

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Evaluación del impacto de ruido ambiental utilizando el  
método de interpolación Kriging en el Centro Poblado Santa  
María de Huachipa, Lima (Perú)**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autores:**

Bach. Ricardo Edwin Iman Lachira

Bach. Eden José Bailón Castro

**Asesor:**

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio

Lima, mayo de 2021

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE RUIDO AMBIENTAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE INTERPOLACIÓN KRIGING EN EL CENTRO POBLADO SANTA MARÍA DE HUACHIPA, LIMA (PERÚ)”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Ricardo Edwin Iman Lachira y Eden José Bailón Castro para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 18 días del mes de mayo del año 2021



---

Nombres y apellidos del asesor

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los **10 días** día(s) del mes de **mayo** del año 2021 siendo **las 20:30 horas**, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y los demás miembros: **Ing. Dennis Omar Diaz Bulnes** y el **Ing. Orlando Alan Poma Porras** y el asesor **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, con el propósito de **administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación del impacto de ruido ambiental utilizando el método de interpolación Kriging en el Centro Poblado Santa María de Huachipa, Lima (Perú)"**

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **RICARDO EDWIN IMAN LACHIRA**

.....b) **EDEN JOSÉ BAILÓN CASTRO**

.conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **RICARDO EDWIN IMAN LACHIRA** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

Candidato (b): ..... **EDEN JOSÉ BAILÓN CASTRO** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>AROBADO</b>	<b>18</b>	<b>A-</b>	<b>Muy Bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Milda Amparo  
Cruz Huaranga

\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Joel Hugo  
Fernández Rojas

\_\_\_\_\_  
Asesor  
Mg. Jackson Edgardo  
Pérez Carpio

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Dennis Omar  
Díaz Bulnes

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Orlando Alan  
Poma Porras

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Ricardo Edwin  
Iman Lachira

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
Eden José  
Bailón Castro

# **EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE RUIDO AMBIENTAL UTILIZANDO EL MÉTODO DE INTERPOLACIÓN KRIGING EN EL CENTRO POBLADO SANTA MARÍA DE HUACHIPA, LIMA (PERÚ)**

Evaluation of the impact of environmental noise using the kriging interpolation method in the Santa María de Huachipa population center, Lima (Perú)

*1 Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería. Universidad Peruana Unión, Lima, Perú*

Ricardo Edwin Iman Lachira<sup>1</sup>, Eden José Bailón Castro<sup>2</sup>

Email: [ricardoiman@upeu.edu.pe](mailto:ricardoiman@upeu.edu.pe); [edenbailon@upeu.edu.pe](mailto:edenbailon@upeu.edu.pe)

## **RESUMEN**

La contaminación acústica es un problema ambiental creciente que afecta negativamente la salud y calidad de vida de las personas en diversos lugares del mundo. El objetivo de esta investigación es evaluar el impacto de ruido ambiental utilizando el método de interpolación Kriging en el Centro Poblado (CP) Santa María de Huachipa, Lima (Perú). Teniendo en cuenta 4 zonas de interés: comercial, residencial, industrial y protección especial, los niveles de ruido equivalente (LAeq) se midieron durante 6 días en 55 puntos en horas pico: 7:00 - 10:00 am y 6:00 - 9:00 pm, contabilizando el número de vehículos y sucesivo la elaboración de mapas. En el horario diurno, 39 puntos de medición (70.9 %) superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido D.S N°085-2003-PCM, y en el horario nocturno ascendió a 49 puntos de medición (89 %). Los mapas de ruido en ambos horarios reflejan la contaminación acústica del área de estudio. El análisis estadístico evidencia una correlación directa positiva moderada entre el flujo vehicular y el nivel de ruido ( $p < 0.05$ ) para los horarios diurno ( $r = 0.54$ ) y nocturno ( $r = 0.57$ ), significa que ante el incremento del flujo vehicular existe un aumento de los niveles de ruido. Los vehículos livianos representaron el mayor flujo y el menor los vehículos pesados. En conclusión, el método de interpolación Kriging evidenció que existe contaminación acústica en el CP Santa María de Huachipa, alterando la calidad de vida de los peatones y residentes.

Palabras clave: contaminación acústica, SIG, mapa de ruido, flujo vehicular, ECA ruido.

## **ABSTRACT**

Noise pollution is a growing environmental problem that negatively affects the health and quality of life of people in various parts of the world. The objective of this research is to evaluate the impact of environmental noise using the Kriging interpolation method in the Santa María de Huachipa Town Center (CP), Lima (Peru). Taking into account 4 areas of interest: commercial, residential, industrial and special protection, the equivalent noise levels (LAeq) were measured during 6 days in 55 points in peak hours: 7:00 - 10:00 am and 6:00 - 9:00 pm, counting the number of vehicles and subsequently the elaboration of maps. In the daytime hours, 39 measurement points (70.9%) exceeded the Environmental Quality Standards (ECA) for Noise D.S No. 085-2003-PCM, and in the night hours it amounted to 49 measurement points (89%). The noise maps in both schedules reflect the noise pollution of the study area. Statistical analysis shows a moderate positive direct correlation between vehicular flow and noise level ( $p < 0.05$ ) for daytime ( $r = 0.54$ ) and nighttime ( $r = 0.57$ ), it means that with the increase in vehicular flow there is a increased noise levels. Light vehicles accounted for the highest flow and heavy vehicles the least. In conclusion, the Kriging interpolation method showed that there is noise pollution in the Santa María de Huachipa CP, altering the quality of life of pedestrians and residents.

Key words: noise pollution, GIS, noise map, traffic flow, ECA noise.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo entero existe la problemática de ruido ambiental (King & Murphy 2016), que está relacionado con el crecimiento de la población (Barceló-Pérez & González-Sánchez 2018), el tráfico rodado, espacios recreativos, industriales, considerándose el tráfico rodado como una de las fuentes más influyentes de este grupo (Ramírez-González & Domínguez-Calle 2011). Esta problemática ambiental está creciendo de manera acelerada en países desarrollados y en vías de desarrollo, causando molestias y daños a la salud de las personas (Jariwala et al. 2017).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que alrededor de 466 millones de individuos en el mundo contraen pérdida de audición, de los cuales 34 millones son menores de edad (OMS 2019), además García-Boscá (2010) menciona que otras consecuencias que ocasionan la exposición al ruido son el estrés, irritabilidad, insomnio, reducción de la capacidad de concentración, y disturbios de la tranquilidad social (Basner et al. 2014).

En América Latina, los gobiernos vienen ejecutando medidas para prevenir, mitigar y controlar los impactos generados por el ruido ambiental mediante legislaciones y mapas de ruido que faciliten la identificación de zonas con mayor ruido en las grandes urbes (Salas-López & Barboza-Castillo 2016), sin embargo, la experiencia de los diversos países que han trabajado en esta problemática ha sido distinto según el contexto (Ruiz et al. 2016), pese a ello en muchos casos las normas de ruido no han sido suficientes para mitigarlo (Ortega & Cardona 2005), por tal motivo se ha optado por emplear los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la creación de mapas estratégicos de ruido (Torres-Sotolongo & Romero-Suárez 2014).

En este contexto, las investigaciones sobre ruido ambiental implican el uso de tecnologías geoespaciales para la creación de mapas de ruido (Juárez-Hipólito et al. 2018), aplicando métodos de interpolación como Kriging e IDW (Inverse Distance Weighting), que permiten crear superficies continuas proporcionando el análisis de la condición acústica del área en estudio (Murillo et al. 2012), de los cuales el método de interpolación de Kriging se considera el más eficiente en temas de modelización del ruido (Murillo et al. 2012).

En las principales ciudades del Perú la realidad por contaminación acústica se vive a diario, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), ejecutó en el año 2015 una evaluación de la contaminación sonora en Lima y Callao, en el cual se evidencia que la población Limeña está expuesta a elevados niveles de ruido (OEFA 2016). Además, otras evaluaciones realizadas en el cercado de Lima (Solís-Amanzo 2013) y Santa Clara-Ate (Rosales-Asto 2017) concluyen que el ruido vehicular genera un impacto negativo en

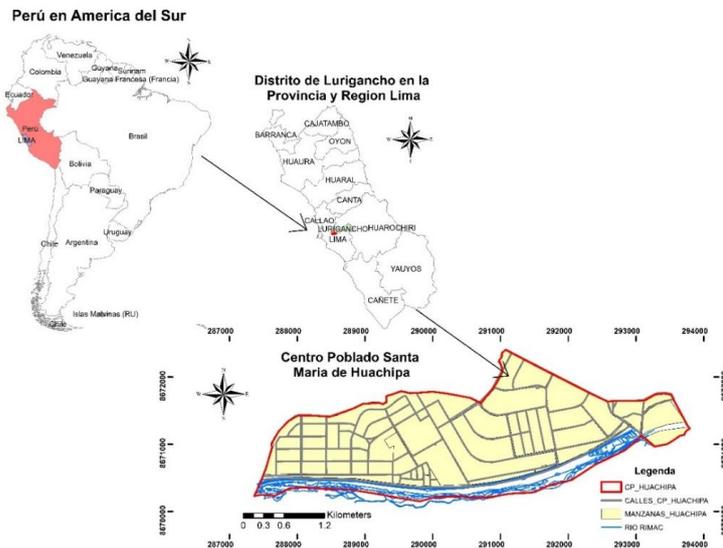
la salud y el bienestar de las personas expuestas.

Este grave problema lo viven a diario los comerciantes, peatones y residentes que viven en las vías más transitadas por vehículos, por ello esta investigación tiene como fin evaluar el impacto de ruido ambiental utilizando el método de interpolación Kriging en el Centro Poblado Santa María de Huachipa, Lima (Perú). Para dar a conocer la contaminación sonora existente y facilitar a la entidad local que puedan aplicar medidas estratégicas para reducir la contaminación por ruido ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del lugar de estudio

El lugar de estudio comprende el CP Santa María de Huachipa ubicado en el distrito de Lurigancho-Chosica, Perú. Abarca un área de 12 485 688.41 m<sup>2</sup> (12.48 km<sup>2</sup>) (**Fig. 1**) y posee un clima semiseco–templado, con 64 % de humedad relativa según el método de Thornthwaite. Este lugar contiene centros recreativos, parques, mercados, instituciones públicas y privadas, espacios industriales, estaciones de autobuses, entre otros.



**Fig. 1.** Ubicación del área de estudio

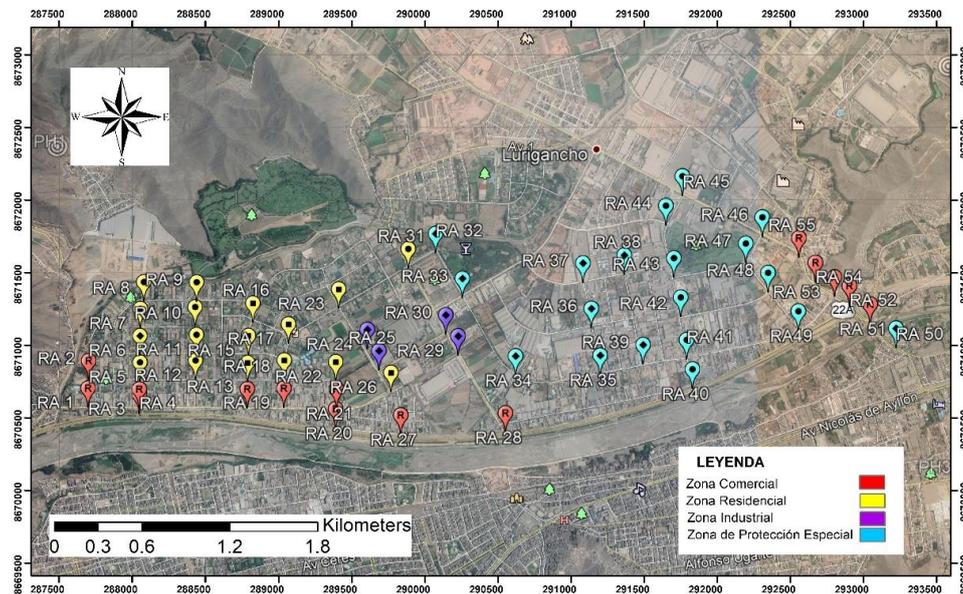
### Materiales y equipos empleados

Los materiales usados en la presente investigación comprendieron de un trípode marca Canon, cuaderno de apuntes para las observaciones repentinas; equipos de trabajo como el sonómetro digital Tipo 2, smartphone y computadora portátil.

### Metodología

#### Pre Monitoreo

La etapa de pre monitoreo comprendió la identificación de las principales avenidas y calles con mayor flujo vehicular en el lugar de estudio, para ello se localizaron 55 puntos de medición, con sus respectivas coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) y se codificaron con las siglas RA (Ruido Ambiental) más el número de punto correspondiente descrita en el **cuadro I**. También se elaboró un plano de los puntos, clasificando de acuerdo a las zonas: Comercial, Residencial, Industrial y de Protección Especial, tal como se muestra en la **figura 2**.



**Fig. 2.** Localización de los 55 puntos de medición de ruido ambiental

## Monitoreo

La medición de ruido ambiental se expresó en Decibelios (dB), llevándose a cabo en enero del 2020, cumpliendo los criterios del Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental AMC N° 031-2011-MINAM/OGA (MINAM 2012).

## Equipo a utilizar

Se empleó un sonómetro digital de clase 2, no integrador, con N° de serie ST 140700776, considerando su calibración previa a la medición del ruido, así mismo se verificó el cumplimiento de las exigencias de la norma de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) 61672-1:2002 (IEC 2002). De acuerdo al D.S. N° 085-2003-PCM, el tiempo fue “Fast” y la ponderación de frecuencia “A”, el cual es idéntico a la respuesta del sentido auditivo humano (Olague-Caballero et al. 2017).

## Ejecución del Monitoreo de Ruido Ambiental

El sonómetro se colocó sobre un trípode con dirección a la fuente emisora de ruido, a

una distancia de 3 metros y a 1.5 m de altura sobre el piso (MINAM 2012). Además, durante las mediciones no hubo presencia de fenómenos climatológicos adversos como lluvia o tormentas, y no intervino ningún ruido de fondo o residual que alterase los resultados. Las mediciones se realizaron durante 6 días consecutivos en hora punta considerándose dos horarios: de 7:00 -10:00 am (horario diurno) y de 6:00 - 9:00 pm (horario nocturno), el tiempo considerado para cada punto de medición fue de 10 minutos en ambos horarios; en paralelo se realizó el conteo de vehículos, livianos (combis, autos, pick up) y pesados (camiones, buses, tráilers) de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos (MTC 2003).

#### CUADRO I. PUNTOS DE MEDICIÓN DE RUIDO AMBIENTAL

PUNTO	DESCRIPCIÓN	Coordenadas UTM		PUNTO	DESCRIPCIÓN	Coordenadas UTM	
		ESTE	NORTE			ESTE	NORTE
RA1	Av. Los Cisnes/ Ca. Las Gaviotas	287661	8670582	RA29	Av. Los Laureles/ Ca. Andrés Cáceres	290237	8670938
RA2	Ca. Las Gaviotas / Jr. Los Canarios	287675	8670772	RA30	Av. Los Laureles/ Ca. Tokio	290150	8671084
RA3	Ram. Prialé/ Av. Los Tucanes	288026	8670536	RA31	Av. Los Laureles/ Av. El Polo	289886	8671543
RA4	Av. Los Tucanes/ Av. Los Cisnes	288026	8670559	RA32	Av. El Polo/ Av. Circunvalación	290074	8671648
RA5	Av. Los Tucanes/ Jr. Los Canarios	288031	8670776	RA33	Av. Circunvalación/ Av. 5	290262	8671337
RA6	Av. Los Tucanes/ Jr. Las Golondrinas	288056	8670947	RA34	Av. Circunvalación	290636	8670799
RA7	Av. Los Tucanes / Jr. Las Gaviotas	288058	8671131	RA35	Av. Circunvalación/ Ca. Los Brillantes	291218	8670803
RA8	Av. Los Tucanes/ Ca. Las Perdices	288055	8671316	RA36	Ca. Los Brillantes/ Ca. Archipiélago	291153	8671127
RA9	Ca. Las Perdices/ Ca. Las Cigüeñas	288420	8671316	RA37	Ca. Los Brillantes/ Ca. Los Cedros	291092	8671441
RA10	Ca. Las Cigüeñas/ Jr. Las Gaviotas	288411	8671143	RA38	Ca. Los Cedros/ Ca. Las Mimosas	291375	8671495
RA11	Ca. Las Cigüeñas/ Jr. Las Golondrinas	288421	8670960	RA39	Ca. Las Mimosas/ Av. Circunvalación	291511	8670876
RA12	Ca. Las Cigüeñas/ Jr. Los Canarios	288420	8670772	RA40	Ram. Prialé/ Av. Huachipa	291851	8670707
RA13	Av. Los Cisnes/ Ca. Los Cóndores	288770	8670581	RA41	Av. Huachipa/ Av. Circunvalación	291809	8670910
RA14	Ca. Los Cóndores/ Jr. Los Canarios	288770	8670772	RA42	Av. Huachipa/ Ca. Las Acacias	291765	8671203
RA15	Ca. Los Cóndores/ Jr. Las Golondrinas	288786	8670944	RA43	Av. Huachipa/ Ca. Los Robles	291715	8671474
RA16	Ca. Los Cóndores/ Jr. Los Garzas	288817	8671178	RA44	Av. Huachipa/ Ca. Las Moreras	291655	8671835
RA17	Ca. Los Halcones/ Jr. Los Garzas	289060	8671023	RA45	Av. Huachipa/ Av. Las Torres	291766	8672038
RA18	Ca. Los Halcones/ Jr. Los Canarios	289019	8670774	RA46	Av. Las Torres/ Ca. Los Robles	292315	8671753
RA19	Ca. Los Halcones/ Av. Los Cisnes	289022	8670578	RA47	Ca. Los Robles/ Ca. Jacaranda	292205	8671573
RA20	Ram. Prialé/ Ca. Las Codornices	289399	8670440	RA48	Ca. Jacaranda/ Ca. Las Acacias	292359	8671371
RA21	Av. Los Cisnes/ Ca. Las Codornices	289400	8670559	RA49	Ca. Jacaranda/ Av. Circunvalación	292569	8671106
RA22	Ca. Las Codornices/ Jr. Los Canarios	289389	8670762	RA50	Av. Las Torres (Parque Zoológico de Huachipa)	293235	8670987
RA23	Av. El Polo/ Av. Las Águilas	289407	8671268				
RA24	Av. Las Águilas	289605	8670983	RA51	Av. Las Torres/ Av. Carapongo	293058	8671153
RA25	Av. Las Águilas/ Ca. Tokio	289692	8670837	RA52	Av. Las Torres/ Av. Carapongo (Grifo)	292914	8671280
RA26	Av. Las Águilas/ Av. Los Cisnes	289774	8670679	RA53	Av. Las Torres/ Av. Circunvalación	292811	8671339
RA27	Ca. A. José de Sucre/ Ram. Prialé	289846	8670399	RA54	Av. Las Torres/ Av. Camino Real	292679	8671439
RA28	Ram. Prialé/ Av. Los Laureles	290571	8670404	RA55	Av. Las Torres/ Av. Cajamarquilla	292566	8671609

## Post Monitoreo

### Trabajo de gabinete

En base a las mediciones realizadas se procedió a calcular el nivel de presión sonora continua equivalente ponderado en A (LAeq), aplicando la siguiente fórmula:

$$LAeqT = 10\log\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1Li}\right]$$

L: Nivel de Presión Sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra  
i: medido en función "Fast".

n: Cantidad de mediciones en la muestra i.

Los resultados finales como tablas, gráficos y mapas fueron producto del procesamiento de datos de las mediciones de ruido, mediante el empleo de softwares: ArcGis 10.5, Google Earth Pro, Excel 2016 y el RStudio. Asimismo, los registros alcanzados fueron comparados con los ECA para Ruido D.S 085-2003-PCM (PCM 2003), teniendo en cuenta las zonas de aplicación en los horarios diurno y nocturno: Zona de Protección Especial (50 y 40 dB), Zona Residencial (60 y 50 dB), Zona Comercial (70 y 60 dB) y Zona Industrial (80 y 70 dB).

### Mapas de ruido

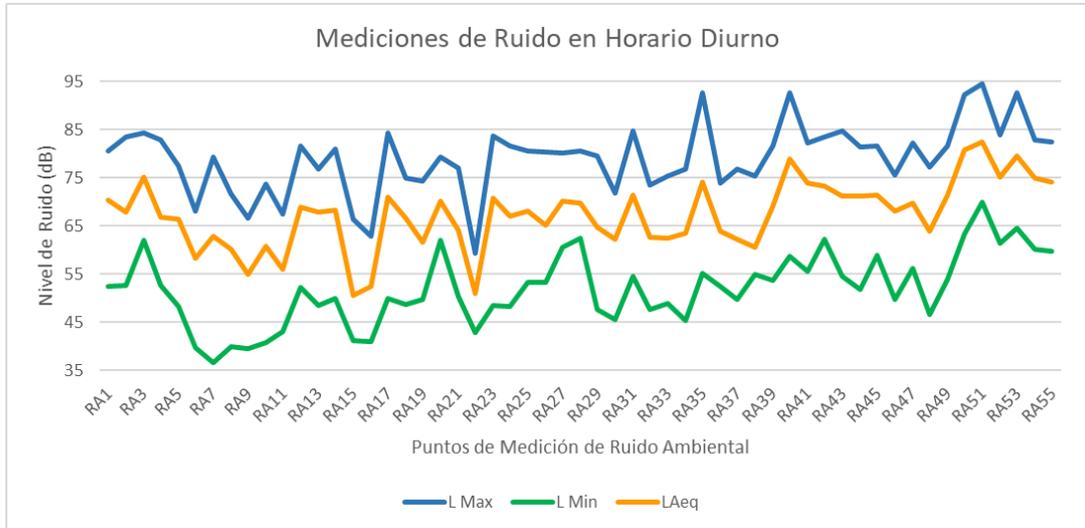
Para la representación visual del comportamiento acústico del CP Santa María de Huachipa, los mapas de ruido se elaboraron mediante el software ArcGis 10.5 y se cumplió las directrices de la norma ISO 1996-2 [ISO 1997b] que establece lineamientos para la elaboración de mapas acústicos. Existen métodos de interpolación como IDW, Kriging, Spline, para esta investigación el método de Kriging fue elegido por poseer criterios apropiados para los cambios graduales de valor, considerado así como el mejor estimador lineal insesgado (Murillo et al. 2012) y al comparar con otros métodos de interpolación, Kriging facilita alcanzar resultados únicos vinculados con la variable a interpolar.

### Análisis Correlacional

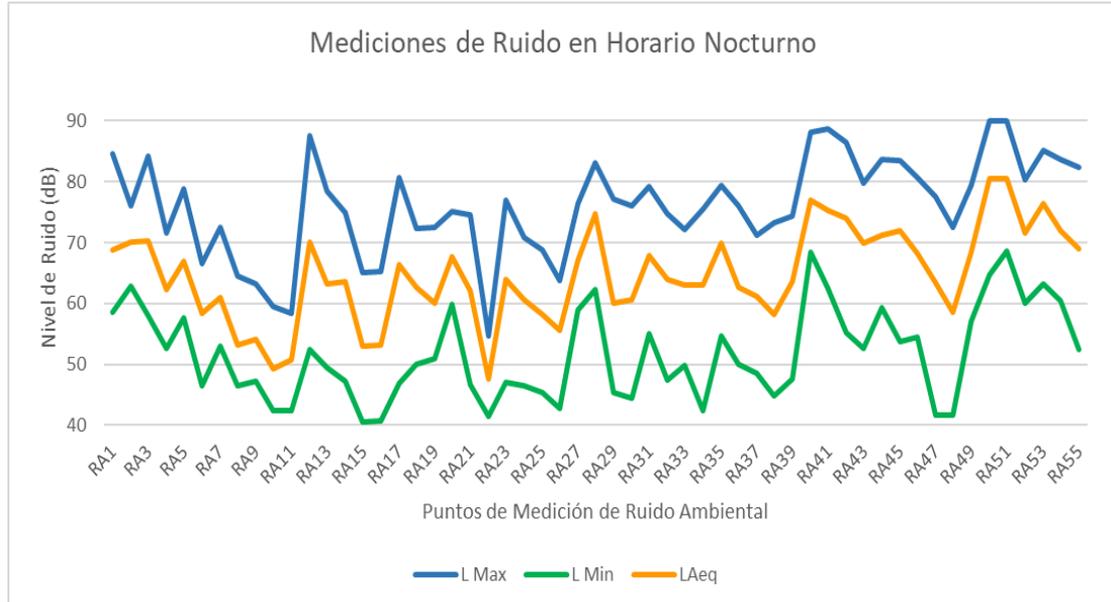
Se aplicó un análisis de relación entre el flujo vehicular con los niveles de ruido obtenidos en cada punto de medición, aplicando la correlación de Pearson a un nivel de significancia de  $p = 0.05$ , evaluando así el grado de relación si es directa o inversamente proporcional. Los datos se procesaron utilizando el software estadístico RStudio.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los 55 puntos de medición en los horarios diurno y nocturno se detallan en las **figuras 3 y 4** los niveles de presión sonora máximo (Lmax), el nivel promedio (LAeq) y el nivel mínimo (Lmín).



**Fig. 3.** Niveles de Presión sonora, Lmax, LAeq y Lmín en el horario diurno



**Fig. 4.** Niveles de Presión sonora, Lmax, LAeq y Lmín en el horario nocturno

De acuerdo a los resultados obtenidos de la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para ruido D.S. N° 085-2003-PCM, las zonas con mayores niveles de ruido fueron: la zona Comercial y la zona de Protección Especial y las de menor propagación de ruido corresponden a zonas residenciales e industriales.

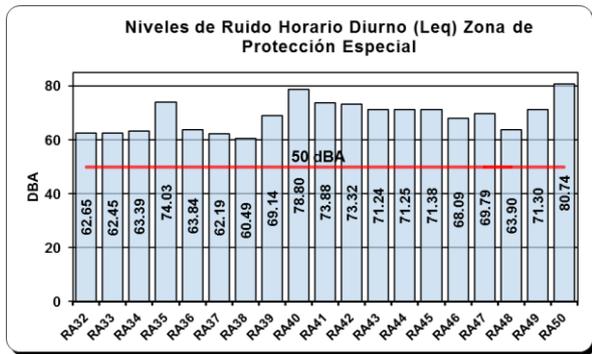


Fig. 5. Comparación con el ECA = 50 dB H. Diurno

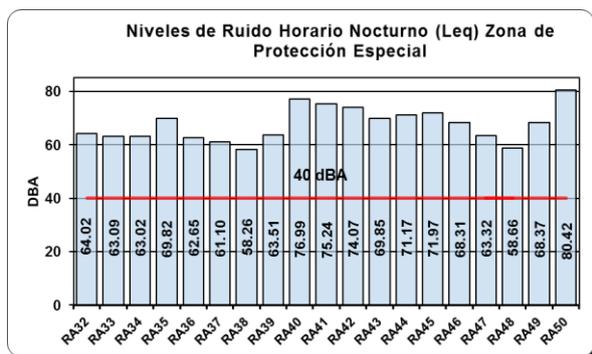


Fig. 6. Comparación con el ECA = 40 dB H. Nocturno

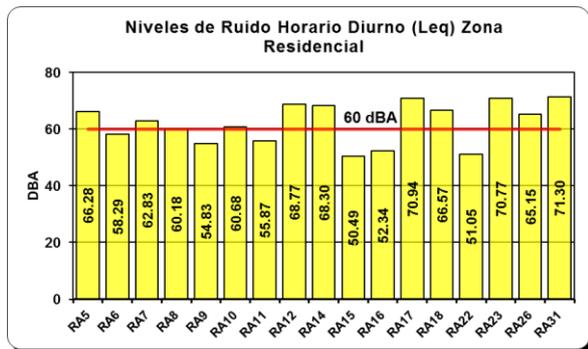


Fig. 7. Comparación con el ECA = 60 dB H. Diurno

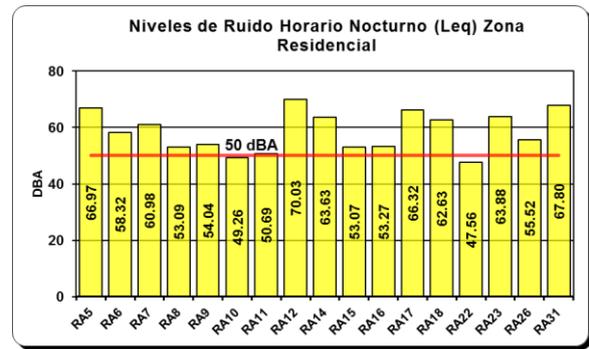


Fig. 8. Comparación con el ECA = 50 dB H. Nocturno

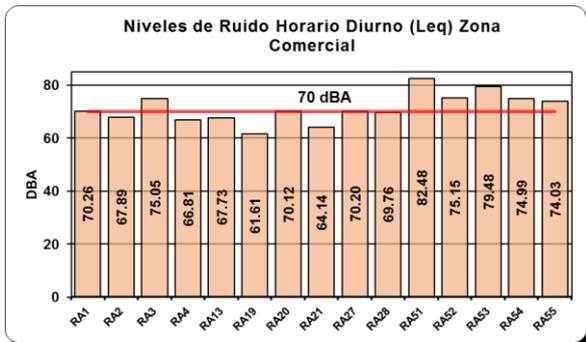


Fig. 9. Comparación con el ECA = 70 dB H. Diurno

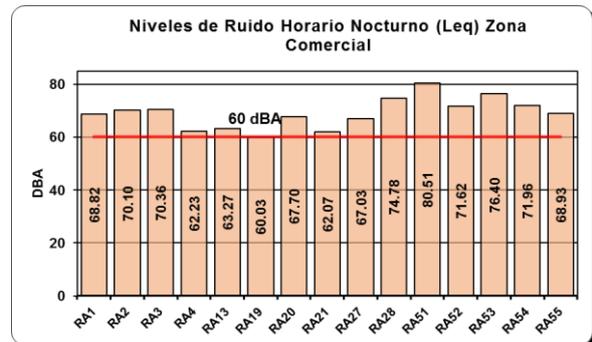


Fig. 10. Comparación con el ECA = 60 dB H. Nocturno

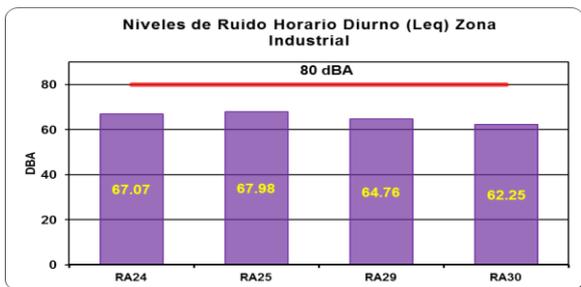


Fig. 11. Comparación con el ECA = 80 dB H. Diurno

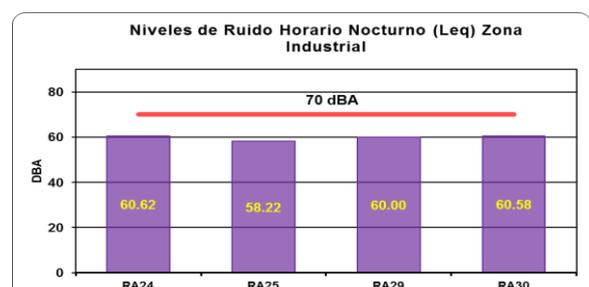


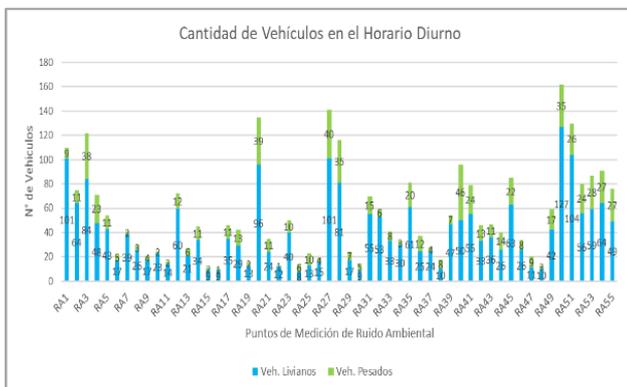
Fig. 12. Comparación con el ECA = 70 dB H. Nocturno

Los Niveles de ruido ambiental en la zona de Protección Especial (**Fig. 5**) y (**Fig. 6**), señalan que los 19 puntos medidos sobrepasaron los ECA para ruido 50 dB en horario diurno y 40 dB para nocturno, registros de 80.74 dB y 80.42 dB que corresponden a la Av. Las Torres (Parque Zoológico de Huachipa). Con respecto a la Zona Comercial (**Fig. 9**) y (**Fig. 10**), se tomaron 15 puntos, de los cuales 9 puntos excedieron la normativa nacional de ruido en horario diurno 70 dB y los 15 en el nocturno 60 dB, siendo el valor más elevado el punto RA51 concerniente a la Av. Las Torres / Av. Carapongo, con registros de 82.48 dB y 80.51 dB respectivamente.

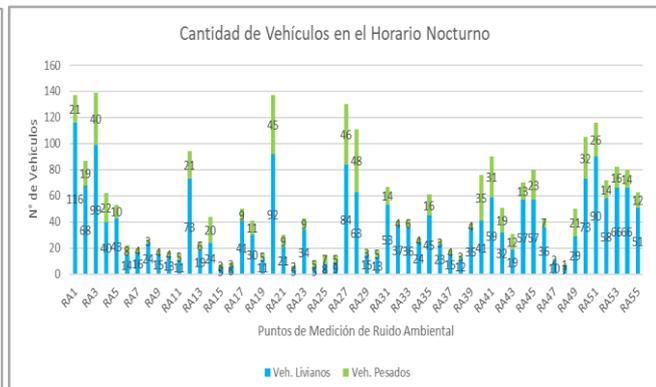
Para la Zona Residencial (**Fig. 7**) y (**Fig. 8**), de 17 puntos de medición, 11 de ellos resultaron superiores a los ECA de Ruido en horario diurno (60 dB), siendo la Av. Los Laureles / Av. El Polo el registro con mayor nivel de ruido de 71.30 dB, respecto al horario nocturno (**Fig. 8**) se registraron 15 puntos de medición que superaron los ECA de ruido (50 dB), siendo el valor más elevado 70.03 dB en la calle Las Cigüeñas / Jr. Los Canarios. Por otra parte, para la Zona Industrial (**Fig. 11**) y (**Fig. 12**), todas las mediciones no superaron la normativa de ruido tanto para el horario diurno (80 dB) y nocturno (70 dB).

### Conteo de Vehículos

Durante la medición de ruido, en el horario diurno (**Fig. 13**) el mayor número de unidades vehiculares registrados fueron 162 vehículos entre pesados y livianos en el punto RA50 correspondiente a la Avenida las Torres referencia Zoológico de Huachipa. En cambio, para el horario nocturno (**Fig. 14**), la mayor cantidad de vehículos registrados en el mismo periodo de tiempo fue en el punto RA3 correspondiente a la autopista Ramiro Prialé / Av. Los Tucanes con un total de 139 unidades.



**Fig. 13.** Cantidad de vehículos en H. Diurno

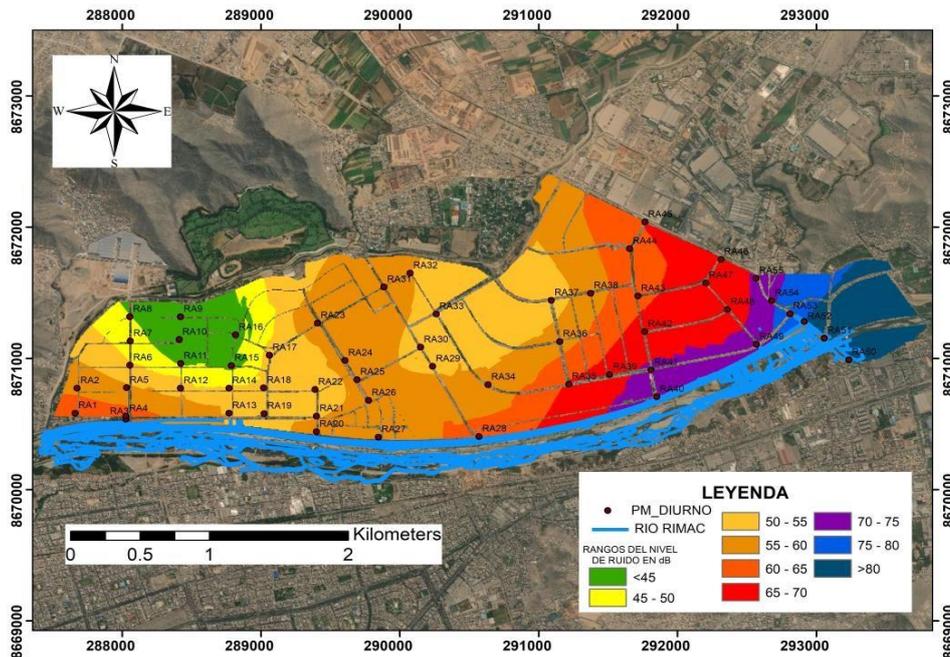


**Fig. 14.** Cantidad de vehículos en H. Nocturno

### Mapas de Ruido con Interpolación Kriging

En las **figuras 15 y 16**, se observan los mapas de ruido para los horarios diurno y nocturno de los ambientes sonoros del CP Santa María de Huachipa. Por lo general los

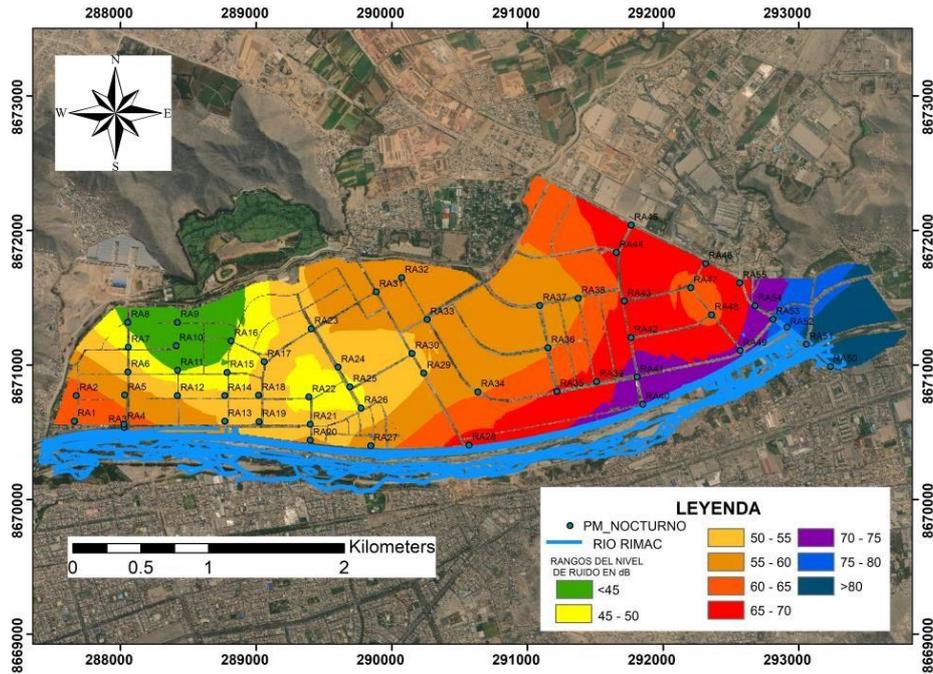
niveles de ruido predominantes fueron mayores a 45 dB, el punto RA51 fue el de mayor criticidad con un valor de 82.4 dB perteneciente a la Av. Las Torres con Av. Carapongo.



**Fig. 15.** Mapa de Ruido ambiental con el método de Kriging en el horario diurno

Durante el horario diurno (**Fig. 15**) los niveles de ruido predominantes oscilan entre 55 y 80 dB y en la noche entre 50 y 75 dB, no obstante, en la zona comercial del Centro Poblado, se registran niveles de hasta 82.4 dB, esquema que se puede apreciar durante el día los colores azules claros y oscuros que corresponden a los niveles de ruido mayores a 80 dB predominan a lo largo de la avenida Las Torres. Por otra parte, los niveles de presión sonora (NPS) bajos se representan de color verde oscuro con un rango menor a 45 dB y aquí se encuentra principalmente el punto RA15 correspondiente a la calle Los Cóndores / Jr. Las Golondrinas, que pertenece a la zona residencial, área de menor flujo vehicular.

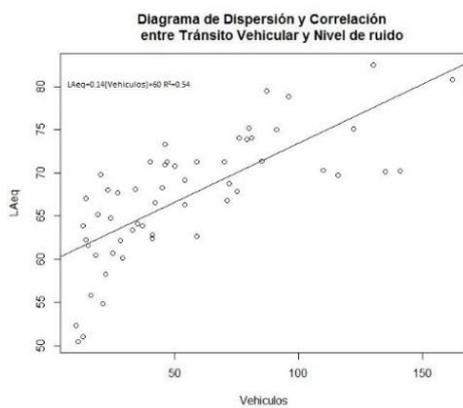
Para el horario nocturno presente en la **figura 16**, los niveles más elevados mayores a 80 dB están representados por la Av. Las Torres con Av. Carapongo y Av. Las Torres (Zoológico de Huachipa). Por el contrario, los menores niveles de ruido con un rango menor a 45 dB figura al punto RA22 (Ca. Las Codornices / Jr. Los Canarias) con poca influencia vehicular referente a la zona residencial.



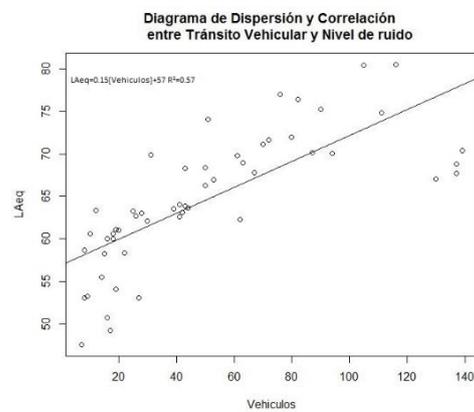
**Fig. 16.** Mapa de Ruido ambiental con el método de Kriging en el horario nocturno

### Análisis Correlacional

El análisis de correlación de Pearson a un nivel de significancia  $p = 0.05$  entre el flujo vehicular y el nivel de ruido, indica que están correlacionados entre sí. Los resultados mostraron relaciones significativas de interés entre el nivel de ruido equivalente ( $L_{Aeq}$ ) y el flujo vehicular para los horarios diurno y nocturno.



**Fig. 17.** Diagrama de dispersión y correlación entre flujo vehicular y nivel de ruido ( $L_{Aeq}$ ) – Horario Diurno



**Fig. 18.** Diagrama de dispersión y correlación entre flujo vehicular y nivel de ruido ( $L_{Aeq}$ ) – Horario Nocturno

Los resultados de las figuras 17 y 18 indican una correlación directa positiva moderada entre el flujo vehicular y el nivel de ruido ( $p < 0.05$ ) para los horarios diurno ( $r = 0.54$ ) y

nocturno ( $r = 0.57$ ). Significa, que ante el incremento del flujo vehicular existe un aumento de los niveles de ruido, que conlleva a una contaminación acústica (Layza-Cueva & Mejía-Ardo 2018).

## DISCUSIÓN

Los niveles de presión sonora ( $L_{Aeq}$ ) obtenidos en los 55 puntos de medición, indican que de 7:00 - 10:00 am 39 puntos presentan registros superiores a los ECA para Ruido y la cifra aumentó considerablemente a 49 puntos de medición superando la normativa nacional de ruido establecida para el horario nocturno (6:00 - 9:00 pm). Dichos registros superiores, para Quintero-González (2017) se deben a variados agentes causales como la congestión vehicular, tipo de vía, vehículo, motores, claxon, además interviene el comportamiento de los conductores, irritabilidad causada por la pérdida de tiempo o el aumento del estrés por conducir inmerso en una masa vehicular excesiva (Chinchón-Cerazo et al. 2020), en definitiva, en muchas ciudades dichas acciones a través de los años se están convirtiendo en una carencia de cultura y educación vial (Pacheco-Cortés 2017).

La contaminación sonora se ha convertido en un grave problema en las grandes concentraciones urbanas y centros de producción (Amable-Alvarez et al. 2017). Según el OEFA, considera en el distrito de Lurigancho a la Av. Las Torres con vía de acceso a Carapongo como uno de los diez puntos con mayor presencia de ruido (82.7 dB) en la Provincia de Lima (OEFA 2016). En el presente estudio es referido como el punto más crítico de la evaluación de ruido en horario diurno, con un registro de 82.48 dB superando el ECA para ruido ambiental en zona comercial (70 dB), siendo muy peligroso para la salud. En este sentido para (Alfie-Cohen & Salinas-Castillo 2017) y (Domínguez-Ruiz 2014) mencionan que las personas quienes habitan en un entorno ruidoso, sufren de molestias fisiológicas y/o psicológicas según la intensidad y duración del ruido.

En los mapas generados **figuras 15 y 16**, aplicado mediante el método de Kriging se aprecian los niveles de contaminación sonora que presenta el CP de Huachipa, los cuales indican que la mayoría de puntos de medición sobrepasan los ECA para ruido, resultados similares a lo reportado en la Provincia de Lima como: Jara-Rojas (2016) en San Borja, Barrera-Mandujano (2019) en Jesús María, (Cordero 2020) en Ate, además en las ciudades de Trujillo (Morales-Jiménez 2017), Arequipa (Colque-Denos 2018), Tarapoto (Delgadillo-Mendoza & Pérez-Carpio 2017), Puno (Marín-Mamani et al. 2017). En ese sentido los mapas son efectivos para gestionar y prevenir la contaminación acústica (Lan et al. 2020), lo que resulta una herramienta útil en la ciudad de Isparta, Turquía (Bilgehan-Ilker et al. 2016). Sin embargo, estos mapas tienen deficiencias, como su precisión en capturar niveles de ruido mínimos (Wei et al. 2016).

Según García-Mendoza (2016) para una determinada modelización, Kriging es un método eficaz para evaluar las concentraciones de contaminantes, como el ruido

ambiental. Este método contribuye significativos aportes en el ámbito nacional e internacional (Gómez-Lenis et al. 2013), que al integrar los softwares de simulación acústica con el ArcGIS y el método de predicción Kriging, ofrecen facilidad del cálculo de mapas estratégicos de ruido por tráfico rodado (Gómez-Lenis et al. 2013). En tal sentido, estudios realizados en diferentes países afirman el potencial de modelización con Kriging, tales como: Murillo et al. (2012) en Bogotá, Murillo (2017) en Medellín, Bermúdez-Hidalgo et al. (2019) en Costa Rica, Berrezueta-Berrezueta et al. (2018) en Machala-Ecuador y Delgado & Martínez (2015) en Cuenca-Ecuador.

Los puntos con mayores registros de vehículos, corresponden a las avenidas y calles que conectan con la autopista Ramiro Prialé, conocida como una de las vías más congestionadas de Lima (OEFA 2016), ya que al culminar las labores del día las personas retornan en diversos vehículos. Según Pacheco (2017) la ausencia de entrenamiento, capacitaciones viales y la desesperación de los conductores por llegar al siguiente paradero, son factores determinantes de embotellamientos inesperados. En ese sentido la congestión vehicular y el uso constante del claxon, son las causas directas de la emisión de ruido que en muchos casos superan los niveles permitidos (Ramírez & Domínguez 2015) y alteran la tranquilidad de los transeúntes y residentes a lo largo de estas autopistas (Ozer et al. 2009).

## **CONCLUSIONES**

La evaluación del impacto de ruido ambiental en el Centro Poblado Santa María de Huachipa mediante el método interpolación de Kriging evidencia una contaminación acústica, pues ofrece un panorama general de los niveles de ruido y facilita que las autoridades tomen las acciones correspondientes.

De los 55 puntos de medición, para el horario diurno 39 puntos (70.9 %) y en el horario nocturno 49 puntos (89 %) superaron los ECA para Ruido D.S N°085-2003-PCM, en los cuales se aprecian que los valores más altos pertenecen a las vías principales y sus intersecciones, lo cual es un factor perjudicial para los residentes cercanos.

Los resultados del análisis estadístico evidencian una correlación directa positiva moderada entre los variables flujo vehicular y nivel de ruido, lo cual indica ante el incremento de flujo de autos, buses y camiones, existe un aumento de los niveles de ruido, que conlleva a una contaminación acústica.

## REFERENCIAS

- Alfie-Cohen, M., & Salinas-Castillo, O. (2017). Noise in the city. Acoustic pollution and the walkable city. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 32(1), 65–96. <https://doi.org/10.24201/edu.v32i1.1613>
- Amable-Alvarez, I., Mendez-MARTINEZ, J., Delgado-Perez, L., Acebo-Figueroa, F., De Armas-Mestre, J., & Rivero-Llop, M. L. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39, 640–649.
- Barceló-Pérez, C., & González-Sánchez, Y. (2018). Sonidos urbanos inusuales en una vecindad al Oeste de la ciudad de La Habana. *Revista Cubana de Salud Pública*, 44(3), 1–18.
- Barrera-Mandujano, E. A. (2019). *Elaboración de mapas de ruido de los niveles de presión sonora originados vía circundante al Hospital militar en Jesús María. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur*. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, 23(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X). Auditory
- Bermúdez-Hidalgo, L., Castro-Solís, J., Vetrani-Chavarría, K., Murrell-Blanco, M., Barraza, D., & Méndez-Flores, M. (2019). Creación de mapas acústicos en los cantones de Heredia, Alajuela y Belén, como indicadores de la contaminación sónica. *Revista Geográfica de América Central*, 4(61E), 175. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-4.9>
- Berrezueta-Berrezueta, J., Berrú-Cabrera, J., Oyola-Estrada, E., & Zambrano-Zambrano, W. (2018). Metodología para la elaboración de mapas de ruido urbano en ciudad de Machala. *Centro de Investigaciones UTMACH*, 2, 157–165.
- Bilgehan-Ilker, H., Hasan-Koseoglu, & Cemal-Ozer, Y. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *ScienceDirect*, 112, 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.05.024>
- Chinchón-Cerazo, V., Gamboa-Huillcamascco, R., Pallarco-Gonzales, K., & Salazar-Irrazabal, S. (2020). *Propuesta de plan de movilidad urbana sostenible para mejorar la calidad de vida de los pobladores del distrito de Santa Anita*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Colque-Denos, J. A. (2018). *Evaluación de los Niveles de Presión Sonora a través de la Elaboración de Mapas de Ruido en el Hospital Goyeneche. Investigación*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Cordero, F. (2020). *Zonificación del ruido ambiental en la urbanización Mayorazgo Chico, Distrito de Ate, Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Delgadillo-Mendoza, M. C., & Pérez-Carpio, J. E. (2017). Evaluación de

- contaminación sonora vehicular en el centro de la ciudad de Tarapoto, San Martín, 2015. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología Y Desarrollo*, 3(2). <https://doi.org/10.17162/rictd.v3i2.654>
- Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411–440. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2059>
- Domínguez-Ruiz, A. L. M. (2014). Vivir con ruido en la Ciudad de México. El proceso de adaptación a los entornos acústicamente hostiles. *Estudios Demográficos Y Urbanos*, 29(1), 89. <https://doi.org/10.24201/edu.v29i1.1456>
- García-Boscá, D. (2010). *Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'olleria*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- García-Mendoza, R. A. (2016). *Evaluación de la contaminación acústica de la Zona Comercial e Industrial de la Ciudad de Tacna 2016*. Universidad Nacional de San Agustín. Universidad Nacional de San Agustín.
- Gómez-Lenis, S., Chamorro-Ortega, A., & Orozco-Aroca, D. (2013). Modelo para la representación de los mapas estratégicos de ruido ambiental y tráfico rodado. *Ingenium*, 7(17), 43. <https://doi.org/10.21774/ing.v7i17.317>
- IEC. Norma Internacional IEC 61672\_1 2002, Pub. L. No. IEC 61672\_1 2002, 1 (2002). Ginebra, Suiza: Comisión Electrotécnica Internacional.
- Jara-Rojas, J. (2016). *Relación entre la percepción del ruido ambiental y los niveles de presión sonora en horario nocturno San Borja - Lima, 2015*. Universidad Científica del Sur.
- Jariwala, H. J., Syed, H. S., Pandya, M. J., & Gajera, Y. M. (2017). “Noise Pollution & Human Health: A Review .” *Indoor and Built Environment*, 1–4. <https://doi.org/10.1177/1420326X10370532>
- Juárez-Hipólito, J. H., Moreno-Ibarra, M. A., & Torres-Ruiz, M. J. (2018). Seguimiento colaborativo del ruido ambiental utilizando dispositivos móviles y sistemas de información geográfica. *Revista Cartográfica*, (96), 65–92. <https://doi.org/10.35424/rcar.v0i96.188>
- King, E. A., & Murphy, E. (2016). Environmental noise - “Forgotten” or “Ignored” pollutant? *Applied Acoustics*, 112, 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.05.023>
- Lan, Z., He, C., & Cai, M. (2020). Urban road traffic noise spatiotemporal distribution mapping using multisource data. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 82(March), 102323. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102323>
- Layza-Cueva, M. D., & Mejía-Ardo, D. S. (2018). Tránsito y congestión vehicular relacionados a contaminación sonora en vías de transporte público, Trujillo, 2017. *Revista Cientifi-K*, 6(1), 30–35. <https://doi.org/10.18050/cientifi-k.v6n1a3.2018>
- Marín-Mamani, G., Marín-Paucara, E., & Argota-Pérez, G. (2017). Zonificación

- acústica generada por decibeles no permisibles antropogénicos en la ciudad de Puno, Perú. *Campus*, 22(23), 59–68. <https://doi.org/10.24265/campus.2017.v22n23.05>
- MINAM. Protocolo Nacional de Monitoreo de ruido ambiental- AMC N° 031-2011-MINAM/OGA Pacific, 1 El peruano § (2012). Perú: Ministerio del Ambiente.
- Morales-Jiménez, L. C. (2017). *Evaluación de los niveles de ruido para la elaboración de un mapa acústico diurno del Centro Histórico de Trujillo, 2017. Universidad César Vallejo*. Universidad César Vallejo.
- MTC. Reglamento Nacional de Vehículos, Pub. L. No. N° 058-2003-MTC, 1 (2003). Perú: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.
- Murillo, D. (2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 56–62. <https://doi.org/10.21500/20275846.2808>
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ing. USBMed*, 3(1), 62–68.
- OEFA. (2016). *La Contaminación sonora en Lima y Callao*. Lima.
- Olague-Caballero, C. O., Wenglas-Lara, G., & Duarte-Rodriguez, J. G. (2017). Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. *CienciaUAT*, 11(1), 101. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v11i1.551>
- OMS. (2019). Sordera y pérdida de la audición. Retrieved February 12, 2021, from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>
- Ortega, M., & Cardona, J. (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(2), 70–77.
- Ozer, S., Yilmaz, H., Yeşil, M., & Yeşil, P. (2009). Evaluation of noise pollution caused by vehicles in the city of Tokat, Turkey. *Scientific Research and Essays*, 4(11), 1205–1213.
- Pacheco-Cortés, C. M. (2017). Educación vial en la era digital: cultura vial y educación permanente. *Diálogos Sobre Educación. Temas Actuales En Investigación Educativa*, 8(15), 1–14.
- PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido D.S N° 085-2003-PCM, Pub. L. No. N° 085-2003-PCM, 2 (2003). Presidencia del Consejo de Ministros.
- Quintero-González, J. . (2017). El ruido del tráfico vehicular y sus efectos en el entorno urbano y la salud humana. *Puente Revista Científica*, 7(1), 93–99. <https://doi.org/10.18566/puente.v7n1.a10>
- Ramírez, A., & Domínguez, E. A. (2015). Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero (Bogotá, Colombia). *Gestión Y Ambiente*, 18(1), 17–28.
- Ramírez-González, A., & Domínguez-Calle, E. (2011). El ruido vehicular urbano: Problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Rev. Acad. Colomb.*

- Cienc.*, 35(137), 509–530.
- Rosales-Asto, J. (2017). *Efectos de la contaminación sonora de los vehículos motorizados terrestres en los niveles de audición de los pobladores de la localidad de Santa Clara– Ate 2017*. Universidad César Vallejo. Universidad César Vallejo, Perú.
- Ruiz-Padillo, A., Ruiz, D., Torija, A., & Ramos-Ridao, Á. (2016). Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. *Environmental Impact Assessment Review*, 61, 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.003>
- Salas-López, R., & Barboza-Castillo, E. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. *Indes*, 9. <https://doi.org/10.25127/indes.201401.0>
- Solís-Amanzo, I. (2013). Influencia de la contaminación sonora en la salud pública del poblador del cercado de Lima. *Paideia XXI*, 3(4), 47–59.
- Torres-Sotolongo, D. E., & Romero-Suárez, P. (2014). Procedimiento para la evaluación del ruido ambiental urbano en el Municipio de Regla (Cuba) utilizando Sistemas de Información Geográfica. *GeoFocus*, 14, 1–15.
- Wei, W., Van Renterghem, T., De Coensel, B., & Botteldooren, D. (2016). Dynamic noise mapping: A map-based interpolation between noise measurements with high temporal resolution. *Applied Acoustics*, 101, 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.08.005>