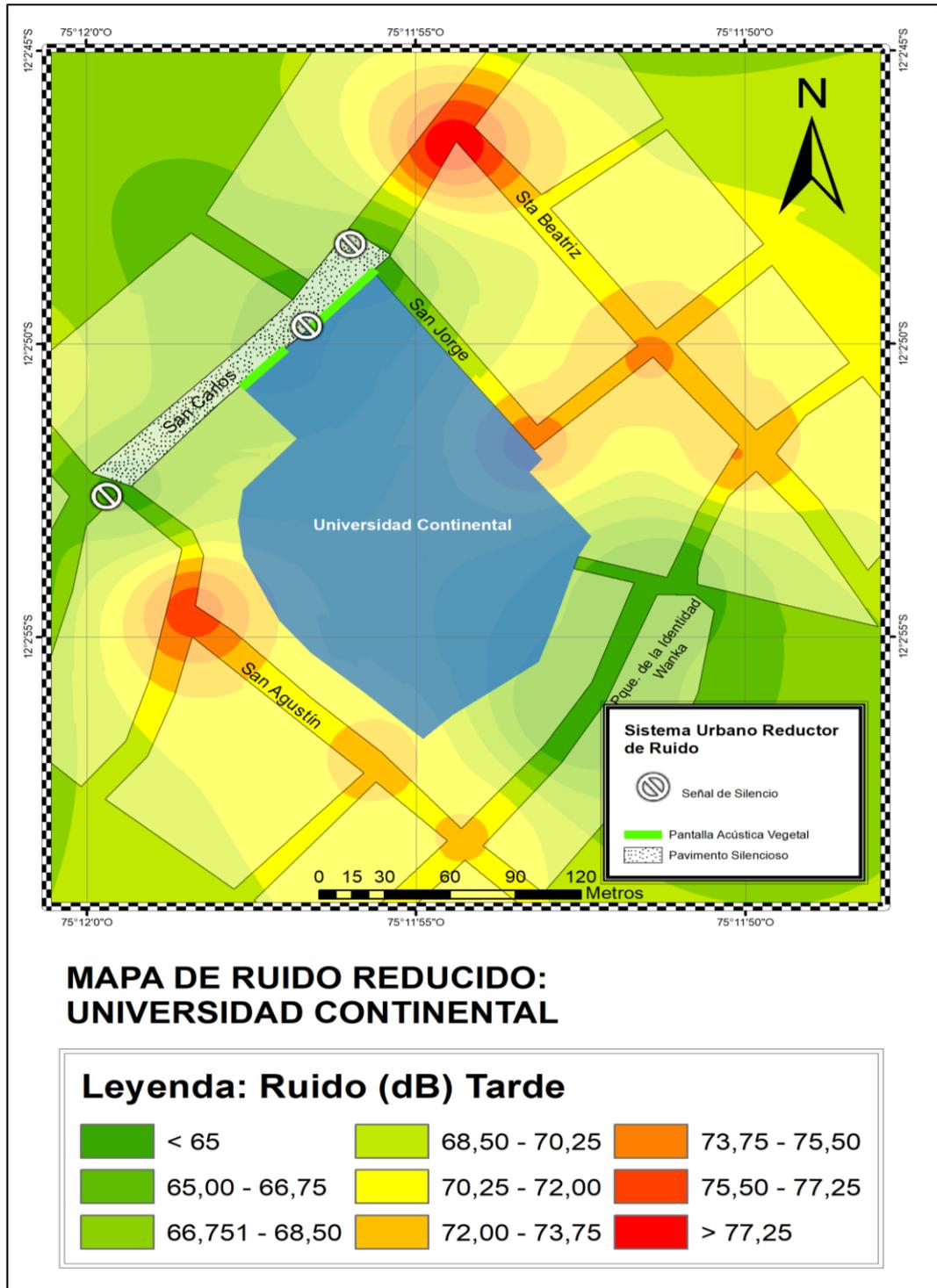
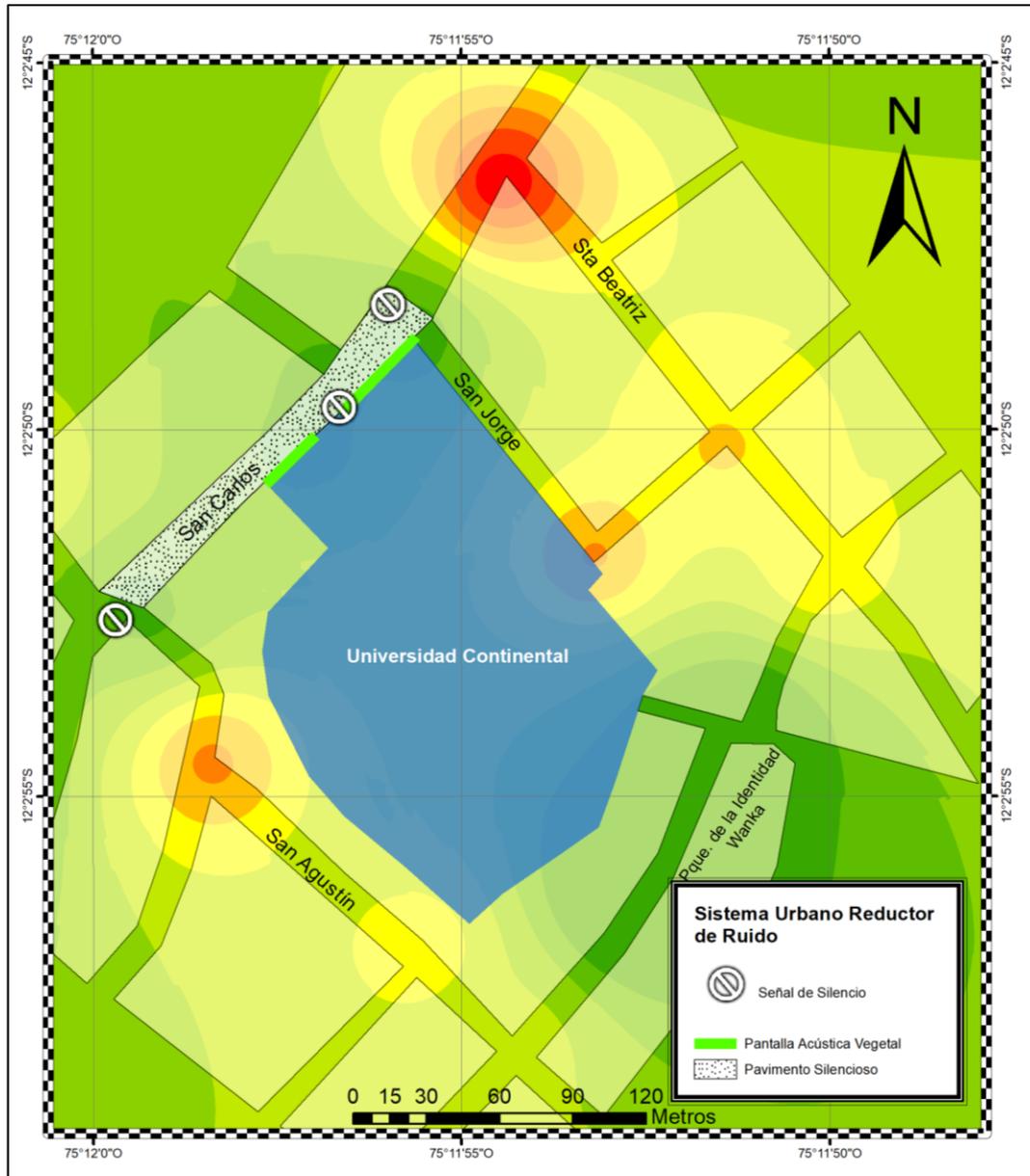


Figura 18. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la tarde en la Universidad Continental.



**MAPA DE RUIDO REDUCIDO:
UNIVERSIDAD CONTINENTAL**

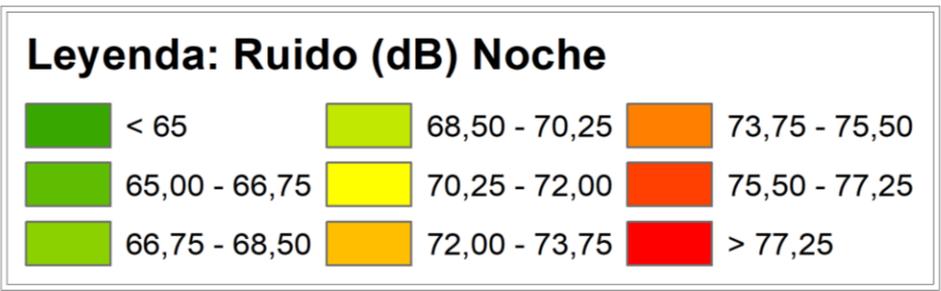


Figura 19. Mapa de ruido según Sistema Urbano Reductor de Sonido modelado para la noche en la Universidad Continental.

Las figuras anteriores demuestran que el ruido por tráfico se reduce notablemente tomando las acciones descritas en el Sistema Urbano Reductor de Sonido. Las medidas de reducción de ruido generan una mayor área con menor ruido dentro de la Universidad Continental. Sin importar la hora del día se ha observado mejoras sustanciales, toda vez que el ruido se ubica por debajo de los 76 dB, en la mayoría del área de estudio.

4.2. Pruebas de hipótesis

En vista que las figuras de los mapas de ruidos muestran una mejora significativa, se procede a validar la hipótesis de investigación que han sido planteadas aplicando inferencia estadística. Para la prueba de hipótesis se ha empleado los datos del Anexo 4.

Primera hipótesis específica:

En la investigación se ha especificado la primera hipótesis de la siguiente manera: El nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por encima de los estándares del ECA Ruido, 2017.

Las hipótesis estadísticas se formulan a continuación:

H0: El nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por dentro de los estándares del ECA Ruido, 2017.

$$H_0: \mu \leq 50dB \text{ (diurno)}; 40 dB \text{ (nocturno)}$$

H1: El nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por encima de los estándares del ECA Ruido, 2017.

$$H_0: \mu > 50dB \text{ (diurno)}; 40 dB \text{ (nocturno)}$$

Para el proceso de la hipótesis se establece un nivel de confianza del 95%, es decir, un nivel de significancia del 5%.

Asimismo, se aplicó un test de diferencia de medias para cada escenario recomendado por el ECA Ruido.

Tabla 16. Prueba de la primera hipótesis específica

Escenarios	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	g.l.	Sig. (bilateral)
Diurno (50 dB)	79.077	1.33	0.344	84.409	14	0.000
Nocturno (40 dB)	79.076	1.33	0.344	113.439	14	0.000

Conclusión: En vista que el resultado de la significancia bilateral es menor que el nivel de significancia estadística (0.05) se rechaza la hipótesis nula, por tanto, el nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por encima de los estándares del ECA Ruido, 2017.

Al respecto no resulta necesario establecer las hipótesis estadísticas, toda vez que no es necesario aplicar inferencia. El ECA Ruido establece que, para zonas de protección especial, en el cual se encuentran establecimientos educativos tal como sucede con la Universidad Continental, el valor límite recomendado es de 50 dB (LAeq) en el horario diurno y de 40 dB (LAeq) en el horario nocturno (6). Al respecto se ha encontrado que, en el frontis de la Universidad Continental, el valor del ruido se ubica alrededor de 80 dB, siendo 30 dB por encima de lo recomendado en el horario diurno. Es preciso señalar que este tipo de ruido, incluso a nivel del máximo recomendado por la OMS, genera daños al oído si su exposición es constante. Es así como, se valida la hipótesis de investigación pues se ha encontrado que la contaminación sonora se encuentra por encima de los estándares de la OMS.

Segunda hipótesis específica:

La segunda hipótesis específica de investigación establece que: El pavimento reductor de ruido reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

Las hipótesis estadísticas se formulan a continuación:

H0: El pavimento reductor de ruido no reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H0: \mu(\text{antes}) \leq \mu(\text{después})$$

H1: El pavimento reductor de ruido si reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H0: \mu(\text{antes}) > \mu(\text{después})$$

Para el proceso de la hipótesis se establece un nivel de confianza del 95%, es decir, un nivel de significancia del 5%.

Además, se empleó un test de diferencia en medias relacionadas.

Tabla 17. Prueba de la segunda hipótesis específica

Diferencia	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	g.l.	Sig. (bilateral)
Antes - Después (pavimento reductor)	2.36067	1.78386	0.46059	5.125	14	0.000

Conclusión: En vista que el resultado de la significancia bilateral es menor que el nivel de significancia estadística (0.05) se rechaza la hipótesis nula, es así que el pavimento reductor de ruido si reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

La implantación de una capa de rodaje drenante compuesta por una capa porosa de 4 centímetros, la cual absorberá el ruido del neumático y el motor. El ruido debe reducirse en promedio 4 dB, siempre que se mantenga un espesor de 4 cm y un porcentaje de huecos mayor al 20%. El rango esperado de reducción de ruido va de 3 a 5 dB, considerando un pavimento rígido para un total de 2859 metros cuadrados. El ruido se reduce en mayor magnitud en pavimento mojado. Teniendo en cuenta este criterio es posible

validar la hipótesis verificándose que la aplicación del pavimento reduce los niveles de contaminación sonora por tráfico.

Tercera hipótesis específica:

La tercera hipótesis específica que se ha planteado es: La pantalla vegetal reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

Las hipótesis estadísticas se formulan a continuación:

H0: La pantalla vegetal no reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) \leq \mu(\text{después})$$

H1: La pantalla vegetal si reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) > \mu(\text{después})$$

Para el proceso de la hipótesis se establece un nivel de confianza del 95%, es decir, un nivel de significancia del 5%.

Además, se empleó un test de diferencia en medias relacionadas.

Tabla 18. Prueba de la tercera hipótesis específica

Diferencia	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	g.l.	Sig. (bilateral)
Antes - Después (pantalla acústica)	2.48267	2.54846	0.65801	3.773	14	0.002

Conclusión: En vista que el resultado de la significancia bilateral es menor que el nivel de significancia estadística (0.05) se rechaza la hipótesis nula, es así que se concluye que la pantalla vegetal si reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

La franja de vegetación, denominado por una pantalla acústica vegetal, la cual se ubicará en la parte frontal y es de al menos 5 metros de

ancho para tener efectos adecuados. La extensión de la pantalla será por 80 metros de largo. A su vez, es necesario que la vegetación sea lo suficientemente densa para tener una reducción de 3 a 8 dB. Teniendo en cuenta estos indicios se valida la hipótesis de investigación.

Cuarta hipótesis específica:

La cuarta hipótesis específica señala lo siguiente: Los reductores de velocidad y silencio reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

Las hipótesis estadísticas se formulan a continuación:

H0: Los reductores de velocidad y silencio no reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) \leq \mu(\text{después})$$

H1: Los reductores de velocidad y silencio si reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) > \mu(\text{después})$$

Para el proceso de la hipótesis se establece un nivel de confianza del 95%, es decir, un nivel de significancia del 5%.

Además, se empleó un test de diferencia en medias relacionadas.

Tabla 19. Prueba de la cuarta hipótesis específica

Diferencia	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	g.l.	Sig. (bilateral)
Antes - Después (carteles silencio)	2.28400	1.61653	0.41739	5.472	14	0.000

Conclusión: En vista que el resultado de la significancia bilateral es menor que el nivel de significancia estadística (0.05) se rechaza la hipótesis nula, de esta manera se concluye que los reductores de velocidad y silencio

reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

La presencia de carteles con reductores de velocidad y silenciadores en las intersecciones del Pasaje San Jorge y el Pasaje San Agustín, así como al frente de la entrada de la Universidad Continental) permite que el tráfico sea más fluido y que se evite usar el claxon en zonas de tráfico. Mostrándose así que el control de ruido reduce entre 2 y 5 dB el ruido en vías urbanas. De esta manera es posible verificar que la hipótesis es válida.

La inserción del sistema urbano reductor de sonido ha permitido que el ruido se reduzca en 14.9 dB tanto en la mañana como en la noche, mientras que en la tarde la reducción fue de hasta 15.1 dB. De la misma forma, la reducción ha generado que el mapa de ruido tenga menores alcances dentro de la Universidad Continental. Gráficamente, las tres últimas figuras demuestran que el alcance del ruido merma bastante, hasta ubicarse cerca de los valores recomendados por el ECA Ruido y la OMS. En vista de los resultados se establece que el diseño del sistema urbano influye negativamente en el nivel de ruido por tráfico de la Universidad Continental.

Hipótesis general:

La hipótesis general de investigación establece que: El diseño de un sistema urbano permitirá la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

Las hipótesis estadísticas se representan de la siguiente manera:

H0: El diseño de un sistema urbano no reduce el nivel del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) \leq \mu(\text{después})$$

H1: El diseño de un sistema urbano si reduce el nivel del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

$$H_0: \mu(\text{antes}) > \mu(\text{después})$$

Para el proceso de la hipótesis se establece un nivel de confianza del 95%, es decir, un nivel de significancia del 5%.

Además, se hizo uso de un test de diferencia en medias relacionadas.

Tabla 20. Prueba de la primera hipótesis específica

Diferencia	Media	Desviación	Desv. Error promedio	t	g.l.	Sig. (bilateral)
Antes - Después (sistema urbano reductor de ruido)	11.19733	2.56850	0.66318	16.884	14	0.000

Conclusión: En vista que el resultado de la significancia bilateral es menor que el nivel de significancia estadística (0.05) se rechaza la hipótesis nula, por tanto, se concluye que el diseño de un sistema urbano si reduce el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

La investigación tiene por finalidad realizar el diseño del sistema urbano reductor de sonido, así como su simulación para verificar la reducción del ruido. El sistema urbano se encuentra compuesto por: i) pavimento reductor de ruido en base a una capa de rodaje drenante cuya eficacia reduce el ruido entre 3 a 5 dB; ii) pantalla acústica vegetal de 5 metros de ancho y densidad máxima, cuya eficacia reduce entre 3 a 8 dB; y carteles reductores de velocidad y silenciadores, cuya eficacia reduce el ruido entre 2 y 5 dB. Las diversas acciones permiten que el ruido se reduzca sustancialmente, ubicándose en 14,9 dB por debajo de lo habitual. Es así como se concluye que el sistema urbano reduce el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.

4.3. Discusión de resultados

La investigación realizada ofrece grandes posibilidades para el empleo de las tres medidas o acciones para la reducción de ruido por tráfico, teniendo una mayor eficacia la pantalla acústica vegetal, pero con la condición de que tenga una alta densidad. Sin embargo, en conjunto la suma de las diversas acciones o medida permiten que el ruido merme sustancialmente, ubicándose alrededor del valor máximo recomendado por el ECA Ruido (6) y la OMS.

De igual manera se ha encontrado que estas medidas propuestas tienen un valor significativo en la reducción de ruido por tráfico. Ruza (5) desarrolló un modelo de simulación y estimación de protección del ruido mediante plantaciones vegetales, y encontró que el efecto de amortiguación de la vegetación, incluido el efecto del suelo respecto a la absorción, es de 2 a 5 dB, pero que se incremente la densidad para contar con resultados óptimos. A su vez, Kloth, Vancluysen, Clement, y Ellebjerg (8) hallaron que las superficies viales de baja emisión, las cuales están basadas en superficies tanto de capa fina como asfaltos de tipo poroso, generándose una reducción entre 3 y 4 dB; por otra parte, las pantallas acústicas que disminuyen el ruido hasta en 15 dB(A), sin embargo suelen ser muy costosas dependiendo del material, incluso se considera usar vegetación como pantallas vegetales o acústicas siempre que la vegetación sea alta, grande y densa; y finalmente, la gestión del tráfico a través de la reducción del volumen de tráfico (desde 10% hasta 75%) permite reducir el ruido desde 0.5 dB hasta 6.0 dB, además la reducción de la velocidad permite reducir el ruido vehicular. Finalmente, Ramírez y Domínguez (11) establecieron que es importante usar medidas sobre la fuente emisora, implementación de normas de emisión, normas reducción de velocidad, normas reducción vehicular y normas sobre el uso de bocinas, pero debiéndose considerar que no solo basta el papel y publicación de la norma; sino una exhaustiva implementación y aplicación, toda vez que en algunos casos no se encuentra efectos en la reducción del sonido.

En base al sustento de los autores y a la teoría establecida en la investigación, resulta que las medidas adoptadas permiten que el ruido se reduzca y concentre dentro de la Av. San Carlos. De esta manera no se tenga efectos en el interior de la Universidad Continental. A su vez la propuesta planteado resulta ser ecológica y medioambientalmente responsable.

CONCLUSIONES

1. Se ha logrado diseñar un sistema urbano reductor de ruido para la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017, el sistema estuvo compuesto por tres acciones o medidas reductoras: : i) pavimento reductor de ruido en base a una capa de rodaje drenante cuya eficacia reduce el ruido entre 3 a 5 dB; ii) pantalla acústica vegetal de 5 metros de ancho y densidad máxima, cuya eficacia reduce entre 3 a 8 dB; y iii) carteles reductores de velocidad y silenciadores, cuya eficacia reduce el ruido entre 2 y 5 dB. Las diversas acciones permiten que el ruido se reduzca sustancialmente, ubicándose en 14,9 dB por debajo de lo habitual. Es así como se concluye que el sistema urbano reduce el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017. Evaluando la reducción de ruido por tráfico generado por el diseño del sistema urbano en la Universidad Continental, 2017 se ha encontrado que, por la mañanas y noches, el ruido por tráfico se reduce en 14.9 dB; mientras que por las tardes puede llegar hasta los 15.1 dB.
2. Se ha evaluado que el nivel de contaminación sonora causado el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017 se encuentra alrededor de los 80 dB, siendo 30 dB por encima de lo recomendado según el ECA Ruido, por lo tanto, se establece que el ruido en la Universidad Continental es superior ubicándose en el nivel aceptable para una zona industrial.
3. Se determinó que la implementación de una capa de rodaje drenante compuesta por una capa porosa de 4 centímetros absorberá el ruido del neumático y el motor. La implementación de esta tecnología permite que el ruido se reduzca en promedio 4 dB, manteniendo un espesor de 4 cm y un porcentaje de huecos mayor al 20%.
4. Se ha determinado que la franja de vegetación, denominado por una pantalla acústica vegetal, la cual se ubicará en la parte frontal requiere contar con al menos 5 metros de ancho para tener efectos adecuados. La extensión de la pantalla será por 80 metros de largo. De manera que, es necesario que la vegetación sea lo suficientemente densa para tener una reducción de 3 a 8 dB.

5. La presencia de carteles con reductores de velocidad y silenciadores en las intersecciones del Pasaje San Jorge y el Pasaje San Agustín, así como al frente de la entrada de la Universidad Continental permite que el tráfico sea más fluido y que se evite usar el claxon en zonas de tráfico. Mostrándose así que el control de ruido reduce entre 2 y 5 dB el ruido

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las entidades y organizaciones vinculadas realicen los proyectos adecuados para la reducción del ruido en la zona de afectación, siendo la Universidad Continental la de mayor interés para el desarrollo de estas acciones pues el ruido afecta a los estudiantes. Además, es necesario, tener en cuenta que es necesario realizar las coordinaciones respectivas con la Municipalidad Provincial de Huancayo para la ejecución de las acciones.
2. Se recomienda emplear instrumentos calibrados de sonómetros para realizar un acopio adecuado de datos de ruido y su monitoreo.
3. Se recomienda emplear el software ArcGIS, así como la interpolación IDW para la realización de los mapas de ruido. Asimismo, se sugiere emplear otros factores para establecer la tridimensionalidad de las viviendas y construcciones dado que los muros permiten reducir el nivel de ruido y reducen su alcance.
4. Se sugiere aplicar un mix de diversas acciones reductoras de ruido para tener mejores efectos en la mitigación de contaminación sonora producida a partir del tráfico vehicular, esto en base a las condiciones económicas y a los objetivos esperados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **World Health Organization.** World Health Organization. *Health and sustainable development.* [En línea] 2017. <http://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/noise/en/#>.
2. **Ministerio del Medio Ambiente [MMA].** *Estrategia para la gestion de control de ruido ambiental.* Santiago de Chile : Ministerio del Medio Ambiente, 2010.
3. **Cattaneo, Maricel, y otros.** *Estudio de contaminación sonora en la ciudad de Buenos Aires.* Buenos Aires : Universidad de Palermo, Facultad de ingeniería, 2010.
4. **Organización Mundial de la Salud (OMS).** *Guías para el ruido urbano.* Londres : Stockholm University y Karolinska Institute, 2015.
5. *La vegetación en la lucha contra el ruido.* **Ruza, F.** 1996, Revista de la Asociación Técnica de Carreteras, N°. 56., págs. 43-50.
6. **Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.** *Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido.* Lima : Presidencia del Consejo de Ministros - PCM, 2003.
7. **OEFA.** *Evaluación rápida del nivel de ruido ambiental en las ciudades de Lima, Callao, Coronel Portillo, Huancayo, Huánuco, Cusco y Tacna.* Lima : Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2011.
8. **Kloth, M, y otros.** *Manual del profesional para la elaboración de planes de acción contra el ruido en el ámbito local.* s.l. : Proyecto SILENCE, 2006.
9. *Contaminacion sonora por ruido vehicular en la Avenida Javier Prado.* **Santos, Eulogio.** Lima : Industrial Data a, vol. 10, núm. 1, 2007, Industrial Data, vol. 10, N°1, págs. 11-15.
10. **Nieto, N.** *La Contaminación Sonora Y sus Efectos Sobre la Ansiedad, en Pobladores de la Ciudad de Tarapoto San Martín - Perú.* Trujillo : Programa Doctoral de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Trujillo , 2010.
11. *El ruido vehicular urbano: Problema agobiante de los países en vías de desarrollo.* **Ramírez, A y Domínguez, E.** Bogotá : Universidad Javeriana, Facultad

de estudios ambientales y rurales, 2011, Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. vol. 35,Nº 137, págs. 143-156.

12. **Zavala, S.** *Niveles de contaminación acústica por tráfico automotor de marzo - julio en la zona urbana de la ciudad de Tingo María.* Tingo Maria : Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2014.

13. *Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros.* **Zamorano, B, y otros.** 2015, Acta Universitaria, 25(5), págs. 20-27.

14. *Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia).* **Correa, F, Osorio, J y Patiño, B.** Medellín : Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Universidad de Medellín, 2015, Semestre Económico, volumen 18, Nº 37, págs. 11-50.

15. **Quevedo, B y Revollo, C.** *Determinación del impacto económico del ruido en el precio de las viviendas de la ciudad de Chiclayo: una aplicación de precios hedónicos.* Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2015.

16. **Aguirre, G, y otros.** *Ruido = responsabilidad de todos y todas .* Bilbao : ULERTUZ, 2015.

17. **Canchari, E.** *Redes Neuronales Artificiales de Base Radial Como Herramienta de Predicción de la Contaminación Acústica Generado por Tránsito Vehicular.* Lima : Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería, 2015.

18. **Sánchez, R.** *Evaluación y caracterización de la contaminación acústica en un núcleo urbano de tipo turístico costero (El Portil, Huelva).* Huelva : Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Huelva , 2015.

19. **Yagua, W.** *Evaluación de la contaminación acústica en el centro histórico de Tacna mediante la elaboración de mapas de ruido - 2016.* Arequipa : Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.

20. **Delgadillo, M.** *Evaluación de Contaminación Sonora Vehicular en el centro de la ciudad de Tarapoto, provincia de San Martín 2015.* Tarapoto : Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, 2017.

21. *Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable.* **Alfie, M y Salinas, O.** 2017, Estudios Demográficos y Urbanos, Vol. 32, págs. 65-96.
22. **Ballesteros, V y Daponte, A.** *Ruido y sonido.* Andalucía : OSMAN, 2011.
23. *Caracterización de los niveles de contaminación auditiva en Bogotá : Estudio piloto.* **Franco, J, Behrentz, E y Pacheco, J.** 2009, Revista de Ingeniería, págs. 72–80.
24. **Martínez, J y Peters, J.** *Contaminación acústica y ruido.* s.l. : En acción , 2013.
25. **R.M. 227-2013-MINAM.** *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental .* Lima : Ministerio del ambiente, 2013.
26. **Ley N° 28611.** *Ley general del ambiente.* Congreso de la República : Lima, 2005.
27. **Ley N° 28245.** *Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.* Lima : Congreso de la República , 2004.
28. **Organización Mundial de la Salud.** *Guidelines for Community Noise.* Ginebra : s.n., 1999. págs. 250-275.
29. **Ley N° 27972.** *Ley Orgánica de Municipalidades .* Lima : El Congreso de la República , 2005.
30. **Ordenanza Municipal N°418 - MPH/CM.** *Ordenanza regulatoria de la suspensión y limitación de los ruidos nocivos y molestos .* Huancayo : Consejo Municipal de la Municipalidad Provincial de Huancayo , 2010.
31. *El Ruido del Tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana.* **Quinteros, J.** s.l. : Universidad Pontificia Bolivariana, 2013, Puente Vol. 7, Núm. 1 , págs. 93–99.
32. **Gordillo y Ochoa.** *Determinación de Nivel de Presión Sonora (NSP) generados por las aeronaves, en el sector sur del aeropuerto Mariscal Lamar de la ciudad de Cuenca.* Cuenca : Universidad Politécnica de Salesiana , 2015.
33. **Cano, J.** *Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: Aeropuerto Olaya Herrera de la Ciudad de Medellín.* Medellín : Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, 2009.

34. **Miró, Rodrigo.** *Pavimentos de baja sonoridad.* Cataluña : Universidad Politécnica de Cataluña, 2010.
35. **OCDE.** *Reducción del ruido en el entorno de las carreteras y tráfico vehicular.* Barcelona : Organización de Cooperación y Desarrollo Económico, Programa de Investigación en Carreteras y Transportes, 2012.
36. **Sandberg, U, y otros.** *Low-noise surfaces or urban roads and streets.* s.l. : Proyecto SILENCE, 2008.
37. **Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista , María.** *Metodología de la investigación.* México : McGrawHill, 2014.
38. **Bernal, Cesar.** *Metodología de la investigación.* Colombia : Pearson, 2010.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de Consistencia

Título: “Diseño de un sistema urbano reductor de ruido por tráfico en la Universidad Continental”

Autor: Bach. Rudy Milagros Ticse Sotomayor

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema general: ¿De qué manera el diseño de sistemas urbanos podría reducir el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los niveles de ruido por tráfico basado en los niveles recomendables de contaminación sonora en la Universidad Continental, 2017? • ¿Cómo influye el pavimento reductor de ruido en los niveles de contaminación sonora por tráfico 	<p>Objetivo general: Diseñar un sistema urbano que permita la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el nivel de contaminación sonora causado el ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017. • Determinar la influencia del pavimento reductor de ruido sobre los niveles de contaminación 	<p>Hipótesis general: El diseño de un sistema urbano permitirá la reducción del ruido por tráfico en la Universidad Continental, 2017.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel de contaminación sonora provocado por el ruido por tráfico en la Universidad Continental se encuentra por encima de los estándares del ECA, 2017. • El pavimento reductor de ruido reduce los niveles de 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema urbano reductor de ruido • Ruido por tráfico 	<p>Nivel: Explicativo</p> <p>Método Específico: Descriptivo-explicativo</p> <p>Diseño: Pre experimental</p>	<p>Población: El ruido generado por los vehículos circulantes en la Universidad Continental durante las 24 horas del día.</p> <p>Muestra: El ruido generado por los vehículos durante dos semanas en 3 horas por cada una. En total fueron un total de 15 puntos, siendo 2 puntos considerados como clave.</p> <p>Muestreo: Por conveniencia</p>	<p>Técnicas: Acopio de datos, Observación.</p> <p>Instrumentos: Sonómetro, software “ArcGIS”</p>

<ul style="list-style-type: none"> • en la Universidad Continental, 2017? ¿Cómo influye la pantalla vegetal en los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017? • ¿Cómo influye los reductores de velocidad y silencio en los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017? 	<p>sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la influencia de la pantalla vegetal sobre los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017. • Determinar la influencia de los reductores de velocidad y silencio sobre los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017. 	<p>contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La pantalla vegetal reduce el alcance de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017. • Los reductores de velocidad y silencio reducen los niveles de contaminación sonora por tráfico en la Universidad Continental, 2017. 				
--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2

Acopio de datos Ruido en el Punto 1

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		14/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
16 ^a	100	0	1	71.5	92	82.5	72.5	
16b	262	2	13	80.7	92	83.3	71.6	Transporte de materiales para construcción Congestión vehicular
16c	299	1	7	82.5	95.8	84.5	70.2	Policía de tránsito
16d	309	0	6	72.4	82.9	83.7	73.1	Transporte de fierros
TOTAL	970	3	27					
						L _{AeqT}	83.7	
						L _{AeqTCorr}	82.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		14/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						

Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
17 ^a	95	2	4	70.3	86	81.5	75.8	Transporte de material para construcción
17b	115	0	9	68.9	89.6	80.7	70.4	
17c	123	0	5	70.6	86.4	80.2	70.4	Concurrencia de alumnado
17d	116	0	5	71.9	78.1	81.5	71.3	
TOTAL	449	2	23					
						L _{AeqT}	81	
						L _{AeqTCorr}	80.6	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		14/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
18 ^a	123	2	8	70.9	82.6	81.3	75.8	Transporte de carga
18b	120	1	8	71.9	85.1	80	70.4	Transporte de carga
18c	125	0	7	74.9	88.8	79.7	66.4	
18d	101	0	5	70.1	86.6	78.8	65.3	
TOTAL	469	3	28					
						L _{AeqT}	80	
						L _{AeqTCorr}	79.5	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		15/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
19 ^a	115	0	1	71.4	92	82.5	69.6	
19b	256	1	13	80.5	92	82.3	67.5	Transporte de agregados
19c	276	0	7	82.5	95.8	83.5	76.5	
19d	334	0	6	72.4	82.9	80.7	65.4	
TOTAL	981	1	27					
						L _{AeqT}	82.4	
						L _{AeqTCORR}	82.1	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		15/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
20 ^a	93	0	4	74.5	86	75.8	64.3	

20b	129	2	16	76.5	93.5	79.8	66.2	Transporte de gas Transporte de fierros
20c	115	0	1	75.5	86.4	80.2	69.3	
20d	108	0	3	71.5	85.5	80.8	65.4	
Promedio	445	2	24					
						L _{AeqT}	79.5	
						L _{AeqTCORR}	78.6	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		15/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
21 ^a	132	2	7	70.9	82.6	81.3	79.6	
21b	159	1	9	76.1	92.7	82.1	75.1	Transporte de mezcladora
21c	115	0	1	75.5	86.4	80.2	70.3	
21d	101	0	5	70.1	86.6	78.8	71.3	
TOTAL	507	3	22					
						L _{AeqT}	80.8	
						L _{AeqTCORR}	80.2	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo	16/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	7:00 a.m. a 8:00 a.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
22 ^a	100	0	1	71.5	92	82.5	72.0	
22b	172	0	9	76.4	96.1	83.7	73.4	Congestión vehicular
22c	239	1	7	82.5	95.8	84.5	70.4	
22d	209	0	6	72.4	82.9	83.7	72.3	
TOTAL	720	1	23					
						L _{AeqT}	83.7	
						L _{AeqTCorr}	83.5	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo	16/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	12:00 p.m. a 13:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
23 ^a	95	2	4	70.3	86	81.5	75.8	Transporte de agregados

23b	115	0	9	68.9	89.6	80.7	70.4	Congestión vehicular
23c	123	0	5	70.6	86.4	80.2	78.3	
23d	102	1	8	69	84.2	81.1	73.3	Transporte de agregados
TOTAL	435	3	26					

L _{AeqT}	80.9
-------------------	------

L _{AeqTCORr}	80.3
-----------------------	------

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		16/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
24 ^a	234	1	7	75.2	85.8	82.0	76.4	Transporte de agregados
24b	123	0	8	71.9	85.1	80.0	78.5	
24c	125	0	7	74.9	88.8	79.7	68.4	
24d	100	0	5	70.1	86.6	78.8	63.4	
TOTAL	582	1	27					

L _{AeqT}	80.3
-------------------	------

L _{AeqTCORr}	79.3
-----------------------	------

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		17/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
25 ^a	100	0	1	71.5	92.0	82.5	78.4	
25b	133		9	74.5	91.6	81.4	79.5	
25c	256	1	6	82.5	90.8	84.5	77.4	Transporte de gas
25d	234	0	5	72.4	82.9	81.7	73.4	
TOTAL	723	1	21					
						L _{AeqT}	82.7	
						L _{AeqTCORR}	81.8	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		17/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
26 ^a	94	0	3	70.3	86.1	81.5	72.0	
26b	145	0	8	68.9	89.6	80.4	78.3	

26c	123	1	4	70.5	86.3	80.2	74.7	Transporte de materiales para construcción
26d	116	0	3	71.9	78.1	81.5	72.2	
TOTAL	478	1	18					
						L _{AeqT}	80.9	
						L _{AeqTCORR}	80.4	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín						
Fecha de monitoreo		17/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
27 ^a	110	1	3	71.3	86.4	82.5	77.4	Transporte de materiales para construcción
27b	137	0	10	74.5	86.6	81.4	76.5	
27c	124	0	4	70.6	86.4	80.2	75.7	
27d	112	0	4	71.9	81.1	78.5	69.8	
TOTAL	483	1	21					
						L _{AeqT}	80.9	
						L _{AeqTCORR}	79.4	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL	
Ubicación	Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín

Fecha de monitoreo	18/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	7:00 a.m. a 8:00 a.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
28 ^a	215	3	10	74.6	90.7	83.3	77.2	Transporte de postes Transporte de contenedores Transporte de agregados Policía de tránsito
28b	321	2	11	78.7	92.1	84.2	70.4	Transporte de carga Congestión vehicular Transporte de agregado
28c	177	1	12	78.6	92.2	84.8	70.5	Transporte de agregado Presencia de policía de tránsito
28d	112	0	4	71.9	81.1	78.5	69.8	
TOTAL	825	6	37					
						L _{AeqT}	83.3	
						L _{AeqTCORR}	82.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL	
Ubicación	Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín

Fecha de monitoreo	18/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	12:00 p.m. a 13:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
29 ^a	95	1	4	70.3	86	81.5	75.8	Transporte de contenedores
29b	100	1	9	75	82.5	80.4	73.5	Transporte de materiales para construcción
29c	131	1	11	73.3	94.7	87.3	72.8	Transporte de agregados
29d	116	0	5	71.9	81.1	78.5	74.1	
TOTAL	442	3	29					
						L _{AeqT}	83.3	
						L _{AeqTCorr}	82.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación	Esquina de San Carlos con Pasaje San Agustín							
Fecha de monitoreo	18/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	19:00 p.m. a 20:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
30 ^a	113	2	8	70.9	82.6	81.3	79.7	Transporte de contenedores
30b	114	1	9	76.6	84.4	81.2	73.5	Transporte de carga

30c	146	1	11	73.5	86.3	82.9	74.5	Transporte de carga
30d	101	0	5	70.1	86.6	78.8	69.8	
TOTAL	474	4	33					
					L _{AeqT}	81.3		
					L _{AeqTCORR}	81		

Anexo 3

Acopio de datos Ruido en el Punto 2

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
1 ^a	162	1	5	70.3	85.6	81.1	65.1	Transporte de materiales para construcción
1b	215	0	9	81.7	87.2	81.7	77.4	
1c	200	0	7	80.8	83.7	81.8	76.1	
1d	220	0	11	73.1	82.1	81.1	77.3	
TOTAL	797	1	32		L _{AeqT}	81.4		
					L _{AeqTCORR}	80.0		

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
2 ^a	43	0	0	71.3	84.7	77.5	64.1	

2b	161	5	4	74.6	90.7	80.9	63.5	Transporte de materiales para construcción
2c	251	0	5	74.8	81.4	79.6	72.9	Concurrencia de alumnado
2d	156	2	9	73.1	81.1	81.1	72.7	Transporte de agregados Trabajos de cambio de cables Transporte de agregados
TOTAL	611	7	18		L _{AeqT}	80.0		
					L _{AeqTCORR}	79.6		

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		7/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
3 ^a	157	0	8	74.5	82.2	79.9	72.9	
3b	142	0	10	71.9	85.1	80.0	66.8	Congestión vehicular
3c	150	0	12	68.8	81.9	80.0	66.9	Congestión vehicular
3d	101	0	5	64.7	81.1	80.7	73.9	
TOTAL	550	0	35					
					L _{AeqT}	80.2		

L _{AeqTCORR}	79.7
-----------------------	------

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		8/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
4 ^a	162	1	5	70.3	86.6	81.1	67.9	Transporte de materiales para construcción
4b	361	0	9	81.7	88.2	81.7	75.0	Congestión vehicular
4c	253	0	7	81.8	84.7	81.8	68.7	Presencia de policía de tránsito
4d	220	2	11	73.1	81.1	81.1	75.3	Transporte de agregados
TOTAL	996	3	32					
						L _{AeqT}	81.4	
						L _{AeqTCORR}	80.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		8/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						

Tiempo de medición	12:00 p.m. a 13:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
5 ^a	109	1	6	72.9	82.4	79.1	67.6	Congestión vehicular
5b	159	2	3	71.3	81.4	80.6	73.8	Transporte de agregados
5c	150	3	6	74.2	90.1	79.3	63.8	Circulación de ambulancia Transporte de agregados
5d	143	1	5	70.5	82.4	79.1	67.7	Transporte de agregados
TOTAL	561	7	20					
						L _{AeqT}	79.6	
						L _{AeqTCorr}	79.4	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación	Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge							
Fecha de monitoreo	8/05/2018							
Personal a cargo	Rudy Milagros Ticse Sotomayor							
Tiempo de medición	19:00 p.m. a 20:00 p.m.							
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
6 ^a	136	0	6	69.5	83.1	78.8	65.2	Congestión vehicular
6b	151	1	10	69.6	81.7	70.0	69.3	Presencia de policía de tránsito Transporte de materiales

6c	131	0	7	74.8	81.4	79.6	71.1	Concurrencia de alumnado
6d	107	0	7	69.1	80	79.2	71.4	Alumnos de la universidad continental realizan entrevista a los transeúntes
TOTAL	525	1	30					
					L _{AeqT}	78.1		
					L _{AeqTCORr}	77.7		

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		9/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
7 ^a	276	0	6	69.3	75.3	80.9	74.9	Transito del carro recolector de residuos solidos
7b	261	0	9	76.5	86.8	81.7	71.0	Policía de transito
7c	250	1	8	73.4	87.6	81.7	72.4	Policía de transito Congestión vehicular Vehículo recolector de residuos solidos

7d	334	1	12	70.9	77.1	81.4	71.2	Dos policías de tránsito Transporte de vehículo de mezcladora
TOTAL	1121	2	35					
						L _{AeqT}	81.4	
						L _{AeqTCORR}	81.1	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		9/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
8 ^a	117	2	4	74.1	81.7	78.9	71.2	Transporte de materiales para construcción
8b	120	2	7	73.4	86.8	80.2	66.2	Transporte de materiales para construcción
8c	138	2	10	78.3	87.6	80.0	70.4	Transporte de agregados y bloques para construcción
8d	130	5	4	71.8	86.6	80.7	77.3	Transporte de tubos Transporte de agregados

								Transporte de gaseosas
TOTAL	505	11	25					
						L _{AeqT}	80	
						L _{AeqTCORR}	79.1	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		9/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
9 ^a	124	0	8	72.7	86.5	79.3	65.5	Policía de tránsito Transporte de cisterna Transporte de materiales para construcción
9 ^b	129	2	10	73.1	86.9	79.0	65.4	Policía de tránsito
9 ^c	149	0	6	67	81.9	79.3	64.3	Transporte de materiales para construcción
9 ^d	135	3	4	71.8	86.6	80.7	74.8	Policía de tránsito Transporte de cisterna

								Transporte de materiales para construcción
TOTAL	537	5	28					
						L _{AeqT}	79.6	
						L _{AeqTCORR}	79.3	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		10/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
10 ^a	189	0	10	71.6	86.7	80.8	66.7	Policía de tránsito Transporte de contenedores Transporte de material para construcción
10b	288	2	11	73.4	86.8	80.2	67.1	Transporte de inmobiliaria
10c	321	1	15	79.6	89.6	83.0	78.3	Transporte de gas Policía de tránsito
10d	264	2	6	70.9	93.1	81.1	74.5	Policía de tránsito Transporte de contenedores

							Transporte de material para construcción
TOTAL	1062	5	42				
						L _{AeqT}	81.4
						L _{AeqTCORR}	80.6

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		10/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
11 ^a	110	1	7	68.9	79.0	78.0	76.8	Transporte de materiales para construcción
11b	173	2	9	72.7	80.4	79.7	71.2	Transporte de agregados Carrosa fúnebre
11c	157	2	8	80.7	87.5	77.0	71.6	Transporte de gas Transporte de materiales para construcción
11d	154	1	4	74.8	85.8	80.6	72.3	Transporte de gaseosas
TOTAL	594	6	28					
						L _{AeqT}	79	
						L _{AeqTCORR}	78.4	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		10/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
12 ^a	146	2	9	77.3	87.0	79.3	71.6	Transporte de gas Transporte de material para construcción
12b	128	0	4	72.0	91.7	80.0	77.8	
12c	124	0	3	73.6	90.9	79.1	69.4	Presencia de policía de tránsito
12d	110	2	6	72.3	83.5	78.4	68.3	Transporte de materiales para construcción
TOTAL	508	4	22					
						L _{AeqT}	79.2	
						L _{AeqTCorr}	78.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		11/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		7:00 a.m. a 8:00 a.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	

13 ^a	177	0	12	73.8	80.1	79.9	73.6	
13 ^b	284	0	7	74.8	83.8	82.3	76.8	
13 ^c	274	0	6	67.5	85.3	81.8	76.3	Presencia de policía de tránsito Congestión vehicular
13 ^d	203	1	8	69.8	76.9	81.0	76.2	Transporte de materiales para construcción
TOTAL	938	1	33					
						L _{AeqT}	82.6	
						L _{AeqTCORR}	81.9	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		11/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		12:00 p.m. a 13:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
14 ^a	124	1	7	71.1	76.2	80.2	78.1	
14 ^b	100	1	1	73.7	80.1	79.0	77.1	
14 ^c	85	0	5	70.6	97.0	79.1	73.2	Congestión vehicular
14 ^d	131	2	5	69.8	83.1	79.6	73.6	Transporte de materiales para construcción
TOTAL	440	4	18					
						L _{AeqT}	79.5	
						L _{AeqTCORR}	79.2	

HOJA DE CAMPO- RUIDO AMBIENTAL								
Ubicación		Esquina de San Carlos con Pasaje San Jorge						
Fecha de monitoreo		11/05/2018						
Personal a cargo		Rudy Milagros Ticse Sotomayor						
Tiempo de medición		19:00 p.m. a 20:00 p.m.						
Nº de medición	Nº de Vehículos			Nivel de presión sonora				Observaciones
	Ligeros	Pesados	Motos	L _{min}	L _{max}	L _{AeqT}	L ₉₀	
15 ^a	88	0	6	70.8	84.2	79.3	65.9	
15b	114	2	6	71.6	81.8	80.7	76.1	Transporte de madera
15c	109	1	14	68.2	81.3	78.9	66.6	Transporte de madera
15d	100	1	5	72.4	84.5	80.0	67.3	Transporte de carga
TOTAL	411	4	31					
						L _{AeqT}	79.8	
						L _{AeqTCORR}	79.3	

Anexo 4

Base de datos

PUNTO		Antes (dB)				Acción (valor de reducción de ruido dB)			Después (dB)			
x	y	Mañana	Tarde	Noche	Promedio	Pavimento reductor	Pantalla acústica	Carteles	Mañana	Tarde	Noche	Promedio
478484.51	8668509.92	82.44	79.42	79.44	80.43	2.89	3.23	2.26	74.06	71.04	71.06	72.05
478474.51	8668517.92	81.24	81.50	79.19	80.64	3.97	3.97	3.67	69.62	69.89	67.58	69.03
478555.51	8668577.92	83.72	80.41	78.80	80.98	3.47	8.25	3.55	68.45	65.15	63.54	65.71
478547.51	8668588.92	83.33	78.19	80.04	80.52	5.12	4.00	0.19	74.01	68.87	70.72	71.20
478597.51	8668620.92	80.90	79.14	78.98	79.67	4.81	2.23	0.70	73.16	71.40	71.24	71.94
478585.51	8668634.92	82.03	79.49	79.59	80.37	4.19	1.59	3.13	73.12	70.58	70.68	71.46
478629.51	8668578.92	78.22	77.18	78.24	77.88	2.65	5.00	3.14	67.43	66.39	67.45	67.09
478664.51	8668533.92	76.18	75.26	77.76	76.40	3.29	5.29	6.70	60.90	59.98	62.48	61.12
478511.51	8668479.92	79.35	78.01	78.85	78.74	3.68	5.77	2.21	67.69	66.35	67.19	67.07
478515.51	8668440.92	79.12	77.26	78.20	78.19	2.44	1.48	4.36	70.84	68.98	69.92	69.91
478549.51	8668402.92	78.56	77.06	77.68	77.77	3.41	4.67	2.98	67.50	66.00	66.62	66.70
478603.51	8668359.92	79.23	78.53	78.15	78.64	3.53	3.07	6.19	66.44	65.74	65.36	65.84

478635.51	8668321.92	80.06	79.12	79.02	79.40	3.44	5.69	5.69	65.24	64.30	64.20	64.58
478685.51	8668387.92	78.78	78.48	78.12	78.46	5.09	2.96	4.63	66.10	65.80	65.44	65.78
478711.51	8668455.92	78.28	78.05	77.86	78.06	3.77	0.40	5.19	68.92	68.69	68.50	68.71

Anexo 5



Informe de Calibración

LAC - 039 - 2017

Laboratorio de Acústica

Página 1 de 4

Expediente	100858	<p>Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	ENVIROPETROM S.A.C.	
Dirección	Calle Los Faisanes 700 Int. 310 - Urb. La Campiña - Chorrillos - Lima	
Instrumento de Medición	SONOMETRO	
Marca	SPER SCIENTIFIC	
Módulo	850017	
Clase	B	
Número de Serie	160509199	
Microfono / Serie	MP-22	
Fecha de Calibración	2017-08-11	

Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Electricidad y Termometría	Laboratorio de Acústica
 2017-08-11	 ALDO GURROGA ROJAS Dirección de Metrología	 LUIS PALMA PERALTA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
 Dirección de Metrología
 Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
 Tel. : (01) 840-8800 Anexo 1301
 E-mail: metrologia@inacal.gob.pe
 Web: www.inacal.gob.pe

ANEXO 6

Ubicación de puntos de medición



Fotografía N°01: Av. San Carlos con el
Psje. San Jorge (P2).



Fotografía N°02: Psje. San Agustín
(P1)

ANEXO 7

Monitoreo de Ruido Ambiental



Fotografía N°03: Transito de un vehículo pesado del P1 al P2



Fotografía N°04: Transito de un vehículo pesado del P1 al P2



Fotografía N°05: Congestión vehicular en el P2



Fotografía N°06: Monitoreando el P2



Fotografía N°07: Monitoreando el P1



Fotografía N°08: Monitoreando el P1 por la noche



Fotografía N°09: Congestión vehicular en el P2



Fotografía N°10: Congestión vehicular en el P2