



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“CONGESTIÓN VEHICULAR Y CONTAMINACIÓN SONORA EN VÍAS DE TRANSPORTE PÚBLICO SATURADAS, DISTRITO PIURA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Juan David Chuquillanqui Soto

Diego Fernando Leon Yucra

Asesor:

Ing. Grant Ilich Llaque Fernández

Trujillo - Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Grant Ilich Llaque Fernández, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERIA AMBIENTAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Chuquillanqui Soto, Juan David.
- León Yucram Diego Fernando

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Congestión Vehicular y Contaminación sonora en vías de transportes público saturadas, distrito de Piura 2019” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Ambiental por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

para aspirar al título profesional de:

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Chuquillanqui Soto, Juan y León Yucra, Diego Fernando para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Congestión Vehicular y Contaminación sonora en vías de transporte público saturadas, distrito Piura ,2019”.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

Esté trabajo está dedicado a mi Dios que supo guiarme en el camino correcto, proporcionándome la fuerza para seguir adelante y no desanimarme en los problemas que surgieron, enseñándome a enfrentar la adversidad sin perder la fe, o decaer en el intento.

A nuestros padres que, gracias a su esfuerzo, trabajo y esmero, tuvimos la oportunidad y los recursos para una educación profesional, porque ellos siempre estuvieron brindándonos su confianza, apoyo y sus consejos permanentes que contribuyeron incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos para hacer de nosotros mejores seres humanos y profesionales.

Dedicado a mi Tío Manuel Toribio Soto Córdova, que está en el cielo por su apoyo, cariño y consejos supieron motivar para ser mejor persona cada día.

A los amigos y compañeros que apoyaron en el laborioso camino de este trabajo y contribuyeron a mi crecimiento profesional y humano.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por permitirnos cerrar este capítulo de nuestras vidas, con mucha satisfacción y entusiasmo.

A mi madre Flor de María Soto Córdova, porque a pesar de las dificultades nunca me permitió rendirme y me motivo a seguir luchando, por enseñarme valores y principios que han sido fundamentales para el desarrollo de mi vida profesional y personal.

A mi padre por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional.

A mis Tías Guadalupe Ruiz Patiño y Blanca Nilda Soto Córdova, también a mis Tíos Pedro Fernando Chuquillanqui Chinguel, Jorge Chuquillanqui Chinguel, José Soto Córdova y Manuel Toribio Soto Córdova por su apoyo, cariño y consejos que me alientan a ser mejores personas cada día.

A nuestro docente Ing. Grant Ilich Fernández, quien con su apoyo, profesionalismo y experiencia nos encaminó para poder desarrollar y presentar este trabajo de investigación.

A mi amiga Karen Jalliny Valverde Ravelo por su tiempo, amistad y apoyo a lo largo de mi vida universitaria y del desarrollo de este trabajo de investigación.

Chuquillanqui Soto, Juan David

Agradezco a Dios por haberme fortalecido hasta el punto de superar las dificultades y también por toda la salud que me dio y que me permitió llegar a esta etapa tan importante de mi vida, por haber iluminado mi camino y haber puesto en mi destino a las personas adecuadas. A mis padres Francisco León Ramírez y Martha Yucra Cáceres, y que nunca se rindieron y siempre me ofrecieron amor, les dejo una palabra y una promesa de gratitud eterna. A mi hermano Luis Franco León Yucra por ser mi fuente de inspiración para superarme, y a todos mis familiares y amigos que siempre me apoyaron los quiero mucho, a todas las personas que formaron parte de mi viaje, les agradezco de todo corazón.

León Yucra, Diego Fernando

Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	27
CAPÍTULO. IV DISCUSIÓN.....	31
CAPÍTULO. V CONCLUSIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	27
Tabla 2	27
Tabla 3	46
Tabla 4	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de los LAeqT promedio con ECA para ruido de cada avenida monitoreada. .	28
Figura 2. Velocidades promedio en vías de transporte público saturadas, distrito de Piura, 2019.	29
Figura 3 Diagrama de flujo de la implementación de barreras acústicas arbóreas para la atenuación del ruido del tráfico en las avenidas Don Bosco y Grau, en el distrito de Piura.....	30
Figura 4: Área de investigación perteneciente a la Avenida Andrés Avelino Cáceres.	44
Figura 5: Área de investigación perteneciente a la Avenida Cesar Vallejo	44
Figura 6: Área de investigación perteneciente a la Avenida Grau.....	45
Figura 7: Área de investigación perteneciente a la Avenida Don Bosco.	45
Figura 8: Ubicación cámara de video.	51
Figura 9: Calibración del sonómetro.....	51
Figura 10: Ubicación del sonómetro.....	52
Figura 11: Monitoreo y Registro de los Niveles de Ruido.....	52
Figura 12: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.	53
Figura 13: Ubicación cámara de video.	53
Figura 14: Calibración del sonómetro.....	54
Figura 15: Ubicación del Sonómetro.	54
Figura 16: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.....	55
Figura 17: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.	55
Figura 18: Ubicación cámara de video.	56
Figura 19: Calibración del Sonómetro	56
Figura 20: Ubicación del Sonómetro.	57
Figura 21: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.....	57
Figura 22: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.	58
Figura 23: Ubicación del sonómetro	58
Figura 24: Calibración del sonómetro.....	59
Figura 25: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.....	59
Figura 26: Equipo de trabajo.....	60

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de relacionar la congestión vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturadas del distrito de Piura durante el 2019. El tipo de estudio fue de alcance correlacional, con una muestra constituida por 4 vías saturadas del distrito de Piura, la guía metodológica que se empleó para seleccionar los puntos de mayor Congestión Vehicular en la ciudad de Piura, fue la NTP-ISO 1996-2. Los monitoreos se realizaron de Lunes a Viernes, durante 2 horas (12:00pm – 2:00pm) en periodos de 10 min, en una dirección de la vía por día. Respecto a la variable congestión vehicular, el tramo de la Av. Grau presento mayor congestión; en cambio mayor niveles de ruido, corresponden a los tramos de las Av. Grau y Don Bosco. Para el estudio de datos se realizó un análisis de relación entre la congestión vehicular con los niveles de ruido medidos, para ello se utilizó la correlación de Pearson con nivel de significancia de $p=0.05$; del cual se concluye que, la relación de la Congestión Vehicular y la Contaminación Sonora, en el 50% de tramos evaluadas presentan una buena correlación significativa e inversamente proporcional.

Palabras clave: Congestión Vehicular, Contaminación Acústica, Vías Saturadas.

ABSTRACT

This research was conducted with the aim of relating vehicle congestion with noise pollution in saturated public transport routes in the district of Piura during 2019. The type of study was correlational in scope, with a sample consisting of 4 saturated roads in the district of Piura. The methodological guide used to select the points of the greatest vehicular congestion in the city of Piura was the NTP-ISO 1996-2. Monitoring was carried out from Monday to Friday, for 2 hours (12:00 pm - 2:00 pm) in 10 minute periods, in one direction of the road per day. Concerning the variable vehicle congestion, the section of Grau Avenue presented the most congestion; however, the sections of Grau Avenue and Don Bosco Avenue had the highest noise levels. For the study of data, an analysis of the relationship between vehicle congestion and measured noise levels was carried out, using Pearson's correlation with a significance level of $p=0.05$; from which it is concluded that the relationship between vehicle congestion and noise pollution in 50% of the sections evaluated shows a good significant and inversely proportional correlation.

Keywords: Vehicle Congestion, Acoustic Pollution, Saturated Paths.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La contaminación sonora se ha convertido en un problema ambiental creciente, que se da en la actualidad en muchas ciudades de todo el mundo, y al que se ha prestado poca atención.

Los investigadores de la Organización Mundial de la Salud afirmaron, que el ruido tiene efectos muy nocivos para la salud, estos daños varían desde fisiológicos hasta psicológicos; se estima que aproximadamente un tercio de la población mundial sufre pérdida de audición o algún grado de sordera provocada por la exposición a sonidos fuertes (López, Fajardo, Chavolla, Mondragón & Robles, 2000, pág. 41). La mitad de los ciudadanos europeos viven en ambientes ruidosos y una tercera sostiene niveles nocturnos de ruido que perturban su sueño (El mundo, 2016, párr. 6).

La contaminación sonora es innegablemente un factor ambiental que determina la calidad de vida de los residentes, provocando como consecuencias decrementos económicos y daño a la salud. Está principalmente relacionado con las actividades humanas y se refiere al ruido causado por el tráfico vehicular (Orozco & Gonzáles, 2015, pág. 130), es más, en muchos países modernos, los sistemas de transporte se consideran la principal causa de ruido, principalmente el ruido causado por el tráfico vehicular (Paneque, Grenot, Torres, 2017, pág. 69). La problemática en el Perú no es ajena a este problema, según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), apunta a Lima como una de las ciudades más ruidosas de América Latina (Chillitupa, 2017, párr.1).

Según el índice de las ciudades con el tráfico más lento de la región, realizado por Numbeo, hasta enero de este año, Lima ocupa el séptimo lugar, es más, según con un estudio titulado "Tráfico y Tendencias en la Movilidad Urbana 2017", realizado por la Escuela de Postgrado de la Universidad del Pacífico, el 92% de los residentes de Lima dijeron que la congestión del tráfico genera estrés, mientras que el 82% dijo que este problema se afecta negativamente la calidad de vida (Lampada, 2018, párr.2).

De la misma forma, esta situación puede ser vista en muchas ciudades del interior del país; como es el caso de Piura, en general el problema está en el aumento del parque automotor, la informalidad en el transporte público de pasajeros y los vehículos antiguos aumentan el problema de transporte en Piura, cuyo impacto principal es el alto nivel de ruido que son percibidos en las principales avenidas de alto flujo vehicular (El tiempo, 2017, párr.2).

El parque automotor de Piura se compone por automóviles, camionetas, buses, camiones, remolques y vehículos ligeros, tanto gasolina como Diesel, se compone de cerca de 113.939

reportados en 2012 (Ruiz & Tacure, 2015, pág. 21); sin embargo, el crecimiento del parque automotor en un contexto de gestión de transporte deficiente, resulta en caos vehiculares en muchas avenidas; estudios anteriores muestran que en muchos puntos los Estándares de Calidad Ambiental se superan con niveles de ruido, especialmente las vías de mayor flujo vehicular. Por eso, es necesario proponer medidas de planificación para el transporte del distrito de Piura, medidas para reducción del ruido y mecanismos de control; por lo tanto, los diferentes aspectos del tráfico en la situación actual deben ser caracterizados y determinar su incidencia en los niveles de ruido que genera.

La tesis se justifica por proporcionar información relevante sobre la contaminación sonora generada por la congestión vehicular del transporte urbano de la ciudad de Piura. Información que permite complementar la carencia de investigaciones sobre vías saturadas en la ciudad de Piura. Permitiendo que las autoridades tengan una mejor noción, de las secciones de los tramos de las vías saturadas, donde hay congestionamiento vehicular, contaminación sonora y/o exceso de oferta de servicio de transporte con base en estudios técnicos, para mejorar la planificación del transporte urbano del distrito de Piura. Además, este estudio servirá como aporte para el desarrollo y ejecución de alternativas que contrarresten algunos problemas ambientales, para el caso específico el ruido ambiental, pues plantea una propuesta de diseño de Guía para la construcción de barreras arbóreas; como alternativa para cambiar la situación desfavorable que presenta la ciudad de Piura por la contaminación sonora que perjudica la salud y la calidad de vida de los residentes de las avenidas saturadas.

La investigación considera los diversos estudios publicados, como Hassan, et al. (2012), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la contaminación acústica en las diferentes partes de la ciudad de Yazd en 2010 y compararlos con los niveles estándar actuales. En cuanto a su método, midió los niveles de presión de ruido utilizando la ISO 1996 -2002 en horarios de mañana, la tarde y la noche. Respecto a sus resultados, se encuentra una elevada tasa de ruido en la ciudad de Yazd y el nivel medio de la presión de ruido máxima fue de 74.3 dB (A) (L_{max}), y el nivel equivalente de sonido continuo promedio fue de 66.7 dB (A) (L_{eq}). Los autores concluyen que los niveles de ruido son más altos que los niveles aceptables en la mayoría de las partes de la ciudad. Por lo tanto, son cruciales las diferentes medidas preventivas, como aumentar la conciencia pública a través de programas educativos y controles técnicos para el futuro desarrollo de la ciudad.

Nejadkoorki, Yousefi & Naseri (2009) en su trabajo de investigación, tuvo como objetivo evaluar los niveles de ruido medidos y comparar de acuerdo con los límites nacionales permisibles en su país. Los niveles de sonido se obtuvieron en 10 calles de la ciudad de Yazd

durante la hora punta de la mañana. Donde los resultados revelaron, que los niveles de sonido promedio (LAeq) de la ciudad alcanzaron los 74.4 dBA; teniendo niveles mínimos y máximos de sonido de 70.9 dBA y 80.7 dBA respectivamente, y los vehículos más utilizados en la ciudad fueron los automóviles con un 61,2% y las motocicletas con un 23.7% del volumen total del tráfico. Asimismo, se demostró que existe una relación significativa entre el nivel de sonido promedio y el flujo de tráfico ($R^2 = 0.5$). Por tanto, el estudio concluyó, que los niveles de sonido se decretaron principalmente por el volumen de tráfico y que los niveles de ruido son mayores que el estándar nacional para áreas urbanas.

Tandel & Macwan (2011), realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de analizar el estado actual de la contaminación acústica en tres corredores principales de la ciudad de Surat; el estudio incluyó la medición de los principales factores que afectan la generación de ruido del tráfico en la mayoría de las ciudades, empleando un sonómetro modelo SL-4001, los niveles de ruido se midieron en las horas pico (5-8 pm). Se evidenciaron en los resultados que, en todos los corredores de estudio se excedieron los límites máximos de ruido, pues oscilaron entre 112dB y 118 dB; los valores mínimos de nivel de ruido oscilaron entre 69 dB y 78 dB, cruzando los límites permisibles, en tanto los valores del nivel de ruido promedio se encontraban entre 92 dB y 98 dB, superando los límites permisibles. Teniendo por conclusión, que el máximo ruido en el corredor del Sahara es debido a la práctica de muchas actividades comerciales, y que el ruido promedio es más alto en el Corredor Udhna debido a las pequeñas industrias y al movimiento de tráfico relacionado.

Según Román (2018), su trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar los niveles de ruido ambiental emitidos por fuentes fijas y móviles, en el casco urbano de la ciudad de Tarija. Para el desarrollo de la investigación se realizaron mediciones en un periodo de 5 semanas, que inició el 20 de junio y finalizó el 22 de julio del año 2016, el equipo de medición estaba conformado por 3 personas. El estudio demostró en sus resultados que el 39 % de los nodos medidos excede los 68 dB establecidos por el RMCA y el 61 % es permisible; y los valores que exceden oscilan entre 65 y 75 dB, además el valor máximo registrado durante la medición fue de 100.9 dB, perteneciente al nodo 38, ubicado en la calle Bolívar y Colon, a hora 18 PM, generado por el paso de una motocicleta y bocinas. Llegando a la conclusión que estos intervalos producen impactos en la población como la comunicación extremadamente difícil y la pérdida del oído a largo plazo, además de hipoacusia marcada y severa.

Layza (2017) realizó una investigación, cuyo objetivo fue relacionar el tránsito y congestión vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturadas del distrito de Trujillo. Para el desarrollo de la investigación se realizaron mediciones de los niveles de ruido

en 10 puntos estratégicos de cada vía, los días de medición fueron de lunes a viernes. Respecto a sus resultados, evidencia que la variable contaminación sonora, en el tramo de la Av. Pedro Muñis, presentó los niveles de ruido más altos; mientras que el mayor tránsito y congestión vehicular, corresponde al tramo de la Av. Larco; el análisis de los resultados se realizó mediante una prueba de correlación de Pearson; a partir de la cual se concluyó que la relación del tránsito y congestión vehicular con la contaminación sonora, evidenciando que el 30% de tramos estudiados presentan una relación del tipo directa y significativa.

Colqui (2019) en su trabajo de investigación, tuvo por objetivo evaluar la intensidad de ruido en puntos de congestión vehicular identificados en el casco urbano de Amarilis. Referente a su método empleado, residió en efectuar mediciones en 12 puntos de congestión vehicular identificados en el casco urbano de Amarilis por un periodo de 4 semanas. Se evidenciaron en los resultados que, el mayor valor que se obtuvo entre los puntos de muestreo fue de 76 LAEQT perteneciendo a la estación de monitoreo 05 (Jose Olaya y Túpac Amaru “Es salud”) y el menor valor que se obtuvo fue de 72 LAEQT perteneciente a la estación de monitoreo 12 (Carretera Central). Llegando a la conclusión que, los niveles de ruido evaluados en los puntos de congestión vehicular exceden los estándares de calidad ambiental para ruido (D.S. N°085-2003-PCM).

Según Abramonte (2019) en su investigación, que tuvo por objetivo analizar la influencia de la contaminación acústica producida por vehículos que circulan entre las avenidas Grau y Gullman, en la ciudad de Piura. Desarrolla una metodología basada en la aplicación de encuestas a personas que residen o que realizan algunas actividades entre las avenidas de estudio. Como resultado del trabajo, se demuestra que hay contaminación en la zona de estudio y que el 85% de la población relata que desconocen sobre la contaminación auditiva generada por los vehículos que circulan entre las avenidas de Piura. El estudio concluye que los niveles de contaminación actual percibida en la zona materia de estudio son preocupantes, puesto que hay contaminación en las avenidas la cual es causada por el tránsito vehicular, y no se evidencia fiscalización por parte de los organismos encargados.

Timaná (2017) en su trabajo de investigación, cuyo objetivo fue determinar los niveles de ruido ambiental en el cercado de la ciudad de Piura. La metodología aplicada consistió en realizar un estudio del nivel de ruido ambiental en el cercado de la ciudad de Piura, durante 4 meses evaluando tres veces al día en horario diurno, aplicando el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental AMC N°031-2011-MINAM/OGA, y finalmente los resultados obtenidos se comparan con los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido establecidos en el DS N 085-2003-PCM. Referentes a sus resultados, se aprecia que los diez puntos muestreados excedieron

los niveles máximos permitidos considerando el tipo de zonificación y horarios establecidos. Teniendo por conclusión, que el 100% de los puntos medidos sobrepasa los Estándares de Calidad de Ambiental para Ruido en las zonas de protección especial, residencial y comercial. Zeballos & Román (2020) elaboró un estudio cuyo objetivo fue evaluar un muro verde hecho de *Aptenia cordifolia*, para disminuir el ruido exterior que afecta a la institución educativa Verdad y Vida, situada en una avenida de alto tránsito; así mismo, para evaluar la percepción que tienen los estudiantes sobre el desempeño del muro verde en la reducción del ruido. Para medir los niveles de presión sonora se realizaron monitoreos de ruido, además para determinar la percepción ambiental, se aplicaron encuestas a los alumnos de la institución educativa Particular Verdad y Vida, donde fue instalado el muro verde. Resultando con una reducción promedio en el horario diurno de $2,593 \pm 0,47$ y en horario nocturno de $5,38 \pm 0,19$ en ambos casos significativo ($p\text{-valor} < 0,05$); y la percepción ambiental evaluada por los estudiantes, indica que el 50 % percibe que los muros verdes reducen el ruido. La investigación concluye que los muros verdes pueden reducir el ruido y que podrían servir de pantalla acústica, siendo la *Aptenia cordifolia*, una buena alternativa que no solo demuestran la efectividad como muros verdes para el aumento de áreas verdes si no que pueden ayudar a mitigar los efectos adversos de los ruidos existentes.

Posada, Pilar & Fernández (2009) tuvieron como objetivo evaluar la capacidad de la vegetación para mitigar el ruido en el valle de Aburrá. La investigación se desarrolló en dos fases: la primera es revisar la información secundaria relacionada con dicha función de la vegetación, lo que permitió obtener las bases conceptuales para el posterior desarrollo experimental, y en la segunda fase se midieron los niveles de ruido a 10 m de la fuente sonora en zonas verdes públicas urbanas con diferentes coberturas vegetales (arbórea, arbustiva y arbórea-arbustiva) y sin vegetación. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre los sitios con vegetación y sin ella, lo que permite inferir que, en las condiciones del estudio, caracterizadas por contar con unos pocos individuos arbóreos o arbustivos dispersos y poco densos, la vegetación no cumple un papel significativo en la disminución del ruido. Terminada la investigación, se consideró que las características de la vegetación, la densidad y los patrones de distribución de los individuos de las especies generalmente utilizados en la ornamentación de los espacios públicos verdes del valle de Aburrá no son los apropiados para cumplir con esta función.

Las variables establecidas en la investigación se sostienen en conceptos y definiciones como:

Velocidad de flujo libre

Es la velocidad media de los vehículos cuando presentan volúmenes bajos de tránsito, y no hay imposición de restricciones de sus velocidades, ni por interrupción vehiculares ni por regulaciones del tránsito (Navarro, 2018, pág. 26).

Velocidad media espacial

Es la media aritmética de las velocidades instantáneas de todos los vehículos, que en un instante dado se encuentran en un tramo de carretera o calle. Por lo cual, el promedio de estas velocidades se considera como la velocidad media espacial (Navarro, 2018, pág. 187).

Vía saturada

Vía saturada es aquella arteria o tramo vial de la ciudad con notable demanda de usuarios o exceso de oferta de servicio de transporte que presenta en toda su extensión o en parte de ella, así como altos niveles de contaminación ambiental o congestión vehicular que comprometen la calidad de vida o la seguridad de los ciudadanos (TMT, 2015, pág. 6).

Congestión Vehicular

Es el fenómeno por el cual un vehículo no puede moverse a una velocidad esperada, también, se puede considerar como la circunstancia que predomina, cuando el ingreso de un vehículo en un flujo de tránsito, provoca que incremente el tiempo de circulación de los demás y la velocidad de circulación se reduzca (Thomson y Bull. 2002, pág. 110 citado Montes, 2018, pág. 191).

Ruido

Se denomina ruido a todo sonido que resulta molesto e indeseable, principalmente por sus características irregulares y afecta de manera negativa la capacidad auditiva de quienes lo sufren, a la vez que ejerce una influencia nociva, y propicia otros trastornos en el organismo (Obregón, 2016, pág. 140).

Niveles de presión sonora continuo-equivalente (LAeqt)

Es el nivel de presión sonora constante, indicado en db A que, en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total del sonido medido (OEFA, 2016, pág. 71).

Sonómetro

Es un instrumento para medir el nivel de presión sonora en decibelios (dB) de manera directa y frecuente, está diseñado de tal forma que responde al sonido como lo haría el oído humano (Menéndez, Fernández, Llana, Vázquez, Rodríguez & Espeso, 2009, pág.326-327).

En su estudio, se reconoce 4 tipos de sonómetros:

- Sonómetro de tipo 0: Se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de tipo 1: Adecuado para realizar trabajos de campo con precisión.
- Sonómetro tipo 2: Permite realizar mediciones generales en las actividades de campo.
- Sonómetro tipo 3: Permite de uso en la ejecución de encuestas higiénicas, no recomendadas para la evaluación de riesgos.

Ruido Vehicular

El ruido proveniente del transporte vehicular es el ruido más excesivo y nocivo en las ciudades, considerado uno de los principales contaminantes sonoros; donde el ruido del tubo de escape, el claxon, los frenos, los sistemas de sonido, el flujo vehicular y la conducta de los operadores de los vehículos, son los principales factores que influyen en el ruido vehicular (Department of Environment and Conservation, 2007, pág. 2).

Tipos de respuesta del Sonómetro

Ponderación “A”: Se relaciona con el daño auditivo que soporta una persona expuesta a ruidos altos durante periodos largos de tiempo.

Ponderación “B”: Para medir niveles de presión sonora intermedios.

Ponderación “C”: Se relaciona con la mayor parte de los instrumentos utilizados para medición del ruido y banda ancha del nivel sonoro (Hena, 2014, pág. 71).

Tiempo de respuesta del Sonómetro

Modo Rápido (fast): Se utiliza cuando el ruido a medir se produce de forma discontinua para, capturar picos de ruido que ocurren a un valor de tiempo de 125 ms y no son repetitivos.

Modo Lento (slow): Se utiliza cuando el ruido a medir se produce de forma relativamente contante, para capturar ruidos que ocurren a un valor de tiempo de 1s y son repetitivos (Arana, et al.2013, pág.108).

Contaminación sonora

Se define como la existencia de sonidos molestos en el ecosistema, pudiendo ser cualquiera el emisor que lo origine, independientemente del emisor que los originó, lo que supone riesgo, incomodidad a los individuos, cuando realizan sus labores o para los bienes de cualquier naturaleza o que provoquen efectos significativos en el ecosistema.

(Martínez & Peters, 2015, pág. 13).

Barreras acústicas:

Llamadas también barreras de ruido, estos son medios cuya función es atenuar un problema específico como el ruido del tráfico (Kotzen y English, 2009, pág. 5). Las barreras de ruido impiden la propagación directa de la línea de visión entre las fuentes de ruido y los receptores. La difracción del sonido sobre sus bordes horizontales es típicamente la contribución dominante al campo sonoro detrás de la barrera (Van Renterghem et al., 2015).

Coefficiente de difusión acústica:

El coeficiente de difusión caracteriza el sonido reflejado desde una superficie en términos de la uniformidad de la distribución polar reflejada (ISO 17497-2:2012).

Absorción de sonido:

La absorción de sonido es la capacidad que tiene un material de absorber el sonido en el aire. Cuando la onda de sonido se transmite a la superficie del material, parte de ella se refleja, parte pasa a través del material y el resto se transfiere al material (Li y Ren, 2011).

Coefficientes de absorción acústica

El coeficiente de absorción acústica se utiliza para evaluar la eficiencia de absorción acústica de los materiales. Es la relación entre la energía absorbida y la energía incidente y está representada por α . Si la energía acústica se puede absorber por completo, entonces $\alpha = 1$ (Peng, 2017).

Reflexión sonora

Esta es considerada como el proceso mediante el cual el sonido que incide en una superficie se aleja de la superficie. Y el Coeficiente de reflexión es la fracción de la intensidad del sonido entrante que se refleja (Van Renterghem, Botteldooren, Kang, Horoshenkov y Yang, 2015).

Ancho del Cinturón

El ancho del cinturón de los árboles, es la línea diagonal de árboles a la vía de tránsito. Y su eficiencia global para el blindaje del ruido del tráfico vial disminuye de acuerdo con el ancho limitado de los árboles (Van Renterghem, Attenborough & Philippe, 2014).

Densidad Arbórea

Es la cantidad (número) de árboles por hectárea, el cual permite calcular la densidad promedio de árboles (Guiracochoa, 2000).

La investigación está sostenida por las siguientes normativas:

Decreto Supremo N° 085-2003-PCM - Reglamento de los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido (publicado el 24 de octubre del 2003)

Los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido son un instrumento indispensable de gestión ambiental para la evaluación de la contaminación acústica sobre la base de una estrategia destinada a resguardar la salud, e impulsar el desarrollo sostenible del país.

NTP 1996-1:2007. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1

Esta parte de la norma define los índices básicos que se utilizarán para describir el ruido en entornos comunitarios y describe los procedimientos básicos de evaluación. Además, especifica métodos para evaluar el ruido ambiental y proporciona una guía para predecir la respuesta de una comunidad a la molestia potencial de la exposición a largo plazo a varios tipos de ruidos ambientales.

NTP 1996-2:2008. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2

Este capítulo de la norma describe cómo se pueden determinar los decibeles mediante mediciones directas, extrapolando los resultados de las mediciones mediante cálculos, o exclusivamente por cálculos, previstos como básicos para la evaluación del ruido ambiental. También, se puede usar para medir con cualquier ponderación de frecuencia o en cualquier banda de frecuencia.

Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo

El informe Técnico “Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo” tiene como objetivo evaluar las áreas o vías saturadas de la ciudad de Trujillo, que cumplen con el exceso de oferta del servicio de transporte público regular y alto nivel de congestión vehicular, en toda su extensión o en parte de ella que compromete la calidad de vida o la seguridad de la población trujillana. El estudio determinó que las vías están saturadas y como consecuencia el área urbana de Trujillo se califica como área saturada por la sobreoferta del servicio de transporte público y al alto nivel de congestión vehicular cuya velocidad promedio del transporte regular de pasajeros en la vía Arterial y Colectora de la provincia bordea los 14 Km por hora (KPH); cumpliendo con el requisito de parámetros de velocidad en KPH que la cataloga como congestionada (TMT, 2015).

Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Piura al 2032

Este estudio nace ante la carencia de contar con un instrumento técnico normativo, como elemento de gestión y promoción del desarrollo urbano del área metropolitana de Piura; teniendo como objetivo la formulación del Plan de Desarrollo Urbano Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032; por lo cual este instrumento se convertiría en el soporte fundamental del crecimiento económico local, regional y macrorregional, persiguiendo el bienestar general y la mejora de la calidad de vida para su población. Para el desarrollo de este plan se tuvo en cuenta 4 estudios previos; además, se desarrolló considerando la constitución

política del Perú, la ley orgánica de municipalidades, el decreto supremo 004 – 2011 – Vivienda, así como otras leyes administrativas y técnicas. Este estudio establecerá las pautas, lineamientos y estrategias para que el Área Metropolitana alcance un desarrollo integral, sustentable y sostenible.

Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura

Este estudio tuvo por objetivo brindar alternativas de transporte eficientes, incluyentes y seguras para los habitantes de la provincia de Piura en favor del desarrollo sostenible y competitivo. Para ello, se realizó un diagnóstico de movilidad dentro del cual, se tuvo que hacer un análisis de la situación actual en ese momento, así como el diagnóstico de la movilidad propiamente dicha; lo que llevo a postular puntos estratégicos, líneas de acción estratégicas y estrategias transversales; considerando diferentes planes referidos a la seguridad vial, infraestructura y vialidades, estacionamientos, gestión y control del tránsito, tránsito vehicular y tránsito peatonal. Llegando a la conclusión que el crecimiento urbano el aumento de la provincia de Piura, han promovido indirectamente el aumento del parque automotor, siendo transporte menos sostenibles.

ISO 10847:1997

Esta norma internacional especifica métodos para la determinación de la pérdida de inserción de barreras acústicas exteriores destinados a proteger varios tipos de fuentes de ruido. Especifica procedimientos detallados para la medición in situ de la pérdida de inserción de la barrera, incluidas las posiciones del micrófono, las condiciones de la fuente y los entornos acústicos de los sitios de medición (ISO 10847:1997).

ISO 17497 -2: 2012

Esta norma determina el método para medir el coeficiente de difusión direccional de superficie, en un campo libre. Este coeficiente de difusión caracteriza el sonido reflejado desde una superficie en condiciones de la uniformidad de la distribución polar reflejada.

Por todo lo abordado anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se relaciona la congestión vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturado distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial? Para ello se estableció como objetivo general determinar la relación de la congestión vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturadas del distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial. Así mismo se definieron los objetivos específicos:

- Comparar los resultados obtenidos del nivel de ruido con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido” durante el horario diurno.
- Comparar los resultados de la velocidad media espacial con el informe técnico: Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo.
- Proponer el diseño de una guía para la implementación de barreras acústicas arbóreas con el fin de disminuir la contaminación sonora producida por la congestión vehicular en vías de transporte público saturadas del distrito de Piura.

Establecido el problema de investigación se definió la hipótesis a contrastar: A mayor congestión vehicular, mayor contaminación sonora en vías de transporte público saturada, distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La investigación es de tipo Aplicada, ya que se recopilará información que permitirá lograr un objetivo concreto, además se desarrolla la investigación en entorno específico y delimitado.

Según Tamayo (2004, pág.43) la investigación Aplicada es el estudio y aplicación de la investigación a problemas específicos, bajo circunstancias y características específicas, dirigidas a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. La matriz de Operacionalización de variable se puede visualizar en el Anexo N° 2.

Enfoque

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que en la investigación se va a medir el nivel de presión sonora de manera secuencial y en diferentes puntos de monitoreo, utilizando el equipo de medición llamado sonómetro, además se realizará un análisis estadístico.

Según Sampieri (2014, pág.4) una investigación de enfoque cuantitativo utiliza la recopilación de datos para demostrar hipótesis basadas en de mediciones numéricas y análisis estadístico.

Alcance

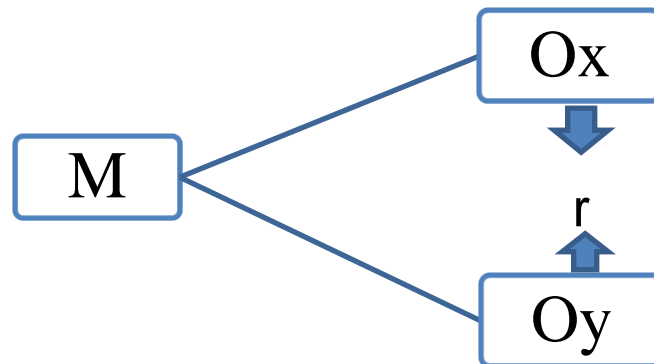
La investigación tiene un alcance correlacional dado que, evaluará la relación de la variable contaminación sonora con la variable congestión vehicular.

Según Sampieri (2014, pág.93) En una investigación de alcance correlacional tiene como objetivo conocer el grado o relación de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto específico.

Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es del tipo No Experimental – Transversal.

No Experimental puesto que no se manipularán variables y se hará el estudio de una realidad en campo, transversal, porque la medición de las variables se realizará en un tiempo único, una sola vez para cada tramo de estudio.



P: Población

Ox: Congestión Vehicular

Oy: Contaminación Sonora

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población:

Vías saturadas del distrito de Piura.

Muestra:

Las 4 principales vías saturadas del distrito de Piura (ver Anexo N° 3), las cuales son:

- Av. Grau
- Av. Andrés A. Cáceres
- Av. César Vallejo
- Av. Don Bosco

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas

- Congestión vehicular: Observación en campo
- Contaminación Sonora: Medición y observación en campo

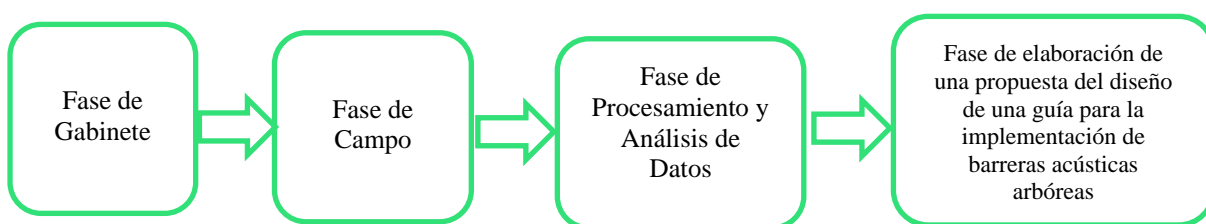
Instrumentos de recolección

Se trabajó con una Ficha de registro de datos, en el cual se hizo la recopilación de datos del nivel de ruido en cada avenida para la variable contaminación sonora; este instrumento ya ha sido validada por Layza (2017), por juicio de dos expertos en el tema, al realizar su trabajo de investigación Relación del tránsito y Congestión Vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturadas, distrito de Trujillo (ver Anexo N°4).

Análisis de datos

Se realizó un análisis de relación entre la congestión vehicular con la contaminación sonora, previamente se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson-Darling, al cumplirse este ($p \geq 0.05$), se utilizó la correlación de Pearson (a un nivel de significancia de $p = 0.05$), además se empleó el siguiente baremo de 0 a 0.2 considerado muy bajo, de 0.2 a 0.4 estimado bajo, 0.4 a 0.6 considerado Medio, 0.6 a 0.8 es Alto y 0.8 a 1.0 considerado Muy alto para la categorización del resultado de la relación, también se evaluó el grado de relación y si esta fue directa o inversamente proporcional. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico R3.6.1 (R-Project).

Procedimiento



La investigación se dividió en 4 fases:

A. Fase de Gabinete

- Se identificó las vías denominadas saturadas en el distrito de Piura, considerando al informe “Estudio para la identificación de las vías Saturadas dentro de la Provincia de Piura” aprobada en la Ordenanza N° 0242-00-CMPP, realizado por la Municipalidad distrital de Piura.
- Se delimitó los tramos de estudio (ver Anexo N°4) y se reconoció la categorización de las zonas de las vías saturadas en base al Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Piura al 2032, aprobada en la Ordenanza N°122-02-CMPP.
- Los puntos de monitoreo se eligieron teniendo en cuenta los tramos críticos dentro de las vías saturadas y por juicio propio.
- Se esquematizó el cronograma de monitoreo (ver Anexo N°5) para la obtención de datos referente a las variables de estudio en los tramos delimitados.

B. Fase de Campo

- Las mediciones se realizaron por un tiempo de 2 horas (12:00pm – 2:00pm) en periodos de 10 min., de lunes a viernes, monitoreados en una dirección del tramo de la vía por día.

- Se conformó un equipo de trabajo de campo, de 3 a 4 personas, a los cuales se les capacitó en la metodología para la toma de datos. Se les entregaron un chaleco para que estén correctamente identificados.
- Para determinar la congestión vehicular se midió a través de la velocidad media espacial, la cual según estudios anteriores es la manera cuantitativa de medir dicho fenómeno. Esta se realizó de forma manual, dividiendo distancia y tiempo. La distancia se midió en campo con una cinta métrica y para el tiempo, se utilizó dos cámaras filmadoras las cuales se colocaron al inicio y final de un tramo seleccionado, a fin de que estas permitan captar todos los vehículos; así como, el inicio y término del recorrido del tramo, obteniendo el tiempo de recorrido.
- Los niveles de ruido se midieron con un sonómetro integrador calibrado por INACAL (ver Anexo N° 7), que fue calibrado en el campo por un calibrador acústico, cada día de la medición. El sonómetro fue colocado en un punto del tramo seleccionado, a una distancia de 1,5 metros de cualquier superficie reflectante del ruido, configurado en ponderación A y en el modo de respuesta rápida. Se han seguido todas las especificaciones de la NTP-ISO 1996-2. Estas mediciones se realizaron en intervalos de 10 minutos por 2 horas, las cuales se registraron en la ficha de registro de datos (ver anexo N° 6).

C. Fase de Procesamiento y Análisis de Datos

- Se analizaron los videos de las cámaras filmadoras, para la obtención de los tiempos de recorrido de los diferentes vehículos que transitaron, con el fin de determinar la velocidad media espacial, teniendo en cuenta la distancia medida de los tramos evaluados. Con todas las velocidades medias espaciales se calculó la velocidad media espacial del tramo, y se hizo un análisis de datos para determinar si el flujo vehicular es mayor o menor al 60% del flujo libre de la vía estudiada.
- Para el registro del ruido vehicular se utilizaron fichas; las cuales proporcionaron los niveles de decibeles promedios generados por los diferentes vehículos en periodos de 10 minutos, para la generación de una data base, la misma que permitió obtener un promedio general en cada uno de los tramos monitoreados, el cual se comparó con el ECA Ruido estipulado en el D.S. 085-2003-PCM.
- Se realizó un análisis estadístico para encontrar la correlación entre congestión vehicular y contaminación sonora, habiendo encontrado primero la normalidad, para ello se aplicó el método Anderson – Darling, luego se procesó los datos de ambas variables con la prueba de Pearson para medir la relación estadística entre estas.

D. Fase de elaboración de una propuesta del diseño de una guía para la implementación de barreras acústicas arbóreas.

- Se revisó y analizó estudios, investigaciones y evidencia científica relacionada al problema de ruido generado por el tránsito vehicular, para encontrar posibles soluciones que existen frente a problemas de ruido en las ciudades, y se halló que la implementación de barreras arbóreas es una alternativa de solución; pero no se encontró que exista una formulación estructurada de cómo ejecutarlas.
- Se analizó y diseñó el proceso de implementación de barreras acústicas arbóreas, considerando estudios previos y normativas nacionales e internacionales.
- Se desarrolló un esquema para la propuesta de un diseño de guía para la implementación de barreras acústicas arbóreas, abordando: el diagnóstico, identificación, ubicación y evaluación del área; la elaboración de estrategias y actividades; la construcción de barreras acústicas propiamente dicha, teniendo en cuenta las características acústicas y las consideraciones de diseño; así como, la evaluación y monitoreo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Relación de la Congestión Vehicular y Contaminación Sonora

Tabla 1

Prueba de Anderson-Darling

Variable	Prueba	Avenida			
		Andrés Avelino Cáceres	César Vallejo	Grau	Don Bosco
Ruido (db)	Anderson-Darling	0.592	0.272	0.255	0.343
	P	0.110	0.638	0.696	0.458
Velocidad (km/h)	Anderson-Darling	0.320	0.286	0.551	0.194
	P	0.512	0.592	0.139	0.882

Nota: Evaluación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson-Darling

En la tabla 1 se muestran los resultados de la prueba de Anderson-Darling a los datos de ruido y velocidad, para cada avenida en estudio; donde se determinó que todas se distribuyen normalmente ($p \geq 0.05$).

Tabla 2

Correlación de la velocidad con los niveles de ruido en vías saturadas del distrito de Piura.

Avenida	Relación	Coefficiente correlación	de P
Andrés Avelino Cáceres	Velocidad – Ruido	0.17	0.444
César Vallejo	Velocidad – Ruido	0.11	0.618
Grau	Velocidad – Ruido	-0.64	0.001
Don Bosco	Velocidad – Ruido	-0.60	0.003

Nota: Correlación de Pearson (a un nivel de significancia de $p=0.05$)

En la tabla 2 se muestran los resultados de la prueba de Pearson, determinó correlación significativa ($p < 0.05$) e inversamente proporcional, entre la velocidad y el ruido para las avenidas Grau y Don Bosco; siendo en el primer caso de -0.64 y el segundo de -0.60 (coeficiente de correlación entre 0.6 a 0.8 es considerado "bueno"). Además, no existe evidencia suficiente para determinar relación en las avenidas Andrés Avelino Cáceres y César vallejo ($p \geq 0.05$).

Resultados de Niveles de Ruido

Se realizó un procedimiento estadístico (promedio) a los 24 valores de las mediciones de los niveles de ruido LAeqT recopilados en cada uno de los puntos de monitoreo, así tenemos:

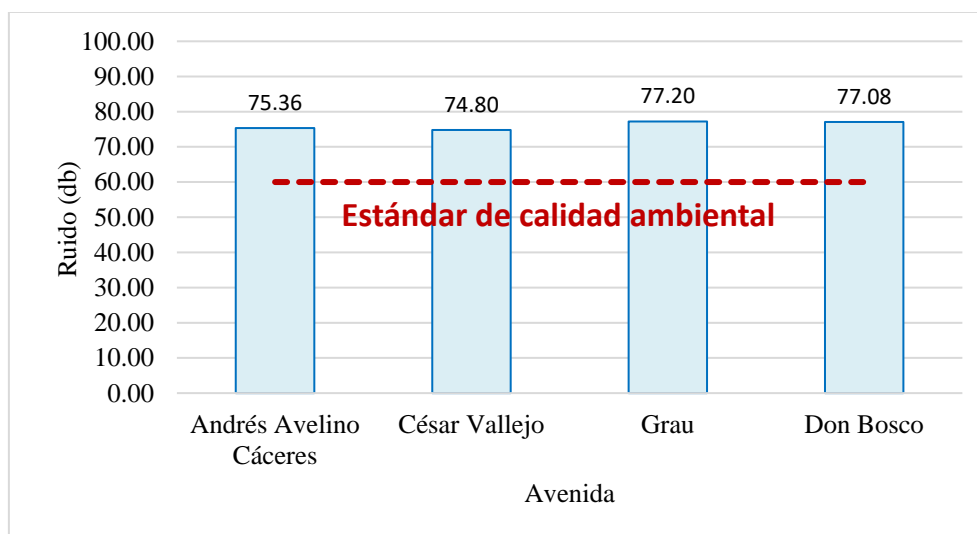


Figura 1. Comparación de los LAeqT promedio con ECA para ruido de cada avenida monitoreada.

En la Figura 1 se observa que el menor nivel de ruido se registró en el tramo de la avenida Cesar Vallejo; por el contrario, los valores más altos se presentaron en las avenidas Grau con 77.20 db y Don Bosco con 77.08 . Además, de acuerdo con el primer objetivo específico se hace la comparación de los LAeqT registrados con el ECA para ruido, para Zona Residencial en horario diurno (60 dB(A)) ver anexo 8, pudiendo afirmar que el total de las avenidas estudiadas exceden el estándar de calidad establecido.

Resultados de Velocidad Media Espacial

Se realizó un procedimiento estadístico (promedio) con los 24 valores recopilados en cada uno de los tramos de las avenidas estudiadas, cuyo resultado se muestran a continuación:

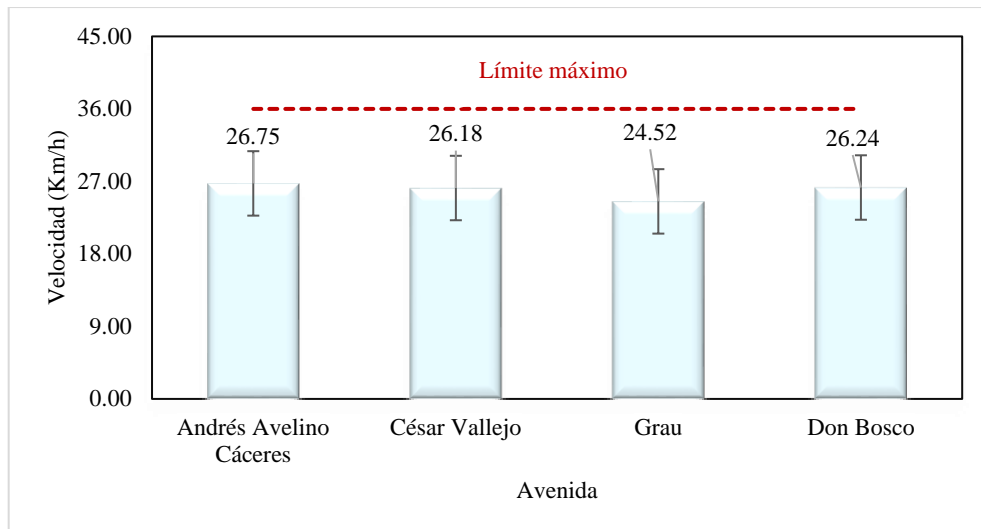


Figura 2. Velocidades promedio en vías de transporte público saturadas, distrito de Piura, 2019.

En la figura 2 se observa que el menor valor de velocidad promedio registrado en hora pico pertenece a la avenida Grau; por el contrario, los valores más alto se presentan en la avenida Andrés Avelino Cáceres con 26.75 km/h. Además, de acuerdo con el segundo objetivo específico se hace la comparación de las velocidades promedio con el Informe técnico: Evaluación de áreas saturadas de la red vial metropolitana de Trujillo, para vías metropolitanas las velocidades inferiores a 36 km /h son indicadores de congestión. En ese aspecto, de acuerdo con los resultados de velocidad promedio, los tramos estudiados de todas las avenidas presentaron congestión vehicular.

Resultados de la Propuesta

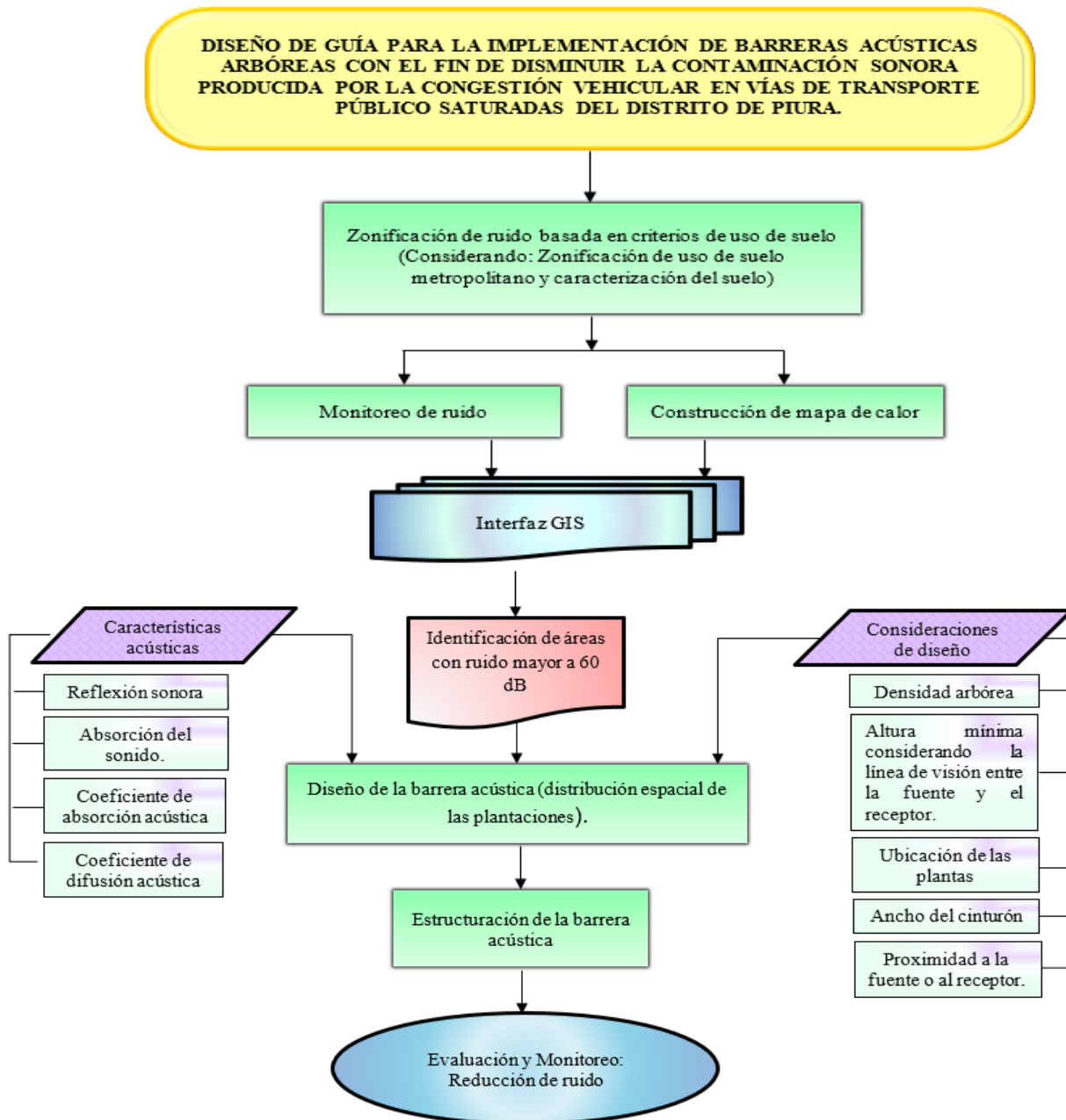


Figura 3 Diagrama de flujo de la implementación de barreras acústicas arbóreas para la atenuación del ruido del tráfico en las avenidas Don Bosco y Grau, en el distrito de Piura.

CAPÍTULO. IV DISCUSIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados de la prueba de Pearson, el cual determinó una correlación significativa ($p < 0.05$) e inversamente proporcional entre la velocidad y el ruido para las avenidas Grau y Don Bosco, resultados que coinciden con los de la investigación realizada por Laysa (2017) en las avenidas saturadas del distrito de Trujillo, el estudio refiere que la relación entre la velocidad y el ruido tiene un nivel de significancia $p < 0.05$, por lo cual existe una relación significativa y de grado bueno, en los tramos estudiados pertenecientes a las avenidas Los Incas, Pedro Muñís y España, evidenciando que a menor velocidad hay mayor congestión, por tanto mayor nivel de ruido. Respecto a los tramos estudiados de las avenidas Andrés Avelino Cáceres y Cesar Vallejo no existe evidencia suficiente para determinar relación significativa ($p > 0.05$) entre la contaminación sonora con congestión vehicular (ver tabla 2); cabe precisar que durante el estudio se observó que, estas avenidas son amplias, en específico la avenida Andrés Avelino Cáceres presenta cuatro carriles de los cuales son dos principales y dos auxiliares, y se observa escaso tránsito vehicular público; mientras que la avenida César Vallejo, presenta vías secundarias que se unen a esta vía principal, descongestionando la vía, lo que permite que haya un mejor flujo de vehículos. Así, en los resultados se observó que para un mismo nivel de ruido existen diferentes valores posibles de congestión vehicular, debido a que en estos tramos estudiados hubo diversos factores que probablemente influenciaron en los niveles de ruido medidos: como el tamaño de los vehículos, el tipo de vehículo, el ruido de los motores, el tipo de material de la calzada y el mal estado de los vehículos, que se evidencian en el distrito de Piura; en este sentido, Subramani, Kavitha & Sivaraj (2012) refiere en su investigación que el ruido causado por el tránsito urbano procede de los ruidos propios del vehículo como el sonido generado por el motor, el tubo de escape y el ruido predominante que es producido por la fricción de los neumáticos con el pavimento; así también, Timaná (2017) en su estudio del cercado de Piura, en el cual refiere que los trimóviles son los vehículos que aportan un nivel de ruido elevado, debido al desorden, la informalidad y la falta de mantenimiento. Otros factores observados, fueron las malas maniobras de los conductores, las aceleraciones, las paradas improvisadas de autobuses, el inadecuado uso del claxon, el sonido de las sirenas, que provocan que el ruido percibido se relacione al comportamiento de los conductores, como señala Román (2018) en su estudio, que el uso del claxon es causado por una falta de educación vial de los conductores porque no respetan las paradas establecidas y se detienen para recoger a sus pasajeros en cualquier momento y en cualquier lugar.

Los factores antes mencionados influyen en el estudio, es por ello que del tamaño de muestra el 50% mantiene una correlación inversamente proporcional, es decir sustenta evidencia que a menor velocidad media espacial, mayor nivel de ruido (sobrepasando los 60 dB), cumpliéndose en los tramos evaluados de las avenidas Grau y Don Bosco, mientras que para las avenidas César Vallejo y Andrés Avelino Cáceres, existe una falta de evidencia idónea que manifieste una buena correlación; considerando los hallazgos se plantea que para futuras investigaciones se realice un estudio con más periodos de toma de datos en diferentes momentos del día, lo cual puede permitir hasta una validación de datos para la construcción de futuros modelos que posibiliten determinar la correlación que puede existir entre las dos variables que se plantea en este estudio, evaluando sólo una.

En la Figura 1 se muestran los resultados del nivel de ruido evaluados en los tramos de las avenidas saturadas, siendo estas la Av. Andrés Avelino Cáceres, Av. Cesar Vallejo, Av. Grau y la Av. Don Bosco del distrito de Piura, de las cuales los puntos del nivel de ruido más altos se registraron en la Av. Grau con 77.20 dB y Av. Don Bosco con 77.08 dB, en tanto en las avenidas Andrés Avelino Cáceres y César Vallejo los niveles de ruido registrados son de 75,36 dB y 74.80 dB respectivamente.

El nivel de ruido, evaluado por Timaná (2017) expone en su investigación que en la Av. Grau se registró niveles de ruido de 71.6 dBA, mientras que en la avenida Don Bosco alcanzó niveles de ruido de 74.1 dB, mostrando similitud con los resultados obtenidos ya que ambos resultados superan los Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Ruido, además se encuentra una diferencia de 5.6 dB y 2.98 dB respectivamente. Quizás el aumento, no sea considerable, sin embargo, este incremento en un periodo de diferencia de 2 años (2017 – 2019) podría verse explicado por diversos factores entre ellos el crecimiento del parque automotor, aumento de líneas de transporte público en algunas vías, etc. Asimismo, el estudio de Abramonte (2019) menciona que, si hay contaminación sonora en la avenida Grau, es debido al tránsito vehicular del transporte privado y público.

Por otro lado, se comparó los resultados con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM-Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, dentro del cual especifica que para una zona residencial y en horario diurno el valor máximo del nivel de ruido es 60 dB ver anexo 8, encontrando que todos los datos obtenidos de los niveles de ruido en los tramos de las avenidas saturadas evaluadas, exceden los valores establecidos en la norma antes mencionada. Esta superación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido se debe a los múltiples elementos del parque automotor, la informalidad, el abuso del claxon, el mal estado de los vehículos, la falta de cultura de los transportistas que generan desorden y

por la circulación de trimóviles viejos y deteriorados; coincidiendo con lo mencionado por Tandel & Macwan (2011), que los vehículos de mayor contribución al ruido generado son los vehículos de dos y tres ruedas; asimismo, en el estudio de Hassan, et al. (2012) menciona que los vehículos viejos con mal mantenimiento, los malos hábitos de conducción y las motocicletas viejas son las principales causas de la contaminación sonora.

También Badajoz (2001) (citado en Timaná. 2016. pág.39) menciona que en avenidas con mayor circulación de mototaxis, independientemente de tener mayor flujo vehicular, como en la avenida Sullana, con una circulación vehicular donde el 66% está integrado por mototaxis, el nivel del ruido supera los 70 dB provocando más ruidos que los automóviles; mientras el estudio realizado por Román (2018) indica que las principales fuentes generadoras de ruido son las motocicletas que circulan con el escape libre, el uso de bocinas en vehículos particulares y micros; además, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2014) en su estudio en el distrito de Piura en horario diurno, menciona que las principales fuentes de generación de ruido ambiental se deben al congestionamiento vehicular del transporte público, transporte privado, mototaxis y motos lineales y en segundo plano el uso de claxon por parte de los conductores, coincidiendo con lo observado en el estudio. En tanto, en la investigación realizada por Colqui (2019) en el casco urbano de Amarilis, de la ciudad de Huánuco, se tiene que el nivel de ruido medido en 12 puntos de congestión vehicular sobrepasan los ECA para ruido D.S. N°085-2003-PCM, y que este nivel de ruido es producido principalmente por la congestión vehicular, durante las horas punta, resultados que guardan similitud con los obtenidos en esta investigación, ya que el nivel de ruido evaluado en los cuatro tramos de avenidas saturadas del distrito de Piura sobrepasan los ECA, lo que daría a conocer que en nuestro país, estamos atravesando por un problema ambiental de gran interés por su afectación a la salud pública, al cual la población no debería ser ajena. Por otro lado, en la investigación efectuada por Nejadkoorki, et al. (2009) en la ciudad de Yazd, tuvieron como resultado 74.4 dBA de nivel de ruido (LAeq); dato significativo, pues supera el nivel de ruido permisible para áreas residenciales comerciales, que debe ser menos de 60 dBA en áreas urbanas, casi el mismo patrón a los resultados obtenidos en esta investigación que superan los 60 db para una zona residencial.

En los tramos evaluados de las avenidas pertenecientes a las zonas residenciales, para el registro del nivel ruido se empleó equipos avalados por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), los cuales tienen costos elevados; presentándose como una limitante en la presente investigación, es por ello que cada tramo fue monitoreado durante 2 horas por día en un sentido de la avenida; además, otra limitante ha sido el aumento del presupuesto debido a que se

contrató personal de seguridad para la vigilancia y el cuidado de los equipos de monitoreo, puesto que los tramos estudiados son considerados zonas inseguras.

El estudio determina que los resultados obtenidos del nivel de ruido, supera los valores establecidos en el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido” durante el horario diurno; se recomienda que para futuras investigaciones, los datos puedan ser tomados durante un día completo y que se utilice un sonómetro de clase 1.

En la Figura 2 se observan los promedios de la velocidad media espacial de cada tramo registrados en la hora pico en vías de transporte público saturadas en el distrito de Piura, teniendo como el menor y mayor valor de velocidad promedio registrados durante la hora pico en la Av. Grau con 24.52 km/h y en la Av. Andrés Avelino Cáceres con 26.75 km/h respectivamente. La velocidad de los tramos estudiados de las Av. Andrés Avelino Cáceres (26.75 km/h), Av. Cesar Vallejo (26.18 km/h), Av. Grau (24.52 km/h) y la Av. Don Bosco (26.24 km/h) revelan la existencia de congestión vehicular; pues, según el informe técnico “Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo” establece que las velocidades de un tramo de vía obtenida en el Modelo de Transporte, si resultan ser menores en un 60% de la velocidad a “flujo libre” queda catalogada como un tramo de vía congestionada, considerando que las avenidas estudiadas están clasificadas como vías arteriales, cuyo límite máximo de velocidad es de 60 km/h (Martínez, et al. 2019). En ese sentido todos los tramos estudiados presentan congestión vehicular; pudiéndose mencionar que unas de las causas de este referido problema se debe a una mala señalización de las vías, el ancho de la calzada, paraderos informales, malas maniobras de los conductores, los tipos de vehículos, actividades económicas que se desarrollan en las calles, presencia de vehículos en mal estado, presencia de centros educativos en la zona, el tráfico vehicular durante la hora pico, y la falta de policías de tránsito que regulen el flujo y pongan orden en dichas avenidas y vehículos estacionados ocupando parte de la vía, concordando con lo que menciona Layza (2017), que la congestión vehicular presentada en sus avenidas de estudio se debe a malas maniobras de los conductores, mayor circulación de vehículos y vehículos estacionados ocupando una fracción de la vía.

Cabe precisar que existen escasos estudios previos referidas a la velocidad media espacial, que permitan corroborar los datos del estudio realizado. Además, el estudio muestra que los resultados obtenidos respecto a la velocidad media espacial, supera el criterio del informe técnico: Evaluación de Área Saturada de la Red Vial Metropolitana de Trujillo, estudio único referente a la evaluación de las vías saturadas, para establecer que una vía esta congestionada.

Y se sugiere que en futuras investigaciones la toma de datos sea en más periodos, de manera tal que permiten evidenciar mayor cantidad de información en ambas variables.

En la Figura 3 se muestra el diseño de una guía para implementación de barreras acústicas arbóreas, el cual está constituido principalmente por los siguientes pilares: Zonificación de ruido, densidad Arborea, altura mínima de visión, ubicación de la planta, ancho del cinturón y proximidad a la fuente, esta guía concuerda con lo mencionado por Posada, et al. (2009) quien aborda los mismos criterios, donde menciona que las características, estructura y densidad de la vegetación son criterios a tener en cuenta para obtener beneficios ambientales y sociales, entre ellos la disminución del Ruido, pues las barreras acústicas arbóreas es una propuesta ambientalista, que tiene variados beneficios, como acrecentar zonas con vegetación, la formación de espacios con condiciones climáticas favorables para la salud de las personas que habitan en dichos espacios y la reducción de los niveles de ruido, concordando con lo mencionado por Zeballos & Román (2020), los cuales indican que la vegetación de la zona urbana cumple la función de regulación creando microclimas y disminuye los niveles de ruido producidos en avenidas de alto tránsito vehicular. Asimismo, esta propuesta precisa que las barreras acústicas son atenuadores de niveles de ruido, lo cual coincide con lo planteado por Posada, et al. (2009) los cuales mencionan que las barreras acústicas elaboradas a base de plantas son efectivas para mitigar el ruido en avenidas de alto tránsito. Esta misma es acogida y sostenida por la Norma Internacional ISO 10847:1997, que considera que las barreras de ruido deben de tener en cuenta los perfiles del terreno, características de la superficie del suelo, estructuras artificiales circundantes y condiciones meteorológicas; así como por la ISO 17497-2:2012 que define coeficiente de difusión.

Cabe indicar que una de las limitaciones para el resultado del diseño de la guía, son las escasas investigaciones que proponen la implementación de barreras acústicas arbóreas, es decir falta de resultados de ejecución, las cuales consideren los criterios relacionados con las características del ruido y de las plantas arbóreas; además, las barreras implementadas en los estudios revisados no cuentan con una guía específica, que permita determinar su eficacia.

Además, se recomienda realizar investigaciones de campo de plantas autóctonas que cumplan determinadas características que les permitan ser implementadas en las barreras acústicas arbóreas. Finalmente, este modelo puede ser el punto de partida para otras investigaciones.

CAPÍTULO. V CONCLUSIONES

- Entre la velocidad y los niveles de ruido, en el 50% de las vías saturadas evaluadas existe una buena correlación significativa e inversamente proporcional, para las avenidas Grau y Don Bosco, al mismo tiempo, no existe evidencia suficiente para determinar relación en las avenidas Andrés Avelino Cáceres y César vallejo de la Ciudad de Piura.
- Los niveles de ruido registrados en los 8 puntos de monitoreo dentro de los tramos de las avenidas saturadas: Av. Andrés Avelino Cáceres, Av. Cesar Vallejo, Av. Grau y la Av. Don Bosco del distrito de Piura, superaron los (60 dB(A)) del Estándar de Calidad Ambiental para el Ruido, para zona Residencial en horario diurno, afirmando la presencia de contaminación acústica en estas vías de transporte público, de conformidad con el DS N° 085-2003- PCM.
- Los tramos de estudio ubicados en la zona Residencial del distrito de Piura, de las Av. Andrés Avelino Cáceres, Av. Cesar Vallejo, Av. Grau y la Av. Don Bosco, obtuvieron velocidades medias espaciales de 26.75, 26.18, 24.52 y 26.24 km/h respectivamente, y de acuerdo con el criterio del Informe Técnico de Trujillo dichas avenidas se establecen como congestionadas, pues sus velocidades medias espaciales son inferiores al 60 % de la velocidad de flujo libre, es decir a 36 km/h.
- Se diseñó una guía para la implementación de barreras acústicas arbóreas, tomando en cuenta las características acústicas y las consideraciones del diseño. Guía que puede ser utilizada como un instrumento significativo que permita la implementación de barreras acústicas arbóreas, para mitigar la contaminación de ruido en avenidas congestionadas; además, esta guía se ha convertido en un avance de consideración, para el desarrollo de futuras investigaciones en barreras acústicas.

REFERENCIAS

- Abramonte, H. (2019). *Influencia de la contaminación sonora producida por vehículos que circulan entre las Avenidas Grau y Gullman en la ciudad de Piura a fin de proponer medidas de solución*, año 2017 (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31518>
- Arana, M., Bueno, M., Díaz, C., Expósito, J., Van, N., Pedrero, A., Sánchez, J., & Expósito, S. (2013). *Innovación para el control del ruido ambiental*. Recuperado de <http://bit.ly/2YY6aag>
- Badajoz, R. (2001). *Estudio de la contaminación acústica en las ciudades de Piura y Castilla*. Piura: Escuela de Post grado de la Universidad Nacional de Piura.
- Chillitupa, R. (9 de mayo del 2017). *La contaminación que lima no quiere oír*. Mundiario. Recuperado de <https://bit.ly/32dgcTO>
- Colqui, S. (2019). *contaminación Acústica en puntos de Congestión Vehicular del casco urbano de amarilis, provincia y región Huánuco – agosto y setiembre 2018*(Tesis de Grado). Universidad de Huánuco. Recuperado de <http://bit.ly/2m2Yu4M>
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú. 31 de enero de 2003.
- Department of Environment and Conservation.(2007). *Gestionar el ruido de los vehículo*. Recuperado de: <https://www.epa.nsw.gov.au/publications/noise/130197vehicle>
- El mundo. (27 de abril del 2016). *El ruido: una amenaza para la salud*. Recuperado de <https://www.elmundo.es/salud/2016/04/27/571f7504e2704ed1208b4585.html>
- El tiempo. (06 de octubre 2017). *El tránsito vehicular es un caos en las principales avenidas de la ciudad*. El tiempo. Recuperado de <http://bit.ly/2lXvqvK>
- Hassan, M., Hossein, G., Barkhordari, A., & Zare, M. (2012). *Noise Pollution in Urban Environments: a Study in Yazd City, Iran*. *Polish Journal of Environmental Studies: Revista Digital*, 21(4), 1095-1100. Recuperado de <http://www.pjoes.com/Noise-Pollution-in-Urban-Environments-r-na-Study-in-Yazd-City-Iran,88845,0,2.html>
- Guiracocha, G. (2000). *Conservación de la Biodiversidad en los Sistemas Agroforestales Cacaoteros Y Bananeros de Talamanca, Costa Rica*. Recuperado de <https://bit.ly/2QsDyDW>
- Henao, F. (2014). *Riesgos Físicos I: Ruido, Vibraciones y presiones anormales*. Recuperado de <http://bit.ly/31rfK33>
- ISO 17497-2:2012. AcouValuatistics – Sound-scattering properties of surfaces – Part 2: Measurement of the directional diffusion coefficient in a free field.

ISO 10847:1997. Acoustics — In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types

INDECOPI. (2007). NTP-ISO 1996-1. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación.

INDECOPI. (2008). NTP-ISO 1996-2. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental.

Lampada. (28 de setiembre del 2018). *El tráfico de lima: un gran problema y ninguna solución* [Mensaje de blog] Recuperado de <https://www.lampadia.com/analisis/social/el-traffic-de-lima-un-gran-problema-y-ninguna-solucion>

Layza, M. (2017, Noviembre). Tránsito y congestión vehicular en la contaminación sonora en vías de transporte público. CIENTIFI-K: Revista Digital ,6(1), 30-35. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25057>

Li, Y. & Ren, S. (2011). Basic Properties of Building Decorative Materials. *Building Decorative Materials*, 10–24. doi:10.1533/9780857092588.10

López, U., Fajardo, D., Chavolla, G., Magaña, R., Mondragón, G., & Robles, M. (2000). *Hipoacusia por ruido: un problema de salud y conciencia pública*. *Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM* 43 (2),41-42. Recuperado de <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no43-2/RFM43202.pdf>

Martínez, L y Peters, J. (2013). *Contaminación acústica y ruido*. Recuperado de <http://bit.ly/2M9QFpI>

Martínez, E., Gómez, M., Marín, A., Álvarez, M., Moncholí, D., Romera, M ., Nieves,G., Arriola,C., Ortiz,C & Canseco,P.(2019). *Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura*. Recuperado de: <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1414/Plan%20de%20movilidad%20Piura.pdf>

Menéndez, F., Fernández, F., Llana, F., Vázquez, I., Rodríguez, J., & Espeso, M. (2009). *Formación superior en prevención de riesgos laborales*. Recuperado de <http://bit.ly/2KpoZeH>

Ministerio del Ambiente. (2013). *Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido*. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>

- Montes, C. (2018). *Miradas Regionales sobre desarrollo económico y social*. Lima, Perú: Universidad del Pacífico. Recuperado de: <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2673?show=full>
- National Academy of Engineering of the National Academies. (2010). *Technology for a Quieter America*. Recuperado de <http://bit.ly/2MdYLxH>
- Navarro, S. (2018). *Ingeniería de Transito*. Recuperado de <https://www.dropbox.com/s/rtb183iizopwa7f/Documento%20Base%202018.pdf?dl=0>
- Nejadkoorki, F., Yousefi, E., & Naseri, F. (2009). *Analysing street traffic noise pollution in the city of Yazd*. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering: Revista Digital, 7(1). Recuperado de <http://bit.ly/343H8oJ>
- Obregón, M. (2016). *Fundamentos de Ergonomía*. Recuperado de <https://bit.ly/30gbG5g>
- OEFA. (2014). Informe N°401-2014-OEFA/DE-SDCA. Informe de Monitoreo de ruido ambiental en la ciudad de Piura. Dirección de Evaluación. Subdirección de Calidad Ambiental.
- OEFA. (2016). *La contaminación Sonora en Lima y callao*. Recuperado de <https://www.oefa.gob.pe/publicaciones/libro-contaminacion-sonora-lima-callao>
- Ordenanza N°0242-00-CMPP. (2018). Recuperado de: <http://bit.ly/2MfE9mj>
- Ordenanza N°122-02-CMPP. (2014). Recuperado de: <http://bit.ly/2nh9Djt>
- Ordenanza N°257-00- CMPP. (2018). Recuperado de: <http://bit.ly/2AHyHmP>
- Orozco, M & González, A. (2015). *La importancia del control de la contaminación por ruido en las ciudades*. Ingeniería, 19(2), 129-136. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/467/46750925006/>
- Paneque, M., Grenot, Y., & Torres, L. (2017, Julio). *Evaluación del ruido producido por el transporte automotor en un tramo de la avenida de las américas del micro distrito 9 del distrito José Martí en Santiago de Cuba*. Ciencia en su PC, 3,66-80. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/1813/181353026006/>
- Peng, L. (2017). Sound absorption and insulation functional composites. Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction, 333–373. doi:10.1016/b978-0-08-100411-1.00013-3
- Posada, M., Pilar, M., & Fernández, C. (2009, Diciembre). *Influencia de la vegetación en los niveles de ruido urbano*. Revista EIA, 12, 79-89. Recuperado de: <https://bit.ly/2PLBIDr>
- Quevedo, R. (28 de Octubre de 2003). *El ruido, un enemigo temible* [Mensaje de blog] Recuperado de: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/rita.htm>
- Ramírez. A & Domínguez, E. (2011, Mayo). *El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo*. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias

Exactas, Físicas y Naturales, 35(137), 509-530. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082011000400009

Rocha, D. (2012). *Sonómetro Digital*. (Tesis de pregrado). Instituto politécnico nacional. Recuperado de <http://bit.ly/2kCfT49>

Román, G. (2018, Marzo). *Evaluación de los niveles de ruido ambiental en el casco urbano de la ciudad de Tarija, Bolivia*. Acta Nova: Revista Digital, 8(3), 421-432. Recuperado de <https://bit.ly/2XuRQRO>

Ruiz, B & Tucure, E. (2015). *La congestión vehicular en la ciudad de Piura*. Recuperado de <http://www.unp.edu.pe/libros/librolacongestionvehicular.pdf>

Sampieri, H. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Interamericana editorial.

Subramani, T., Kavitha, M., & Sivaraj, K. (2012). *Modelling Of Traffic Noise Pollution*. International Journal of Engineering Research and Applications, 2, 3175-3182. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.3776&rep=rep1&type=pdf>

Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica: incluye evaluación y administración de proyectos de investigación*. Recuperado de <http://bit.ly/2m42fae>

Tandel, B., & Macwan, J. (2011). *Urban Corridor Noise Pollution: A case study of Surat city, India*. ResearchGate: Revista Digital, Recuperado de <http://bit.ly/345hoIQ>

Timaná, M. (2017). *Nivel de ruido ambiental en el mercado de la ciudad de Piura* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Piura. Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1317>

TMT. (2015, Octubre). *Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo*. Recuperado de <http://bit.ly/359CoPY>

Van Renterghem, T., Attenborough, K & Philippe, J.(2015, febrero). Designing vegetation and tree belts along roads. Researchgate. Recuperado de : https://www.researchgate.net/publication/292353764_Designing_vegetation_and_tree_belts_along_roads

Van Renterghem, T., Botteldooren, D., Kang, J., Horoshenkov, K., & Yang, H. (2015). Acoustical characteristics of trees, shrubs, and hedges. Environmental methods for transport noise reduction, 79–90. doi: 10.1201/b17606-5.

Van Renterghem, T., Forssén, J., Attenborough, K., Jean, P., Defrance, J., Hornikx, M., & Kang, J. (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. Applied Acoustics, 92, 86–101. doi:10.1016/j.apacoust.2015.01.004

Zeballos, A & Román, C.(2020, Febrero). *Evaluación de muro verde en la disminución de ruido y su percepción ambiental en un centro educativo*. INGENIERÍA INVESTIGA ,2 (01), 246 - 253. Recuperado de <https://bit.ly/3g3TEy7>

ANEXOS

ANEXO N° 1. Matriz de Consistencia

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	INDICADOR	UNIDADES	METODOLOGIA
Congestión Vehicular y Contaminación Sonora en vías de transporte público saturadas, distrito de Piura, 2019	¿Cómo se relaciona la Congestión Vehicular con la Contaminación Sonora en vías de transporte público saturada, distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial?	<p>Cómo se relaciona la congestión vehicular con la contaminación sonora en vías de transporte público saturada distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial.</p>	<p>Hipótesis General: A mayor congestión vehicular, mayor contaminación sonora en vías de transporte público saturada, distrito de Piura, Agosto 2019, Zona Residencial.</p>	VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL	(Km/h)	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Población: Avenidas saturadas de Piura</p> <p>Muestra: Av. Grau Av. Andrés A. Cáceres Av. Cesar Vallejo Av. Don Bosco</p> <p>Instrumento: Ficha de campo.</p>
		<p>Objetivo Específico:</p> <p>Comparar los resultados obtenidos del nivel de ruido con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido” durante el horario diurno.</p> <p>Comparar los resultados de la velocidad media espacial con el informe técnico: Evaluación de área saturada de la red vial metropolitana de Trujillo.</p> <p>Proponer el diseño de una guía para la implementación de barreras acústicas arbóreas con el fin de disminuir la contaminación sonora producida por la congestión vehicular en vías de transporte público saturadas del distrito de Piura.</p>		NIVELES DE RUIDO	(dB)	

ANEXO N° 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Unidades	Escala	Instrumento
Congestión vehicular	Fenómeno por el cual un vehículo no puede viajar a la velocidad deseada, aumentando sus tiempos de viaje. (Thomson y Bull. 2002, pág. 110 citado Montes, 2018, pág. 191)	En el tramo de estudio se determinará la relación entre la distancia y el tiempo que demora un vehículo en recorrer un tramo seleccionado; con lo que se obtendrá la velocidad.	Velocidad Media Espacial	$\frac{\text{Km}}{\text{h}}$	Cuantitativa de razón	Ficha de Recopilación de data
Contaminación Sonora	Presencia en el ambiente de sonidos molestos, sea cual sea el emisor acústico que los originó, que implique incomodidad, riesgo o daño a las personas, al desarrollo de sus actividades o para bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos al ecosistema. (Martínez & Peters, 2015, pág. 13).	Utilizando un sonómetro se medirán los niveles de ruido por periodos de 10 minutos durante 3 horas de monitoreo. Se evaluará si estos exceden los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido según el D.S. 085-2003-PCM	Niveles de Ruido	dB	Cuantitativa de razón	Ficha de Recopilación de data

ANEXO N° 3. Área de Estudio



Figura 4: Área de investigación perteneciente a la Avenida Andrés Avelino Cáceres.

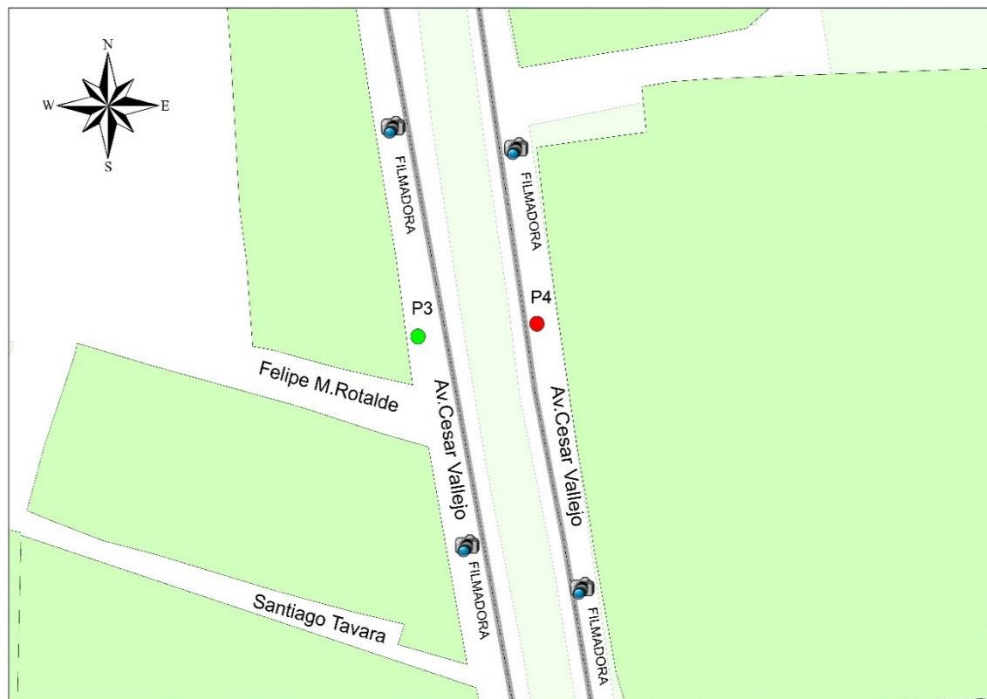


Figura 5: Área de investigación perteneciente a la Avenida Cesar Vallejo



Figura 6: Área de investigación perteneciente a la Avenida Grau.

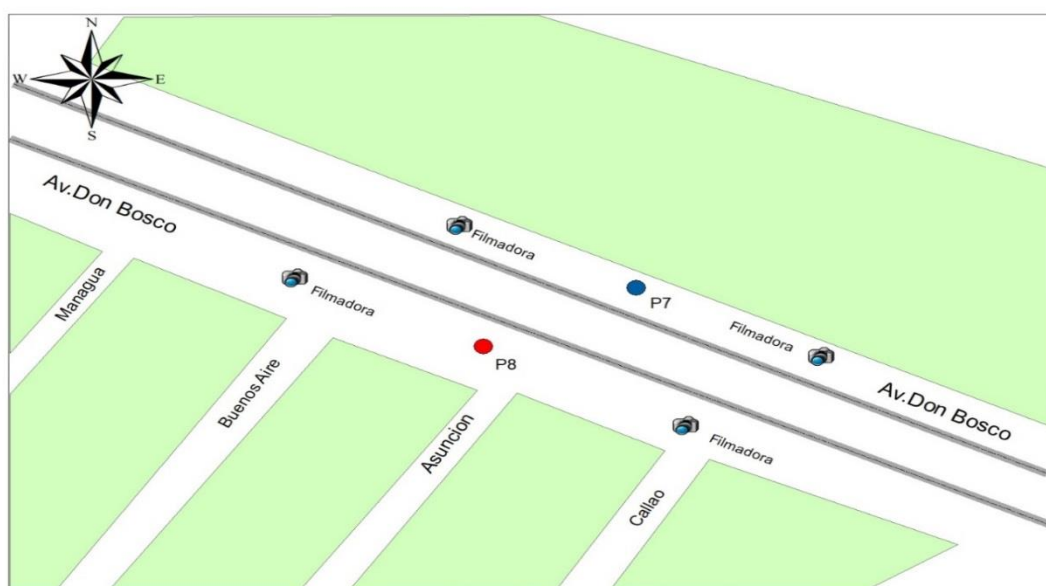


Figura 7: Área de investigación perteneciente a la Avenida Don Bosco.

ANEXO N° 4. Ubicación de puntos de monitoreo

Tabla 3

Ubicación de los puntos de monitoreo

Avenidas	Punto	Coordenada UTM		Dirección
		Este	Norte	
Andrés Avelino Cáceres	P1	540639.57	9427161.00	Entre la Av. Ramón Mujica y Av. Sullana Nte.
	P2	540639.57	9427164.08	
Cesar Vallejo	P3	538866	9426664	Entre el Ov. Grau y la Prol. Miguel Grau
	P4	538896	9426667	
Grau	P5	539385	9426200	Entre la Av. Cesar Vallejo y Av. Vice
	P5	539311	9426230	
Don Bosco	P7	540105	9425318	En la Vía de integración entre la Av. San Martín y Gullman
	P8	540068	9425300	

ANEXO N° 5. Cronograma de monitoreo

Tabla 4

Cronograma de Monitoreo

Avenidas	Punto	Fecha de Monitoreo
Andrés Avelino Cáceres	P1	19/08/19
	P2	20/08/19
César Vallejo	P3	21/08/19
	P4	22/08/19
Grau	P5	23/08/19
	P6	26/08/19
Don Bosco	P7	27/08/19
	P8	28/08/19

ANEXO N° 6. Ficha de registro para el monitoreo de ruido

Ficha de registro para el monitoreo de ruido					
Avenida:			Coordenadas		
Código de punto:			Fechas:		
Responsable:					
FUENTE GENERADORA DE RUIDO					
Fija		<input type="checkbox"/>		Móvil	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
N° de medición	Lmin	Lmax	LeqT	Hora	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
Descripción del entorno ambiental:					

Descripción del sonómetro:	
MARCA:	
MODELO:	
CLASE:	
Serie:	
CALIBRACIÓN DE LABORATORIO	
FECHA:	
CALIBRACION EN CAMPO	
ANTES DE MEDICIÓN:	
DESPUÉS DE MEDICIÓN:	

Fuente: Layza (2017, pág.42)

ANEXO N° 7. Certificado de Calibración del sonómetro



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Acústica

Informe de Calibración

LAC - 038 - 2019

Página 1 de 4

Expediente	1032918	<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	JVP INGENIEROS CONSTRUCTORES SRL	
Dirección	Urb. El Bosque Mz B Lt 18, Castilla, Piura	
Instrumento de Medición	SONOMETRO	
Marca	EXTECH	
Modelo	407780	
Clase	NO INDICA	
Número de Serie	070703181	
Micrófono / Serie	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2019-07-02	

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 digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

**ANEXO N° 8. ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA
RUIDO**

ZONAS DE APLICACIÓN	Valores Expresados en Laeqt	
	Horario Diurno 7:01 a 22:00	Horario Nocturno 22:01 a 07:00
Zona de Protección Especial	50 dB	40dB
Zona Residencial	60 dB	50 dB
Zona Comercial	70 dB	60 dB
Zona Industrial	80dB	70 dB

Fuente : DS N° 085-2003-PCM

**ANEXO N° 9. BASE DE DATOS GENERAL DE LOS RESULTADOS DE NIVELES DE
RUIDO Y VELOCIDAD MEDIA ESPACIAL**

Ruido (db)				Velocidad (km/h)			
Andrés Avelino Cáceres	César Vallejo	Grau	Don Bosco	Andrés Avelino Cáceres	César Vallejo	Grau	Don Bosco
74.60	76.10	79.30	74.50	31.90	35.70	32.90	35.20
75.30	75.50	75.80	75.80	30.80	35.40	31.70	34.40
75.70	74.60	75.50	74.40	27.80	35.10	29.30	33.20
76.00	76.50	76.10	74.60	25.90	34.60	26.10	27.10
75.80	75.40	76.60	75.60	21.70	31.60	25.70	24.20
75.20	74.30	77.50	76.00	20.70	29.00	24.60	23.20
75.90	74.50	77.40	76.40	18.70	22.60	24.00	25.60
75.40	74.90	77.10	77.70	18.30	21.10	24.50	24.60
74.90	73.80	76.50	76.40	20.00	23.20	24.80	24.00
74.10	73.80	76.00	77.90	22.40	24.50	26.60	25.40
74.70	72.60	75.90	76.70	25.70	29.90	29.20	30.80
74.30	73.80	77.80	75.80	27.20	31.10	30.90	31.80
78.40	74.80	77.20	77.10	33.80	29.70	29.80	30.80
74.60	74.70	76.30	77.20	32.20	27.10	28.20	27.80
75.20	73.60	77.20	77.90	29.30	25.00	27.50	26.00
76.10	74.60	76.60	77.40	27.60	21.50	24.50	25.90
74.80	74.70	76.70	78.70	26.60	19.70	22.10	24.40
74.70	75.30	77.20	79.00	25.70	17.60	20.60	22.00
75.30	74.30	78.50	78.90	25.20	17.40	18.60	17.30
76.30	75.40	78.80	77.80	26.90	18.30	14.20	18.10
73.90	74.20	77.40	77.70	27.40	21.60	14.50	19.80
74.50	75.00	77.70	77.60	29.70	22.80	15.50	22.20
75.10	76.00	77.30	77.10	32.40	25.90	18.20	27.40
75.40	74.70	77.80	77.40	34.10	27.90	24.40	28.60

ANEXO N° 10. Galería fotográfica

Avenida Avelino Cáceres



Figura 8: Ubicación cámara de video.



Figura 9: Calibración del sonómetro.



Figura 10: Ubicación del sonómetro.



Figura 11: Monitoreo y Registro de los Niveles de Ruido.

Avenida Cesar Vallejo

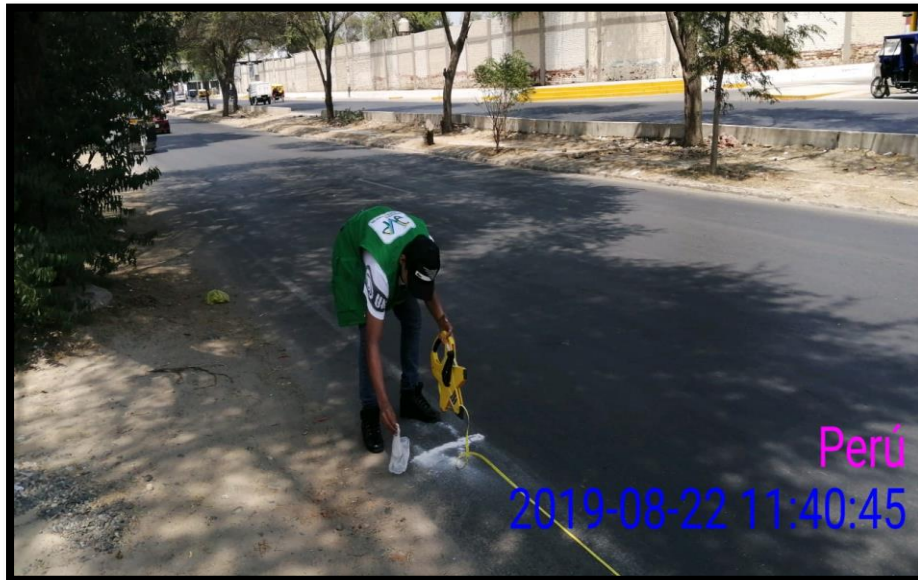


Figura 12: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.



Figura 13: Ubicación cámara de video.



Figura 14: Calibración del sonómetro.



Figura 15: Ubicación del Sonómetro.



Figura 16: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.

Avenida Grau



Figura 17: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.



Figura 18: Ubicación cámara de video.



Figura 19: Calibración del Sonómetro



Figura 20: Ubicación del Sonómetro.



Figura 21: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.

Avenida Don Bosco



Figura 22: Medición de distancias para la ubicación de los equipos.



Figura 23: Ubicación del sonómetro



Figura 24: Calibración del sonómetro.



Figura 25: Monitoreo y Registro de los niveles de ruido.



Figura 26: Equipo de trabajo.