



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Escuela de Posgrado

Ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales y riesgo por contaminación
sonora en el Distrito de San Isidro-Lima 2021-2022

Tesis

Para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental

Autor

Jose Carlos Meza Lino

Asesor

Dr. Maximo Tomas Salcedo Meza

Huacho – Perú
2024



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Meza Lino, Jose Carlos	72391552	22/05/24
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Máximo Tomas Salcedo Meza	15602588	0000-0003-1993-2513
DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS-POSGRADO-MAESTRÍA:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Victor Raúl Coca Ramírez	15601160	0000-0002-2287-7060
Edwin Guillermo Galvez Torres	15592688	0000-0002-7421-4453
Ronald Luis Ramos Pacheco	15615274	0000-0003-2036-1068

RUIDO AMBIENTAL DE LAS PRINCIPALES FUENTES MOVILES LINEALES Y RIESGO POR CONTAMINACIÓN SONORA EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO-LIMA 2021-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SÓLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

3%

★ www.slideshare.net

Fuente de Internet

Excluir citas: Apagado
Excluir bibliografía: Apagado

Excluir coincidencias: + 10 words

DEDICATORIA

A mis padres, maestros de profesión, Carmen M. Lino Carrasco e Iván Meza Zavala. por la fuerza que me brindan, que denota en sus palabras e incondicional actuar hacia mi persona. A mis hermanos por que forman parte de mi día a día, y me recuerdan lo importante que es la familia. A mí querida Pilar A. T. por su tierna compañía, y a quien pretendo compartir mis días. Por último, a mi familia en general y amigos, por sus deseos, consejos y la confianza depositada, in crescento, en mi persona.

Ing. Jose C. Meza Lino

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, el Dr. Máximo Tomas Salcedo Meza, por su asesoría científica.

A la jefatura de mi área de trabajo, el Ing. Rony Yoel Taype, por su ayuda técnica, ya que hizo posible este trabajo de investigación.

A mis compañeros de trabajo del Hospital Emergencia Ate Vitarte, por compartir sus consejos y experiencia.

Por último, mi mayor agradecimiento a la Municipalidad de San Isidro, por compartir siempre de manera efectiva su información.

Ing. Jose C. Meza Lino

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática	15
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos	16
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 Justificación de la investigación	17
1.5 Delimitaciones del estudio	18
1.5.1 Delimitación temática	18
1.5.1 Delimitación temporal	18
1.5.2 Delimitación espacial	18
1.5.4 Delimitación social	18

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	19
2.1.1 Investigaciones internacionales	19
2.1.2 Investigaciones nacionales	20
2.2 Bases teóricas	22
2.2.1 Criterios para la aplicación de Kriging ordinario	22
2.2.2 Análisis estructural	24
2.2.3 Modelos de semivariograma	25
2.2.4 Predicción espacial	28
2.3 Bases filosóficas	29

2.4	Definición de términos básicos	29
2.5	Hipótesis de investigación	31
2.5.1	Hipótesis general	31
2.5.2	Hipótesis específicas	31
2.6	Operacionalización de las variables	33

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1	Diseño metodológico	35
3.1.1	Esquema general	35
3.1.2	Descripción del diseño metodológico	35
3.1.3	Materiales y Equipos	36
3.2	Población y muestra	37
3.2.1	Población	37
3.2.2	Muestra	37
3.3	Técnicas de recolección de datos	37
3.3.1	Identificación de las principales fuentes móviles lineales	37
3.3.2	Monitoreo de ruido.	38
3.4	Técnicas para el procesamiento de la información	40
3.4.1	Análisis exploratorio de datos, estadística descriptiva.	40
3.4.2	Validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales. 44	
3.4.3	Análisis estructural de datos	47
3.4.4	Delimitación del área de interpolación	49
3.4.5	Generación de superficies de ruido ambiental.	54

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1	Análisis de resultados	56
4.1.1	Monitoreo de ruido	56
4.1.2	Análisis exploratorio de datos: Estadística descriptiva.	56
4.1.3	Validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales. 58	
4.1.3	Análisis estructural de datos	60
4.1.4	Delimitación del área de interpolación.	61
4.1.5	Predicción espacial	62

4.2	Contrastación de hipótesis	64
4.2.1.	Prueba de hipótesis general	64
4.2.2.	Prueba de la primera hipótesis específica	65
4.2.2.	Prueba de la quinta hipótesis específica	65
CAPÍTULO V		
DISCUSIÓN		
5.1	Discusión de resultados	67
CAPÍTULO VI		
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
6.1	Conclusiones	69
6.2	Recomendaciones	70
REFERENCIAS		71
7.1	Fuentes documentales	71
7.2	Fuentes bibliográficas	71
7.3	Fuentes hemerográficas	73
7.4	Fuentes electrónicas	73
ANEXOS		76
APENDICE 1. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de ruido.		76
APENDICE 2. Matriz de puntos de ruido.		77
APENDICE 3. Datos de LAeq del monitoreo de ruido diurno		79
APENDICE 4. Reportes de la autocorrelación espacial (Estacionariedad).		83
APENDICE 5. Análisis de tendencia.		91
APENDICE 6. Delimitación del área de interpolación		93
APENDICE 7. Mapas de ruido ambiental.		97
APENDICE 8. Clasificación bajo el criterio de los 5 dB		101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	32
Tabla 2. Condiciones operativas.....	37
Tabla 3. Criterios de valoración	39
Tabla 4. Resumen de comparaciones de LAeq de ruido diurno.....	55
Tabla 5. Estadísticos descriptivos.....	56
Tabla 6. Resumen del procesamiento de datos en diagramas de cajas.....	56
Tabla 7. Resumen de resultados de las pruebas de normalidad.....	57
Tabla 8. Resumen de resultados del test autocorrelación espacial o índice de I moran.....	58
Tabla 9. Resumen de los resultados del análisis de tendencias.....	58
Tabla 10. Resumen de resultados del cálculo del error cuadrático medio (ECM) para los datos de LAeq data de ruido.....	59
Tabla 11. Resumen de parámetros de los modelos de semivariograma para los datos de LAeq de ruido.....	59
Tabla 12. Resumen de resultados del cálculo del error cuadrático medio (ECM) para los datos de error relativo de LAeq data.....	60
Tabla 13. Resumen de parámetros de los modelos de semivariograma para los datos de errores relativos de LAeq de ruido.....	60
Tabla 14. Resumen de resultados de la delimitación del área de interpolación.....	61
Tabla 15. Resumen de los resultados de predicción espacial.....	61
Tabla 16. Resumen de la clasificación bajo el criterio de los 5 dB.....	62
Tabla 17. Prueba de hipótesis general	63
Tabla 18. Prueba de la primera hipótesis específica.....	64
Tabla 19. Prueba de la quinta hipótesis específica	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Gauss sobre histograma.	23
Figura 2. Curva de Gauss sobre histograma.	24
Figura 3. Parámetros del semivariograma.	25
Figura 4. Modelo de variograma esférico.	26
Figura 5. Modelo gaussiano	27
Figura 6. Modelo exponencial	28
Figura 7. Resumen del diseño de tesis.	35
Figura 8. Escalas de ponderación.	40
Figura 9. Vistas de datos y variables en SPSS.	41
Figura 10. Selección de variable en SPSS.	41
Figura 11. Selección de estadísticos de la variable.	42
Figura 12. Selección de estadísticos de la variable.	42
Figura 13. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.	43
Figura 14. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.	43
Figura 15. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.	44
Figura 16. Aplicación del índice de I moran.	45
Figura 17. Resultado de la aplicación del índice de I moran.	46
Figura 18. Reporte de resultados de la herramienta autocorrelación espacial.	46
Figura 19. Ventana Trend Analiysis aplicado a los datos de monitoreo de ruido.	47
Figura 20. Previsualización de la tabla de errores y el valor del ECM en	49
Figura 21. Shapefile de puntos y su tabla de atributos	50
Figura 22. Polígono de límites de San isidro	50
Figura 23. Aplicación de kriging al archivo de puntos de error relativo.	51
Figura 24. Reclasificación de los valores de error relativo.	51
Figura 25. Aplicación de la herramienta raster to polygon	52
Figura 26. Shapefile de polígonos de error.	52
Figura 27. Aplicación de la herramienta Repair Geometry	53
Figura 28. Sesgo de los valores mayor a 5% de error relativo	53
Figura 29. Resultado de la intersección entre los polígonos de zonas y errores relativos menores o iguales que 5%.	54
Figura 30. Shapefile de zonas de ruido.	54
Figura 31. Códigos en SQL para los tipos de zona.	55
Figura 32. Diagramas de caja para los cuatro trimestres.	58

RESUMEN

Objetivo: Determinar la influencia del ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022. **Materiales y Métodos:** La presente tesis es de enfoque mixto, donde prima lo cuantitativo en cuanto que se contempló los datos de las mediciones de LAeq de ruido como datos numéricos, los cuales posterior a un tratamiento geoestadístico se compararon con el ECA de ruido ambiental para caracterizar, cualitativamente, la existencia o no de riesgo por contaminación sonora. **Resultados:** El presente estudio comprende diferentes etapas, iniciando por el análisis exploratorio de los 50 puntos de monitoreo de ruido ambiental diurno en cuatro trimestres del periodo 2021-2022. Continúa con el análisis estructural de los datos para la selección del modelo de semivariograma en cada trimestre, respectivamente. Luego se realiza la delimitación del área de interpolación y se procede a interpolar los datos para la generación de superficies de ruido con la aplicación del Kriging ordinario, de datos los cuales han sido previamente validados bajo las condiciones de normalidad, estacionariedad y no presentar tendencia. Finalmente, las superficies de ruido se clasificaron bajo el criterio de los 5 dB y compararon con el ECA de ruido ambiental diurno para cada zona, respectivamente. **Conclusiones:** Finalmente, se tiene evidencia suficiente para concluir que el riesgo por contaminación sonora depende del ruido ambiental generado por las fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022. Además, que a causa de estas fuentes se supera el estándar de calidad ambiental de ruido diurno en la totalidad de la zona residencial especial, zona residencial y en un 35.20% como máximo de los cuatro trimestres.

Palabras claves: Monitoreo de ruido, Kriging, error relativo, riesgo, contaminación sonora.

ABSTRACT

Objective: To determine the influence of environmental noise from main linear mobile sources on the risk of noise pollution in the San Isidro district for the period 2021-2022.

Materials and Methods: This thesis adopts a mixed-methods approach, with a quantitative focus that includes the consideration of LAeq noise measurement data as numerical values. After geostatistical treatment, these data were compared with the environmental noise standard to qualitatively characterize the presence or absence of noise pollution risk.

Results: The study comprises various stages, beginning with an exploratory analysis of 50 daytime environmental noise monitoring points over four quarters of the 2021-2022 period. It continues with structural data analysis for the selection of the semivariogram model in each quarter, respectively. Subsequently, the delimitation of the interpolation area and after that the interpolation of the environmental noise data is performed to generate noise surfaces using ordinary kriging. The data used for this process have been previously validated for normality, stationarity, and the absence of trends. Finally, the noise surfaces were classified under the 5 dB criteria and compared with the environmental noise standard for daytime environmental noise for each zone, respectively.

Conclusions: In conclusion, there is sufficient evidence to affirm that the risk of noise pollution depends on environmental noise generated by linear mobile sources in the San Isidro district for the 2021-2022 period. Additionally, due to these sources, the daytime noise standard is exceeded in the entire special residential zone, residential zone, and up to 35.20% in the maximum of the four quarters.

Keywords: Noise monitoring, kriging, relative error, risk, noise pollution.

INTRODUCCIÓN

La contaminación sonora es una realidad del ser humano. Acompaña sus actividades y por ende el desarrollo de sus ciudades. Como tal implica una serie de niveles de ruido que desencadenan molestias, riesgos a tal punto que ponen en peligro el bienestar y el buen estado de salud para los ciudadanos del distrito. La contaminación sonora envuelve la realidad internacional, como se puede revisar en trabajos de investigación de la India (Archana & Harshan, 2020), donde se evidencia niveles de ruido altos producto de las bocinas y el tránsito vehicular. También en la ciudad de Kaifeng, China (Zou & Zou, 2019), donde se pudo determinar que el mapeo de ruido causado por el tránsito vehicular revela que los niveles de ruido del horario de mañana por ejemplo son mayores que en un horario nocturno. Asimismo, en Turquía en la ciudad de Isparta, se evidencio en mapas de ruido generados a partir de niveles de ruido ambiental monitoreados que los puntos cercanos al centro de la ciudad de Isparta y zonas industriales son exceden el estándar nacional. En cuanto a la realidad nacional, podemos mencionar un claro ejemplo de contaminación sonora producto del tránsito vehicular, la avenida Abancay (Fernandez & Quispe, 2022). Donde se evidencio altos niveles de ruido a los cuales se encuentran expuestos los comerciantes de la zona influenciando en el estrés laboral. En la presente investigación se desarrolla la metodología de mapas de ruido, ídem que se realizó en el distrito de Huaraz, Ancash donde se evaluó la contaminación sonora aplicando el método de interpolación Kriging en ArcGIS 10.5, donde además se demuestra que el incremento del tránsito vehicular incrementa los niveles de ruido ambiental, por ende, en muchos casos, la existencia de riesgo por ruido ambiental. Sin embargo, se profundiza el concepto del error relativo producto de la interpolación, ya que también se generan mapas de error relativo, como una crítica a los estudios ya realizados y que se vienen realizando en el país sobre mapeo de ruido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El ruido tiene como característica ser un contaminante invisible, que forma parte del día a día, a su vez se encuentra inmerso en un problema mayor llamado “contaminación urbana”, que es más se encuentra relacionado de manera significativa, en primer lugar, con el crecimiento del parque automotor, luego el desarrollo de la industria y otros (Infante & Pérez, 2021).

Según Sharon E. (2022), en cuanto al parque automotor que brinda un servicio público, se encontró en una crisis de sobreoferta con escasa regulación, lo cual generó condiciones negativas para la calidad de vida, ya que el transporte a estas alturas no se debería ver en incremento en cantidad, más sí en calidad y no presentar por ejemplo motores deteriorados.

Según la MSI (2022), la causal de contaminación sonora a comparación del 2016, prevalece ya que aún estaría relacionada al uso inadecuado de las bocinas, el tránsito de ambulancias y aviones. Teniendo en cuenta que la metodología aplicada por la MSI para los monitoreos está enfocada en evaluar el ruido del tránsito vehicular (Municipalidad de San Isidro, 2022). (al final)

En tal sentido, la Municipalidad de San Isidro (2022) en su primer informe de monitoreo de la contaminación sonora del año 2022, reporta que del total de puntos de monitoreo aproximadamente el 70% supera el estándar de calidad ambiental de ruido para mediciones en exteriores según Decreto Supremo N°085-2003-PCM.

En este contexto, la aplicación de modelos de geostatística permite diagnosticar con mayor precisión sobre el riesgo ambiental por ruido y será de uso a la Municipalidad distrital de San Isidro, para diseñar planes de control de los niveles sonoros identificados en los

mapas de ruido. Ya que estos se consideran como instrumentos de gestión para la determinación del ruido, delimitación de áreas acústicas con potencial riesgo ambiental, cuya particularidad exija la aplicación de un plan de acción, a fin de controlar, prevenir y mitigar contaminación sonora (Diario oficial del bicentenario el Peruano, 2020).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye el ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022?

1.2.2 Problemas específicos

PE1. ¿Los niveles del monitoreo de ruido ambiental diurno se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022?

PE2. ¿Cuáles son las características del tipo de semivariograma teórico del ruido ambiental diurno de las principales fuentes móviles lineales para determinar el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022?

PE3. ¿Cuál es el porcentaje del área total de interpolación con un 95% de confiabilidad para determinar el riesgo por ruido diurno para cada trimestre?

PE4. ¿Cuáles son los niveles de ruido diurno q se clasifican bajo la escala del criterio de valoración y el ECA de ruido en la zona residencial, protección especial y comercial, respectivamente?

PE5. ¿Existe una diferencia entre los porcentajes totales de los niveles que superan el ECA para determinar el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada par de trimestres del 2021-2022?

PE6. ¿Qué porcentajes del área total superan el ECA de ruido diurno en la zona residencial, protección especial y comercial, respectivamente, en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia del ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

1.3.2 Objetivos específicos

OE1. Determinar si los niveles de ruido ambiental diurno de fuentes móviles se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

OE2. Caracterizar el tipo de semivariograma teórico del ruido ambiental diurno de las principales fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

OE3. Identificar los porcentajes del área total de interpolación de ruido diurno con un 95% de confiabilidad en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre.

OE4. Clasificar los niveles de ruido diurno bajo la escala del criterio de valoración y el ECA de ruido en la zona residencial, protección espacial y comercial, respectivamente para cada trimestre.

OE5. Comparar los porcentajes totales de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA, en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada par de trimestres del 2021-2022.

OE6. Cuantificar el porcentaje del área total que supere el ECA de ruido diurno en las zonas residencial, protección especial y comercial, respectivamente para cada trimestre.

1.4 Justificación de la investigación

Como se menciona en la descripción de la realidad problemática, el incremento del tránsito vehicular, generara una reducción en la calidad ambiental del entorno por ende generara un impacto progresivo en los habitantes de San Isidro. Ya que la contaminación sonora, se considera un peligro para bienestar y salud de los habitantes del municipio, donde produce presión alta, pérdida de la audición progresiva, insomnio, infectiva comunicación,

estrés, entre otros, siendo el estrés el factor que mayormente se asoció de manera negativa al ruido (Infante & Pérez, 2021).

Por una parte, el presente estudio busca también hacer eficiente el uso de los recursos en cuanto a la cantidad de puntos de monitoreos a realizarse. Por otro lado, será una herramienta de gestión para la prevención y control de la contaminación sonora y aporta valor teórico, ya que, la metodología podrá ser un guía para la generación de los mapas de ruido.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación temática

El tema investigación se enfoca en la descripción del ruido ambiental en horario diurno de origen en las fuentes móviles lineales y su influencia en el riesgo por contaminación sonora, abordado con la metodología de monitoreo nacional y analizada con herramientas de la estadística descriptiva y geostadística.

1.5.1 Delimitación temporal

La información se obtuvo para el periodo del monitoreo 2021-2022 de los puntos, es decir desde el segundo trimestre del 2021 al primer trimestre del 2022.

1.5.2 Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación tiene como área de estudio el distrito de San Isidro en su totalidad, donde se realizó el monitoreo de ruido diurno por parte de las actividades de vigilancia de la municipalidad de San Isidro. Para más detalle véase el apéndice 1 Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de ruido, el cual contiene la ubicación a detalle de los puntos de monitoreo de ruido en un mapa de avenidas.

1.5.4 Delimitación social

Los interesados del proyecto de tesis se detallan a continuación.

- Autoridades de la municipalidad de San Isidro.
- Ciudadanos del distrito de San Isidro
- Jose Carlos Meza Lino (Autor de la tesis).
- Dr. Máximo Tomas Salcedo Meza (Asesor)
- Dr. Víctor Raúl Coca Ramírez, Edwin Guillermo Gálvez torres, Ronald Luis Ramos Pacheco (Miembros del jurado).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Archana & Harshan (2020) evaluaron la contaminación sonora en la ciudad de Kozhikode, del estado de Kherala, India. A partir del monitoreo de ruido en zonas residenciales, industriales, comerciales e intersecciones de tráfico. Además, generaron mapas de ruido para horarios punta y no punta con QGIS a partir del Leq. Llegaron a la conclusión de que en los niveles de ruido promedio para las zonas de silencio e intersecciones de tráfico presentan valores de ruido altos. Las zonas residenciales localizadas al interior de la ciudad muestran mayor nivel límite de ruido tanto durante la hora punta y no punta, mientras que en las ubicaciones de áreas industriales muestran niveles de ruido menores que el estándar prescrito por el tablero de control de polución (regulación), a causa de las bocinas y el tránsito vehicular. Finalmente, el estudio se posiciona como una línea de base para la ciudad de Kozhikode, lo cual ayudaría al planeamiento y desarrollo de planes de acción para el futuro desarrollo de la ciudad.

Esmeray & Eren (2021) desarrollaron un estudio para determinar y mapear los niveles de contaminación sonora en la ciudad distrital de Safranbolu (Turquía). Se evaluaron 47 puntos, los cuales mostraron el comportamiento del ruido, tal que en la temporada de invierno al medio día, en general, presenta niveles de ruido mayores que en la mañana y en la tarde. La data fue procesada usando ArcGIS y sus herramientas análisis geostadístico. Se generaron en total 16 mapas de para diferentes situaciones (días de semana, fines de semana, mapas diurnos, nocturnos, de medio día, entre otros). En conclusión, se tiene que la calidad del ambiente acústico se encontraba en un nivel intermedio.

Dayong Zou et al (2019) realizaron un estudio sobre la contaminación sonora causada por el tránsito vehicular. Se aplicaron mapas de ruido, donde se aplicaron técnicas de diseño para la distribución de los puntos de ruido. Se dividió el área de estudio en 11 áreas más pequeñas, acorde al método de división de áreas funcionales acústicas ambientales. Para la interpolación de los niveles de ruido se aplica Kriging, donde el semivariograma que tuvo mejor efecto fue el esférico. Además, se demuestra un error máximo relativo del 7.03%. En conclusión, la aplicación del mapeo de ruido revela que los niveles de ruido ambiental del horario de mañana, medio día y tarde son mayores que los de un horario nocturno en el área de estudio.

Hasan Koseoglu et al (2016) evaluaron tres metodologías para interpolar y producir mapas de ruido tales como IDW (Distancia Inversa Ponderada), Kriging e interpolación multicuadrática, tomando como estudio de caso la ciudad de Isparta, Turquía. En este estudio se concluyó, para un grillado de 50*50m, que el mejor método de interpolación fue Kriging con variograma de modelo “cúbico”; además que la aplicación de un variograma de tipo gaussiano empeoraba a medida en función de la resolución del grillado. Luego, se generó el mapa de ruido para el máximo (Lmax), promedio (Leq) y mínimo (Lmin) de niveles de ruido monitoreados. Con respecto a estos niveles de ruido, se concluye que los puntos localizados cerca del centro de la ciudad y zonas industriales son mayores a otros puntos y exceden el estándar ambiental de ruido nacional.

Sehrish Latif et al (2022) realizaron una investigación para evaluar la severidad de niveles de ruido producto del tránsito vehicular con referencia a ubicaciones selectas a través de la ciudad de Faisalabad, Pakistan. Se aplicó como modelo de interpolación Kriging, para desarrollar los mapas de predicción espacial a partir de la data Lpeak y Lavg de ruido. También, se debe mencionar que se aplicaron los modelos de semivariograma gaussiano y esférico. Sobre lo cual se concluyó que para las localidades de Jinnah y Lyallpur muestra gran contaminación durante horas punta.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Fernández & Quispe (2022) evaluaron la relación entre la contaminación sonora producto del tránsito vehicular y su relación con el estrés laboral en la avenida Abancay, Centro de Lima. Para tal fin se monitoreo 11 puntos a lo largo de la avenida Abancay, donde los niveles de ruido oscilaban entre 77.04 y 85.72, sobrepasando el ECA ruido. Además, que los comerciantes encuestados presentaban del total un 20% de estrés alto y 61% estrés medio a lo largo de su horario de trabajo. Concluyeron que la contaminación sonora influye en el estrés laboral, y como indicador se usó una correlación de Pearson la cual se interpretó como positiva considerable y positiva muy fuerte (0.86).

Prudencio V. (2022) desarrollo una investigación para evaluar el ruido ambiental a partir de mapas de ruido con el método de interpolación Kriging en el software para sistemas de información geográfica “ArcGIS” en el distrito de Huaraz, Ancash. Se monitoreo 52 puntos durante 6 días en horario diurno y nocturno. Como resultado se obtuvo que para un horario diurno 9 puntos (17.31%). superan el ECA para ruido. Además, a partir de una prueba estadística de correlación se obtuvo una relación directa positiva entre el nivel de ruido y el flujo vehicular tanto para el horario diurno y nocturno. Por ende, la tesis concluye que ante el aumento del tránsito vehicular aumenta el nivel de ruido. Asimismo, la población se encuentra en riesgo bajo, es decir tolerable.

Villano J. (2022) realizo un estudio con el objetivo de determinar si la contaminación sonora por tránsito vehicular en la Av. 26 de noviembre tiene alguna consecuencia en la salud de los ciudadanos del distrito Villa María del Triunfo, Lima. Para tal fin se monitorearon 4 estaciones, en 3 horarios diferentes. Se demostró que el uso excesivo de las bocinas y una errónea distribución por parte del sistema de semáforos serian la causal de la contaminación sonora en la Av. 26 de noviembre. Además, se usó el método de interpolación espacial Kriging, donde se verifico que se tienen áreas que superan el ECA de ruido para zonas comerciales.

Cahuana & Mesias (2022) desarrollaron una tesis con el objetivo de evaluar la contaminación sonora para el distrito de Chimbote a través de la metodología de modelamiento ambiental de ruido aplicando el software SOUNDPLAN. Se aplica como método de interpolación Kriging Ordinario. En el estudio concluyo en que, a partir de la comparación de los resultados de cada año evaluado (2014, 2015, 2016, 2018, 2019) se obtuvo que existen áreas donde se tienen valores por encima de los

70 dBA. Por lo cual la presencia de contaminación sonora requerirá una red de monitoreo más amplia.

Raymundo E. (2022) realizó una tesis con el objetivo de evaluar el nivel de ruido ambiental en el contexto de la pandemia por COVID-19 en el mercado modelo de la ciudad Huánuco, provincia de Huánuco. Donde se evaluaron 5 estaciones de monitoreo a lo largo de jirones. También se aplicó Kriging en ArcGIS para la generación de mapas de ruido. Se demostró que cuatro de las cinco estaciones de monitoreo exceden ECA ruido para zona comercial. Además, que las principales fuentes de generación de ruido ambiental son fuentes móviles como moto-taxis, automóviles, motocicletas y otros, seguido del uso de megáfonos y parlantes por parte de comerciantes informales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Criterios para la aplicación de Kriging ordinario

Test de normalidad. Según Romero (2016), se tienen pruebas de bondad de ajuste las cuales tienen el objetivo de contrastar si el conjunto de datos de ruido monitoreado podría proceder de una distribución determinada o modelo probabilístico, por ejemplo, la distribución normal. A continuación, se describen cinco de ellas.

i) Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Según Romero (2016), se considera una de las pruebas para datos de muestra de tal forma que se realiza la verificación de la condición que semejan una distribución normal o estándar, se usa para variables cuantitativas continuas y cuando el tamaño de muestra es mayor a 50.

ii) Prueba de Shapiro-Wilks. Según Romero (2016), se debe considerar para tamaños muestrales de igual o menor tamaño a 50, para ejecutar la prueba de contraste de bondad de ajuste y verificar que sigue una distribución normal.

iii) Test de Lilliefors (Prueba de corrección para Kolmogorov-Smirnov). Según Romero (2016), en muchos casos la prueba de Kolmogorov Smirnov no es de mucha utilidad para una muestra ya que usualmente no rechaza la hipótesis nula; por ello Lilliefors tabuló el estadístico de Kolmogorov-Smirnov para el caso en que se desconoce la media y la varianza poblacional y se estima desde los datos muestrales. Según Romero (2016), cabe mencionar también que en los casos en que tanto el test

de Lilliefors como la prueba de Kolmogorov-Smirnov son contradictorias, se recomienda analizar de manera gráfica.

iv) Histograma, QQ plots. Para el análisis gráfico de una distribución de datos semeje una distribución normal es posible hacer uso de los histogramas también llamado diagrama de bastones. Según Romero (2016), se debe observar la forma del histograma simule una curva o campana de gauss, sin simetrías, véase fig. 1.

iv) Histograma, QQ plots. Para el análisis gráfico de una distribución de datos semeje una distribución normal es posible hacer uso de los histogramas también llamado diagrama de bastones. Según Romero (2016), se debe observar la forma del histograma simule una curva o campana de gauss, sin simetrías, véase fig. 1.

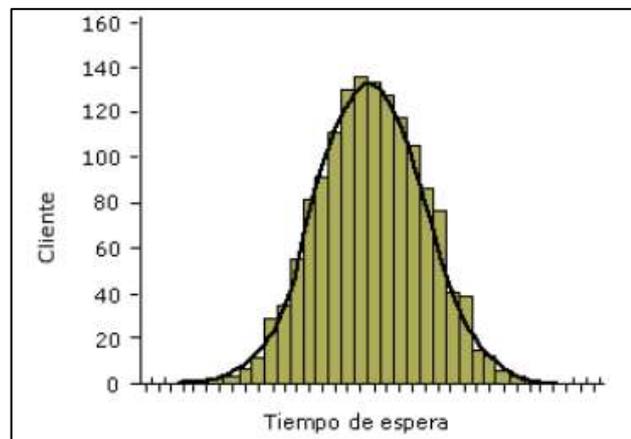


Figura 1. Curva de Gauss sobre histograma.
Fuente: Gobierno Vasco, 2023

v) QQ plot normal o Normal probability plot. Según Romero (2016), este grafico representan los cuantiles de la distribución de la variable en estudio respecto a cuantiles de cualquier integrante en una distribución de contraste. Se construye a partir de las parejas de valores observados y esperados. Por ende, gráficamente se debe verificar que la mayoría de los puntos se agrupen en una línea recta como se puede observar en la fig. 2.

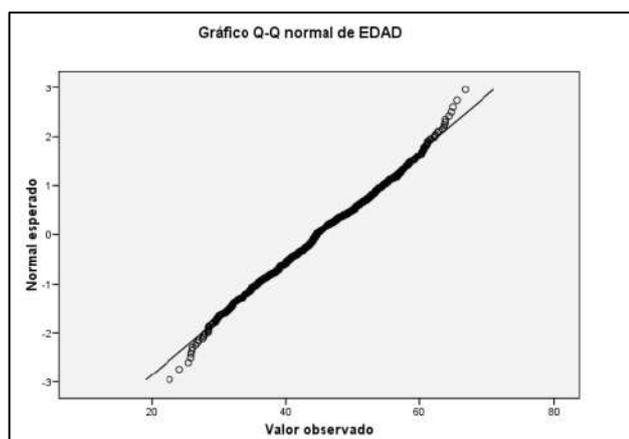


Figura 2. Curva de Gauss sobre histograma.
Fuente: Romero, 2016.

vi) Gráfico QQ normal sin tendencias o Detrended normal plot. Según Romero (2016), este gráfico se construye a partir de la desviación normal vs el valor observado, donde los valores deben situarse alrededor de una línea horizontal; en conclusión, si la gran mayoría de los datos se posicionan próximos a la línea central se puede afirmar que la variable sigue una distribución normal.

Autocorrelación espacial (I de moran). Según ESRI (2023), esta herramienta mide la correlación espacial a partir de las localizaciones de entidades y los atributos mediante la estadística de I de moran global, en otras palabras, evaluara el si el patrón expresado es estacionario; por ende, si esta agrupado, disperso o es aleatorio.

Análisis de tendencias. La existencia de una tendencia espacial supone que los valores de una variable se relacionan con sus propias coordenadas (Olaya, 2020). Por ejemplo, que los datos se agrupen siguiendo una línea en dirección sur-norte o este-oeste.

2.2.2 Análisis estructural

i) Semivariograma. Una de las funciones básicas para describir la variabilidad espacial de un fenómeno en particular que sea de interés. El semivariograma tiene como objetivo describir la relación de ciertos puntos en el espacio o tiempo en cuanto estos se encuentran alejados. Siendo originalmente su aplicación para el estudio de variables regionalizadas (Portillo Medina, 2013). Sin embargo, para el estudio con los semivariogramas se debe hacer la diferencia entre semivariograma experimental y teórico.

Semivariograma experimental. Se calcula a partir de las mediciones de la variable. Así, se calcula la varianza encontrada entre todos los pares de puntos separados por la misma distancia. Si se calculan las varianzas en función a la distancia que separa las mediciones y se realiza su representación gráfica, se obtiene el semivariograma experimental (Portillo Medina, 2013).

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{Z(x_i + h) - Z(x_i)\}^2$$

Donde $y(h)$ es la semivarianza para todos los tiempos separados por un intervalo h , $N(h)$ es el número total de pares de muestras separados por un intervalo de tiempo h . $Z(x_i)$ es el valor de la variable en la posición x_i en el espacio; $X(x_i+h)$ es el valor de la variable en una posición localizado a una distancia h de x_i .

Semivariograma teórico. En la necesidad de realizar un ajuste del semivariograma a una función se utilizan modelos, siendo los más comúnmente usados los modelos esférico, exponencial, gaussiano y lineal.

El ajuste a realizar, permite identificar una serie de parámetros como lo es el rango (A_0), la pepita o nugget y la meseta (sill), los cuales serán usados para la interpolación geostatística (Kriging) (Portillo Medina, 2013), como se puede apreciar en la figura 3.

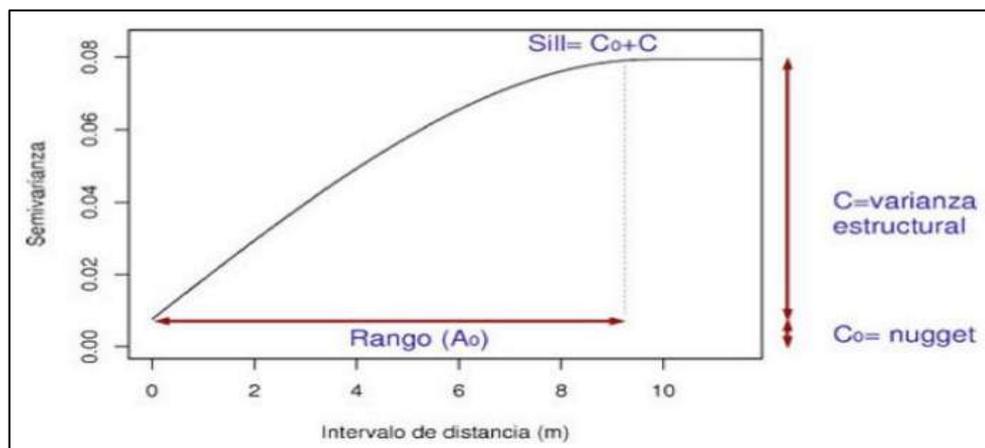


Figura 3. Parámetros del semivariograma.
Fuente: Portillo Medina, 2013.

2.2.3 Modelos de semivariograma

Modelo Esferico. El modelo esferico es aquel que tiene un comportamiento lineal en el origen y alcanzaria la meseta a una distancia estimada, además que para el ajuste

con este modelo, es importante recordar que la tangente en el origen corta la meseta en $2/3$ del rango (Rashad et al, 2000), como se observa en la fig. 3. A continuación se describe la ecuación para el modelo esférico descrita en la documentación de python (PyKriging-developers, 2022). Donde d es la distancia, n es el nugget, p es la meseta parcial (psill = sill – nugget) y r es el rango.

$$y(h) = \begin{cases} n+p\left(\frac{3d}{2r}-\frac{1}{2}\left(\frac{d}{r}\right)^3\right) & \text{if } d \leq r \\ n+p & d > r \end{cases}$$

También se muestra la ecuación que se aplica en ArcGIS. Donde h es la distancia, C_0 es el nugget, C_1 o $C_0 + C_1$ es la meseta y a es el rango (ESRI, 2022).

$$y(h) = \begin{cases} C_0+C_1\left(\frac{3}{2}\left(\frac{h}{a}\right)-\frac{1}{2}\left(\frac{h}{a}\right)^3\right) & \text{if } 0 < h \leq a \\ C_0+C_1 & h > a \\ 0 & h=0 \end{cases}$$

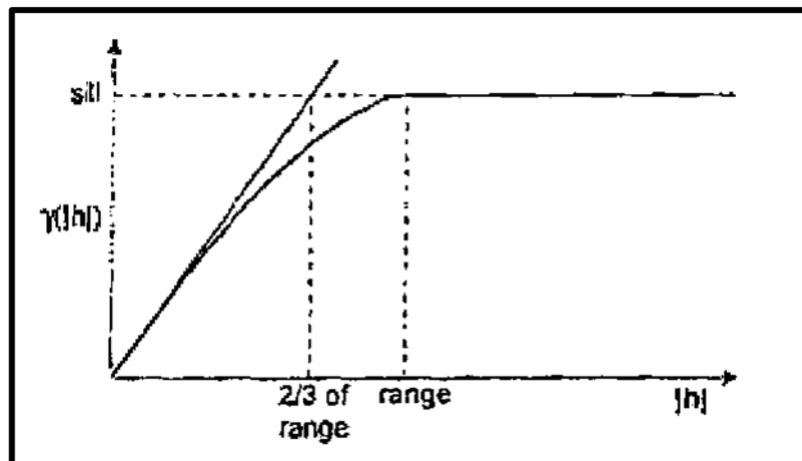


Figura 4. Modelo de variograma esférico.
Fuente: Rashad et al, 2000.

Modelo Gaussiano. El modelo gaussiano, como se puede revisar en la fig. 5, es un modelo usado en situaciones de fenómenos los cuales son extremadamente continuos (Rashad et al, 2000). A continuación se describe la ecuación para el modelo esférico descrita en la documentación de python (PyKriging-developers, 2022). Donde d es la distancia, n es el nugget, p es la meseta parcial (psill = sill – nugget) y r es el rango.

$$y(h) = n + p \left(1 - \exp \left(- \frac{d^2}{\left(\frac{4}{7}r\right)^2} \right) \right)$$

Tambien se muestra la ecuación que se aplica en ArcGIS. Donde h es la distancia, C_0 es el nugget, C_1 o $C_0 + C_1$ es la meseta y a es el rango (ESRI, 2022).

$$y(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left(1 - \exp \left(- \frac{h^2}{(a)^2} \right) \right) & \dots h > 0 \\ 0 & \dots h = 0 \end{cases}$$

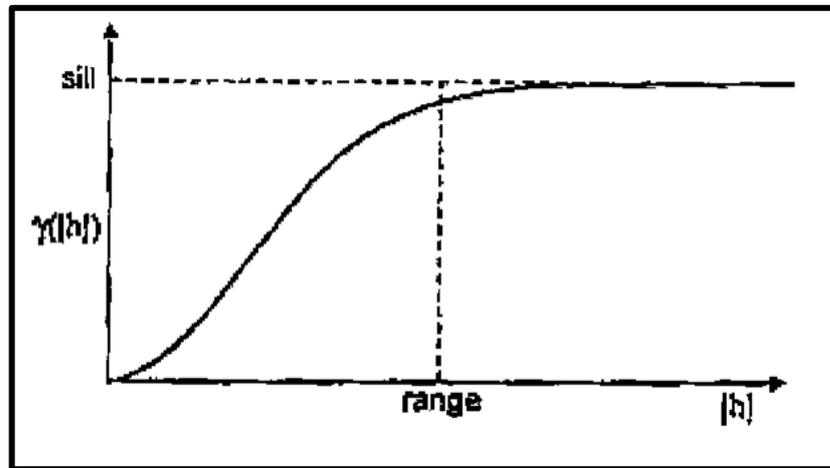


Figura 5. Modelo gaussiano
Fuente: Rashad et al, 2000.

Modelo exponencial. El modelo exponencial, también un modelo frecuentemente usado, tiene como característica alcanzar su meseta asintóticamente y tiene comportamiento lineal en el origen, como se puede observar en la fig. 6. Al realizar el ajuste, es útil tomar en cuenta que la tangente en el origen corta a la meseta en 1/3 del rango (Rashad et al, 2000). A continuación se describe la ecuación para el modelo esférico descrita en la documentación de python (PyKriging-developers, 2022). Donde d es la distancia, n es el nugget, p es la meseta parcial ($psill = sill - nugget$) y r es el rango.

$$y(h) = n + p \left(1 - \exp \left(- \frac{d}{r/3} \right) \right)$$

Tambien se muestra la ecuación que se aplica en ArcGIS. Donde h es la distancia, C_0 es el nugget, C_1 o $C_0 + C_1$ es la meseta y a es el rango (ESRI, 2022).

$$y(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left(1 - \exp\left(-\frac{h}{a}\right)\right) & \dots h > 0 \\ 0 & \dots h = 0 \end{cases}$$

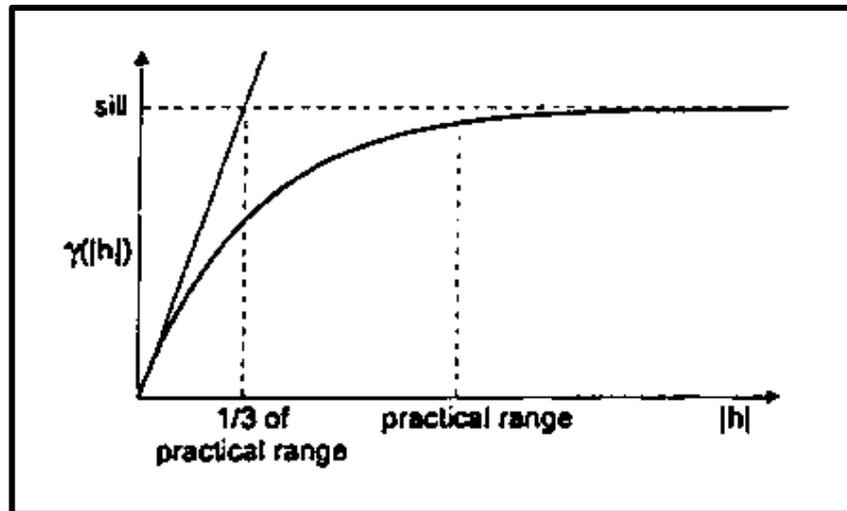


Figura 6. Modelo exponencial
Fuente: Rashad et al, 2000.

En cuanto a la selección del mejor semivariograma, para este estudio, se usará aquel que reproduzca mejor los datos conocidos, por lo tanto, debe tener el menor RMS (raíz cuadrada del error medio) (Fuenzalida et al, 2015) o menor ECM o MSE (Error Cuadrático Medio). Además, es posible utilizar el error relativo de manera individual para tener un indicador en porcentaje de que tanto difiere el valor medido del predicho, donde $\Delta x = x - x_0$ (Posadas Ch., 2023).

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_0}$$

2.2.4 Predicción espacial

Kriging Ordinario. En general, es un método geostadístico que se basa en el modelo $Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$ donde μ vendría a ser una constante desconocida. Además, es usado para datos sin tendencia y cuya media es desconocida (Fuenzalida et al, 2015). En ArcGIS, Kriging es una herramienta para obtener una superficie de ráster a partir de la interpolación de puntos; en otras palabras, es considerado un proceso que opera bajo ciertos parámetros de ingreso como entidades de puntos de entrada, el atributo “Z” de los datos, las propiedades del semivariograma entre otros de tipo opcional (ESRI, 2023). La ecuación modelo que considera ArcGIS se muestra a

continuación, donde $Z_{(S_i)}$ es aquella medición en la ubicación $n^o i$, λ_i es un peso desconocido para la medición para la ubicación $n^o i$, S_0 la ubicación de la predicción y N el número de valores medidos (ESRI, 2023).

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

2.3 Bases filosóficas

Ernesto Sábato (2016) en su libro “La Resistencia”, hace referencia al ruido como una intrusión sensorial, ya que en su relato dentro la búsqueda de un lugar en el cual compartir un momento ameno, en el cual compartir un dialogo, el televisor como fuente de contaminación sonora estaría presente. Luego se hace a sí mismo la pregunta de que si la gente se da cuenta del daño que hace el ruido, a modo de reflexión, y con un ejemplo si se tuviera un vecino próximo desde el cual se puede oír el ruido del televisor, uno debería preguntarse cómo es que el respeto se ha aminorado, o como es que hace el hombre para convivir con el aumento de decibeles. Ya que, según menciona, hay evidencia de que, al exponer animales a un alto nivel de decibeles, en primer lugar, les daña la memoria, luego enloquece, y finalmente termina por aniquilarlos.

Entonces, el ruido se ve relacionado al respeto hacia los demás, lo cual se traduce en individualismo a su vez sinónimo del egoísmo y su falta de interés por quienes nos rodean (Luja et al, 2014). En segundo lugar, se hace referencia al aumento de los decibeles, es difícil de estimar ya que para que se realice de una manera adecuada requiere de una metodología con equipamiento muchas veces costoso, sin embargo, existe evidencia de que por ejemplo el nivel de los decibeles de las sirenas de bomberos o de un vehículo de ambulancia va en aumento, en cuanto al ruido por tráfico vehicular hubo un incremento de medio decibel por año. Pese a que este problema afecta de manera radial a quienes se encuentren próximos a la fuente (Schafer, 1994).

2.4 Definición de términos básicos

a) *Contaminación ambiental*. Se puede entender como la contaminación del aire, agua, o suelo (por ende, alimentos) en general de los recursos naturales, en una manera que causa real o potencial daño a la salud humana o el bienestar, o causa daño a la naturaleza sin justificación (Fidelis O. Ajibade et al, 2021).

b) *Contaminación sonora*. Se entiende como cualquier sonido indeseado que tiene origen en las actividades humanas, además es considerado dañino o perjudicial para la salud humana o la calidad de vida (Murphy & King, 2014).

c) *Sonido*. El sonido se puede entender como el resultado de las variaciones de presión en un medio, comúnmente el aire. Estos cambios de presión suelen ser detectados por el oído humano y esto trae como resultado la sensación de la escucha (Murphy & King, 2014). Todo sonido posee fundamentalmente tres características: frecuencia, amplitud y longitud de onda.

d) *Ruido*. El ruido se caracteriza por ser indeseado, inapropiado, causa interferencia, agente distractor e irritante. En general es un sonido no deseado que perturba de manera negativa en el hombre o la vida animal (Murphy & King, 2014).

e) *Ruido ambiental*. Todos aquellos sonidos que pueden provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene a la fuente emisora.

f) *Ruido ocupacional*. Según Digesa (2011) se debe entender por ruido ocupacional a aquel tipo de ruido que comprende aquella situación en la cual los trabajadores se encuentran expuestos a ruido en sus lugares de trabajo. Además, es la principal causa de pérdida de capacidad auditiva o “hearing loss”, siendo diferente de la exposición sonora no ocupacional en la distribución de banda de frecuencia, duración de la exposición y continuidad de la alta intensidad de exposición (Fink & Mayes, 2021).

g) *Interpolación espacial*. Es un método usado para estimar los valores de un fenómeno distribuido en alguna área dada, que usualmente se basa en los valores observados para un campo de estudio, los resultados del mismo son llamadas superficies estadísticas, por ejemplo, una superficie de valores ruido (Alsafadi, S., A., Sharaf, & He, 2021).

h) *Shapefile*. El shapefile es un tipo formato para datos espaciales de ESRI¹, para almacenar geometría no topológica y atribuir información para figuras tales como puntos, líneas, superficies y multiparches; además el archivo de shapefile comprende tres partes una principal (.shp), un archivo índice (.shx), y una dBase table (.dbf), (Zhu et al, 2019).

i) *Nivel de presión sonora continuó equivalente con ponderación A (LAeqT)*. Es aquel nivel de un ruido continuo que contendría la misma energía que el ruido monitoreado,

¹ Environmental Systems Research Institute, Inc.

en consecuencia, también tendría la misma capacidad potencial de dañar al sistema auditivo (Diario Oficial del Bicentenario el Peruano, 2013).

j) Nivel de presión sonora máxima (L_{max}). Es aquel nivel máximo de presión sonora (NPS), el cual es registrado durante un periodo de medición dado (Diario Oficial del Bicentenario el Peruano, 2013).

k) Nivel de presión sonora mínimo (L_{min}). Es aquel nivel mínimo de presión sonora (NPS), el cual es registrado durante un periodo de medición dado durante el monitoreo de ruido ambiental (Diario Oficial del Bicentenario el Peruano, 2013).

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

El riesgo por contaminación sonora depende del ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

2.5.2 Hipótesis específicas

HE1. Los niveles de ruido ambiental diurno de fuentes móviles lineales se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

HE2. No aplica, ya que el alcance en este punto es descriptivo y únicamente se podría realizar la formulación de hipótesis para el caso en el que se pronostica un hecho o dato (Hernandez Sampieri, 2014).

HE3. No aplica, ya que el alcance en este punto es descriptivo y únicamente se podría realizar la formulación de hipótesis para el caso en el que se pronostica un hecho o dato (Hernandez Sampieri, 2014).

HE4. No aplica, ya que el alcance en este punto es descriptivo y únicamente se podría realizar la formulación de hipótesis para el caso en el que se pronostica un hecho o dato (Hernandez Sampieri, 2014).

HE5. Existe una diferencia entre los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA permitirán determinar la influencia en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

HE6. No aplica, ya que el alcance en este punto es descriptivo y únicamente se podría realizar la formulación de hipótesis para el caso en el que se pronostica un hecho o dato (Hernandez Sampieri, 2014).

2.6 Operacionalización de las variables

Variable independiente: (X) Ruido Ambiental de las principales fuentes móviles lineales

Variable dependiente: (Y) Riesgo por contaminación sonora.

Tabla 1

Operacionalización de las variables

Variables	Definición	Dimensiones	Técnicas e instrumentación	Indicadores
X: Ruido Ambiental de las principales fuentes móviles lineales	Se entiende como aquella vía; por ejemplo, una avenida, calle, autopista, etc., en donde transitan vehículos. (Diario Oficial del Bicentenario el Peruano, 2013).	<ul style="list-style-type: none"> Niveles de ruido diurno 	<ul style="list-style-type: none"> Protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental. Estadística descriptiva. Estadística inferencial. Teoría sobre modelos de semivariogramas. 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de presión sonora continuó equivalente con ponderación A (LAeqT). Medidas de centro, dispersión, forma y valores atípicos. <ul style="list-style-type: none"> Test de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Error cuadrático medio (MSE).
		<ul style="list-style-type: none"> Área total de interpolación con un 95% de confiabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de mapas de errores relativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Error relativo menor o igual al 5%.

		<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de niveles de ruido diurno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de barras de niveles de ruido diurno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Escala del criterio de valoración de la OMS y el ECA ruido.
	Siendo la contaminación sonora cualquier sonido indeseado que tiene origen en las actividades humanas, además es considerado dañino o perjudicial para la salud humana o la calidad de vida (Murphy & King, 2014), el riesgo se entiende como las consecuencias potenciales de la contaminación sonora.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de ruido diurno que superan el ECA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estadística inferencial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de la cantidad del total de los niveles que superan el ECA ruido.
Y: Riesgo por contaminación sonora		<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de ruido diurno que superan el ECA por zonas de uso del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de mapas de ruido diurno. 	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje áreas con niveles de ruido diurno que superan el ECA ruido.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Esquema general

La presente investigación es de tipo aplicada, con alcance descriptivo-explicativo, que sigue una serie de etapas, véase fig. 7.



Figura 7. Resumen del diseño de tesis.
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Descripción del diseño metodológico

Implementación del trabajo de investigación. A continuación, se presenta una descripción breve de las etapas del diseño metodológico, como se observa en la fig. 7.

Identificación de las principales fuentes móviles lineales. Etapa que consistió de identificar 50 fuentes móviles lineales, las cuales se caracterizan por ser la mayor fuente de emisión de ruido de origen en el tránsito vehicular, según la Municipalidad de San Isidro.

Monitoreo de ruido ambiental. Se tomaron los datos del monitoreo realizado por el equipo técnico ambiental de la Subgerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad de San Isidro. De tal forma que se realizaron cuatro monitoreos para el periodo del 2021-2022, que resultaron en los informes N°107-2021-CSNT, N°126-2021-CSNT, N°002-2022 CSNT y N°038-2022 CSNT, a fin de cumplir las acciones establecidas en el Programa de monitoreo y Vigilancia del Contaminación Sonora del distrito.

Análisis exploratorio de datos, estadística descriptiva. Se aplicaron técnicas de estadística descriptiva con el fin de explorar la distribución de los datos del monitoreo de ruido ambiental, identificando características tales como: valores atípicos u “outliers”, saltos o discontinuidades, concentraciones de valores, forma de la distribución, etc.

Validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales. En este apartado se validaron los criterios mínimos para la aplicación del método de interpolación de datos “Kriging”, tales como test de normalidad, verificar la estacionariedad de los datos y la no existencia de tendencias.

Análisis estructural de datos, semivariogramas. Se evaluó el mejor modelo de semivariograma para hallar la dependencia espacial de los datos. Se verifico por medio de tres modelos esféricos, exponencial y el gaussiano.

Delimitación del área de interpolación. A partir del Kriging realizado con los errores relativos en cada punto se realizó un mapa de superficies de errores.

Predicción espacial. Se generaron las superficies de ruido y posterior a ello se generan los mapas de ruido en ArcGIS.

3.1.3 Materiales y Equipos

Materiales usados para el trabajo de investigación. Entre los materiales utilizados se tienen Hojas Bond que se usaron para los formatos de registros. Un ordenador de generación i5 para el procesamiento de los datos y generación de mapas de ruido. Una libreta de apuntes para los datos de campo. Los materiales y equipos usados por la MSI durante el monitoreo de ruido ambiental, como parte de su programa de vigilancia ambiental. También se requirió del plano de zonificación general de uso de suelos del distrito de San Isidro ya que el estándar de calidad ambiental se

subdivide en zonas para hacer la comparación. El calibrador de sonómetro marca Hangzhou AWA, modelo AWA6221a con el cual se verificó previo uso del Sonómetro clase 1 marca Hangzhou AWA, modelo AWA6228 las mediciones se encuentren dentro de los límites de error. Un trípode sobre el cual se ubica el sonómetro, un cortaviento para sonómetro, el cual evita posible interferencia del sonido.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio comprende el polígono del área total en estudio, que se encuentra dentro de los límites del distrito de san isidro. Sobre este, se generan superficies de puntos de ruido a partir de la interpolación de los valores de puntos de monitoreo de ruido.

3.2.2 Muestra

Los datos de los puntos evaluados fueron de 50 puntos ubicados en 02 Zonas de aplicación (Zona Residencial y Zona Comercial) de acuerdo al estándar de calidad ambiental de ruido, véase el apéndice 2 matriz de puntos de ruido, para revisión de las coordenadas UTM de los puntos de monitoreo de ruido y la fuente móvil lineal de su ubicación.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Identificación de las principales fuentes móviles lineales

Fuentes móviles lineales. Son aquellas fuentes que comprenden avenidas, calles, carreteras, etc. Para el caso particular del ruido del transporte automotor, se diferencia del ruido de trenes y aviones en cuanto al efecto ya que este se percibe de manera casi constante a una cierta distancia, cuya intensidad no suele fluctuar, además el área de impacto es paralela (E. viro & et al, 2002). Ya que la propagación se realizaría a través de las superficies de cilindros coaxiales con eje en la fuente lineales (González, 2017).

Identificación de las principales fuentes móviles lineales. Se llevó a cabo por la Municipalidad de San Isidro para identificar 50 fuentes móviles lineales, las cuales

se caracterizan por ser la mayor fuente de emisión de ruido de origen en el tránsito vehicular.

3.3.2 Monitoreo de ruido.

I. Posición de puntos. Para seleccionar los puntos de monitoreo de ruido se realizó usando una metodología de viales, es decir identificar las principales fuentes móviles lineales, la cual es frecuentemente usada cuando se requiere evaluar el ruido ambiental generado a partir del tránsito vehicular donde se incluyen espacios urbanos, avenidas principales y secundarias. Cabe mencionar que esta metodología también se usó en el estudio de línea base realizado en el 2016, donde se elaboró un mapa de ruido (MSI, Informe via remoto N°006-2020-CSNT, 2020). Así a diferencia del 2019, para el periodo 2021-2022 se establecieron 50 puntos de monitoreo ruido.

II. Condiciones operativas

En la tabla 2 se resumen las condiciones operativas del sonómetro, así como la codificación de la calibración emitida por Inacal.

Tabla 2.

Condiciones operativas.

ITEM	CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Calibrador	Previo al uso del sonómetro se verifico que los valores se encuentren dentro de los límites de error con HANGZHOU AIHUA, modelo AWA6228+ y serie 00301071.
2	Fuente de polución sonora	Ruido proveniente de fuentes móviles lineales
3	Detalles técnicos del instrumento de medición	Sonómetro clase 1, marca HANGZHOU AIHUA modelo AWA6228+, con número de serie 103423 y de procedencia china. Siendo la autoridad de Inacal, quien valida la operatividad a través de los certificados de calibración LAC-176-2020 y LAC-159-2021
4	Posicionamiento y direccionamiento del sonómetro	El sonómetro se ubicó a 1.5 metros del suelo y cubierto con pantallas anti-viento.
5	Características de las mediciones de ruido ambiental	Se realizó una medición en cada punto de monitoreo, medido en horario diurno y con una duración de 10 minutos cada una.

Fuente: MSI, 2021.

III. Protocolo de monitoreo de ruido

Presión sonora (p). La presión sonora es una magnitud de unidades Newton/metro² (N/m²) o Pascal (Pa) que se debe entender como el valor de la energía asociada a la generación de sonido en un espacio (Ramirez P., 2021)..

Nivel de presión sonora (L_p). En cuanto al ser humano la percepción de la presión sonora, cumple una ley logarítmica, ya que mientras los estímulos débiles (aquellos próximos al umbral de audición) son reforzados para hacerlos más perceptibles, los estímulos muy elevados son fuertemente debilitados (Ramirez P., 2021). Para la descripción de esta propiedad del sonido se asigna una unidad llamada decibeles y se emplea una escala logarítmica que tiene como referencia la menor presión acústica detectada por un oído humano normal. Así, el nivel de presión sonora se define de la siguiente manera:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2}$$

Donde: *p* que es una presión instantánea esta en Pa

p_{ref} = presión de referencia, 2×10^{-5} Pa

L_p esta en decibeles (dB).

Múltiples fuentes de emisión sonora. De tener el caso en que se tengan “n” fuentes de emisión sonora y se desee conocer el nivel de ruido que resultaría del funcionamiento de estas fuentes, no se debe realizar una adición algebraica ya que son magnitudes logarítmicas (González, 2017). En consecuencia; se debe emplear el siguiente calculo:

$$L_{P\ Total} = 10 \log \sum_1^k 10^{\frac{L_{pk}}{10}}$$

Escalas de ponderación. Existen tres escalas de ponderación del ruido, las escalas A, B y C, con la finalidad de corregir y cuantificar una escala de ponderación fisiológica, es decir relativa a la percepción del órgano receptor humano u otro receptor como un equipo de medición. En la figura 8, se muestran las tres escalas, donde la ponderación A es aquella que más se aproxima al oído humano (Piedra G. & Garzón V., 2022).

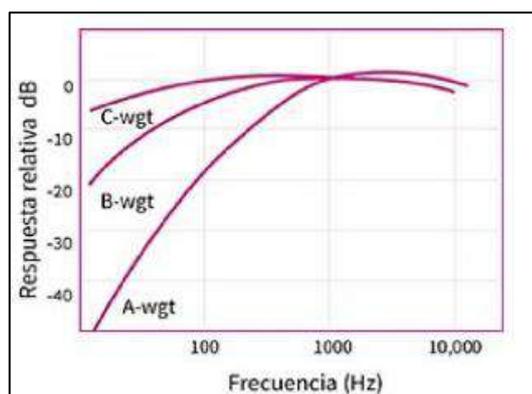


Figura 8. Escalas de ponderación.
Fuente: Elaboración propia.

Criterio de los 5 dB. Consiste un criterio de valoración para la representación de las isolíneas de los mapas, además se toma como una escala de referencia. Se encuentra basado en criterios internacionales de la comunidad europea (European Commission, 1996), como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 3
Criterios de valoración

LAeq (Día)	Valoración
>75	Intolerable
>70 a 75	Muy alta
>65 a 70	Alta
>60 a 65	Aceptable
>55 a 60	Buena
>50 a 55	Tranquila
<50	Muy Tranquila

Fuente: Ayuntamiento de Bilbao, 2000.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

3.4.1 Análisis exploratorio de datos, estadística descriptiva.

La estadística descriptiva como parte de la estadística clásica tiene equivalentes en los datos espaciales (Olaya, 2020). Por ende; no se puede pasar por alto el filtro del análisis exploratorio ya que con este se podrían contrastar hipótesis que contengan una cierta componente espacial. Además, nos señalaran valores anómalos o también llamados “outliers”. Existen varios softwares para el cálculo de los estadísticos de la muestra como el SPSS, PSPP, Python, R programming. A continuación, se presenta los pasos para calcular los estadísticos con SPSS.

Como primer paso, se debe cargar la data en la vista de datos, mientras que en la vista de variables se debe seleccionar el tipo de variable (coma) y la medida (escala), a modo de ilustración, revisé la figura 9.

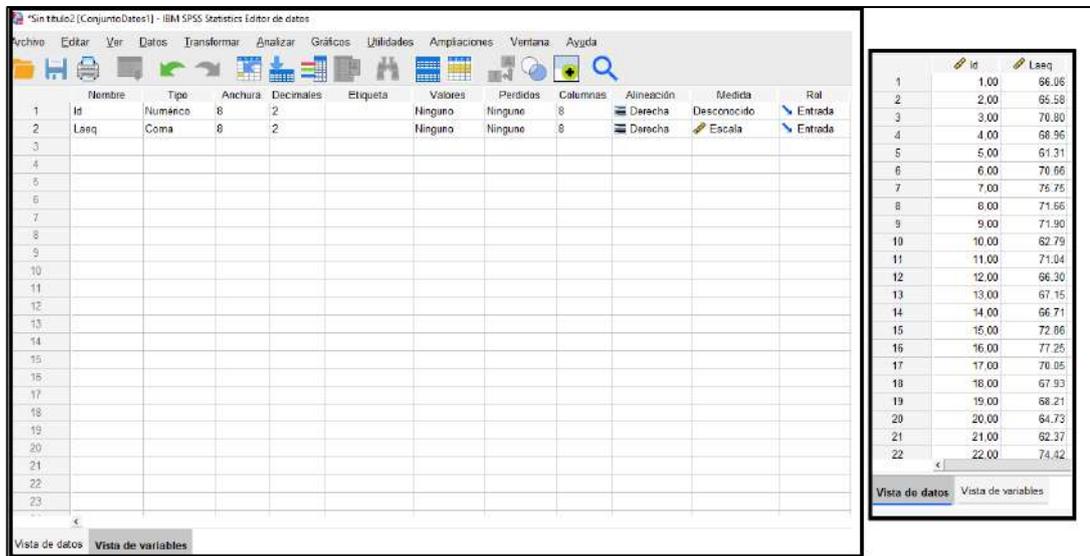


Figura 9. Vistas de datos y variables en SPSS.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se debe acceder a la opción **Analizar > Estadísticos Descriptivos > Frecuencias**. Donde seleccionaremos la variable *Laeq*, la cual se lleva hacia la casilla de variables, véase figura 10.

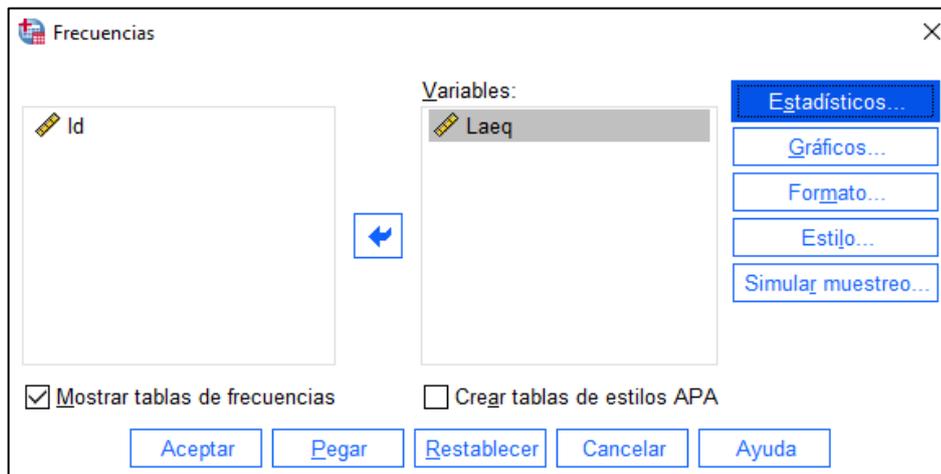


Figura 10. Selección de variable en SPSS.

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso consiste en seleccionar los estadísticos de tendencia central de interés como la media o en el caso de estadísticos de dispersión se realiza el cálculo de la desviación estándar, la varianza, valores mínimo y máximo, por último, los estadísticos de forma como asimetría y curtosis, véase figura 11. Para finalizar se da click en continuar y aceptar.

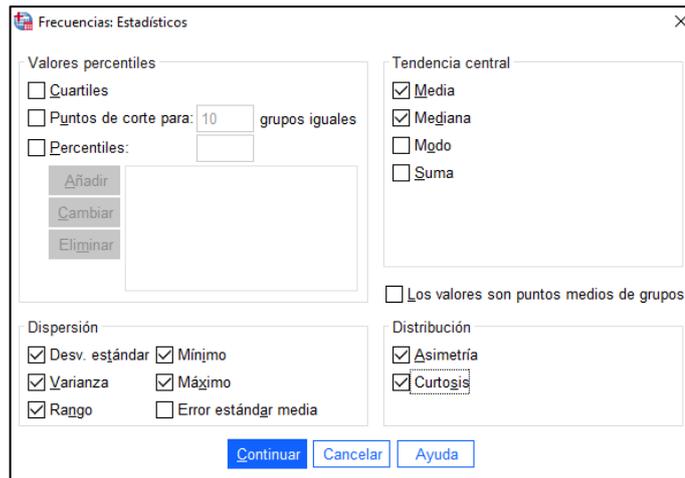


Figura 11. Selección de estadísticos de la variable.

Fuente: Elaboración propia.

En la ventana de resultados, se podrá observar los estadísticos ya calculados, listos para ser analizados, véase fig. 12.

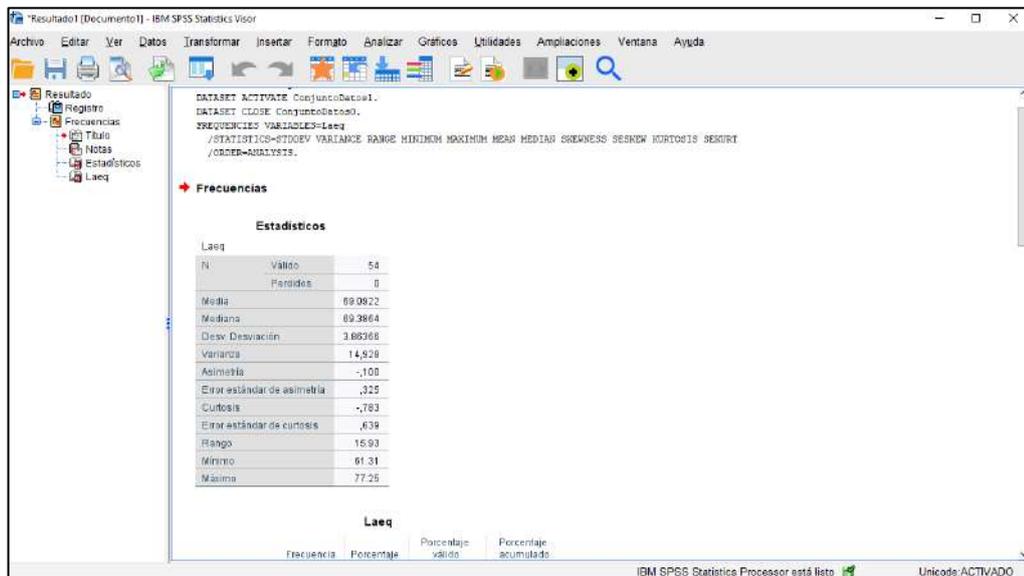


Figura 12. Selección de estadísticos de la variable.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a ello se debe realizar el análisis con un diagrama de caja para identificar valores anómalos o *outliers*. Para iniciar, ya con los valores de *Laeq* cargados en la vista de datos se selecciona Gráficos > Cuadro de diálogo antiguos > Diagramas de Caja, a continuación, aparecerá una ventana donde se seleccionará la opción *Simple* y *Resúmenes para distintas variables*, véase fig. 13.

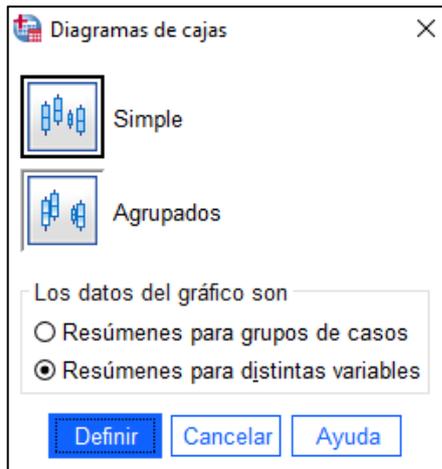


Figura 13. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.
Fuente: Elaboración propia.

El siguiente paso consiste en seleccionar la variable a graficar, en este caso *Laeq*. Para ello se traslada *Laeq* a la casilla de variables a representar, se finaliza al hacer click en *aceptar*, véase la fig. 14.

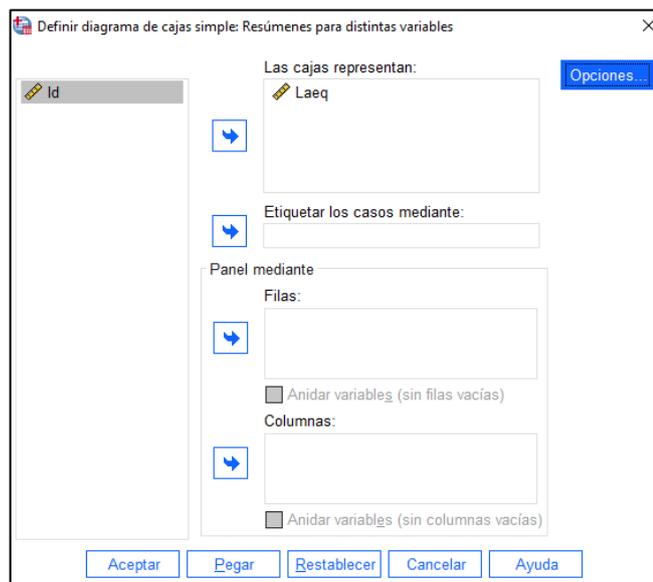


Figura 14. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la vista de resultados el software devolverá una cantidad de datos *outliers* en caso haya como *casos perdidos*, además se podrá observar el diagrama de cajas ya graficado para los valores de *Laeq*, véase fig. 15.

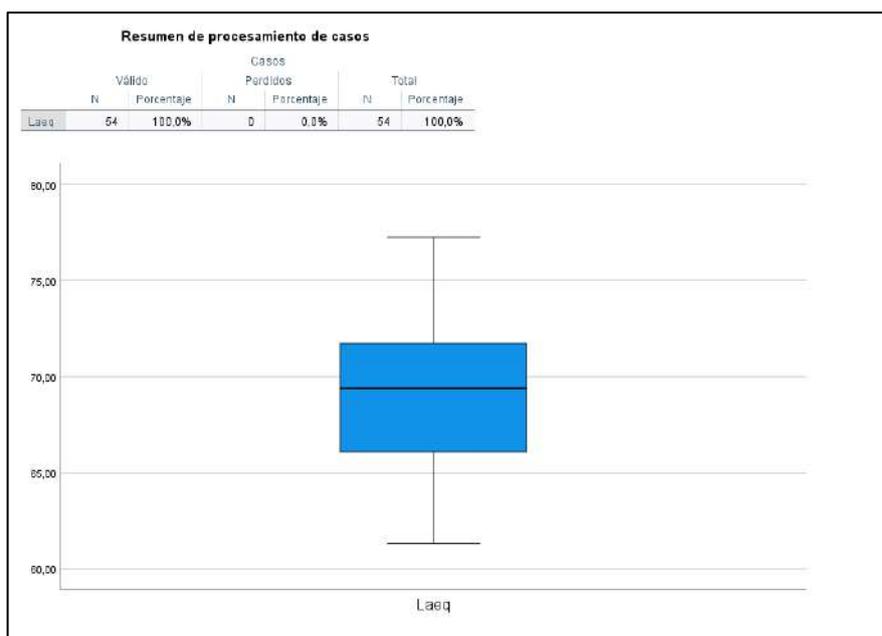


Figura 15. Ventana de gráfico para diagrama de cajas.
Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales.

Criterios. Kriging es una técnica de interpolación bastante óptima si es que los datos espaciales de ruido alcanzan los siguientes criterios (Gisgeography, 2022):

- i. La data espacial debe poseer una distribución normal

Primer paso. Se deben plantear las siguientes hipótesis:

H_0 : Los datos espaciales de monitoreo de ruido siguen una distribución normal.

H_a : Los datos espaciales de monitoreo de ruido no siguen una distribución normal.

Segundo paso. Se establece el nivel de significancia, para el presente estudio se considera en general:

Nivel de significancia: $\alpha = 5\% \dots 0.05$

Tercer paso. Se calcula el valor de p , para ello se aplica el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov ($n \geq 50$) o Shapiro-Wilk ($n < 50$). Este test puede ser aplicado en un software estadístico como el SPSS o con Python a partir de la librería Scipy.stats con la función Shapiro(x) o Kstest(x).

Cuarto paso. Se procede a comparar del valor de p , con el nivel de significancia de la siguiente manera:

Sig. $\leq \alpha$ se rechaza H_0 y no se rechaza H_a

Sig. $> \alpha$ se rechaza H_0

Quinto paso. Se realiza la conclusión a partir de la comparación del valor de p , y se culmina la prueba de normalidad.

De manera gráfica se podría realizar con un QQ plot o en su defecto con un histograma, de tal forma que si en el gráfico de QQ plot, cuanto más cerca los datos caen cerca de la línea de 45° grados, más cerca los datos estarán de seguir una distribución normal (Esri, 2023).

ii. La data espacial debe ser estacionaria

La estacionariedad de los datos implica que la variación local no cambia en muchas áreas del mapa. En otras palabras, se interpreta como la no agrupación de los datos por el contrario la aleatoriedad de los datos. Para tal fin se usará la herramienta *autocorrelación espacial o índice de I moran* en ArcGIS (Esri, 2023). Sin embargo, se podría interpretar de manera gráfica con un mapa Voronoi.

Primer paso. Se debe cargar el archivo *shapefile de puntos de monitoreo de ruido* al ArcGIS

Segundo paso. Luego, se aplica la herramienta *autocorrelación espacial o índice de I moran* del paquete de herramientas de *analyzing patterns*, véase fig. 16. Donde como data de ingreso, se encuentra la data espacial en este ejemplo el *shapefile de puntos de monitoreo de ruido*, se debe marcar la opción *Generate Report*, para que el proceso nos entregue una gráfica desarrollada en formato .html, por último, se mantienen las opciones por defecto y se da click en *OK*.

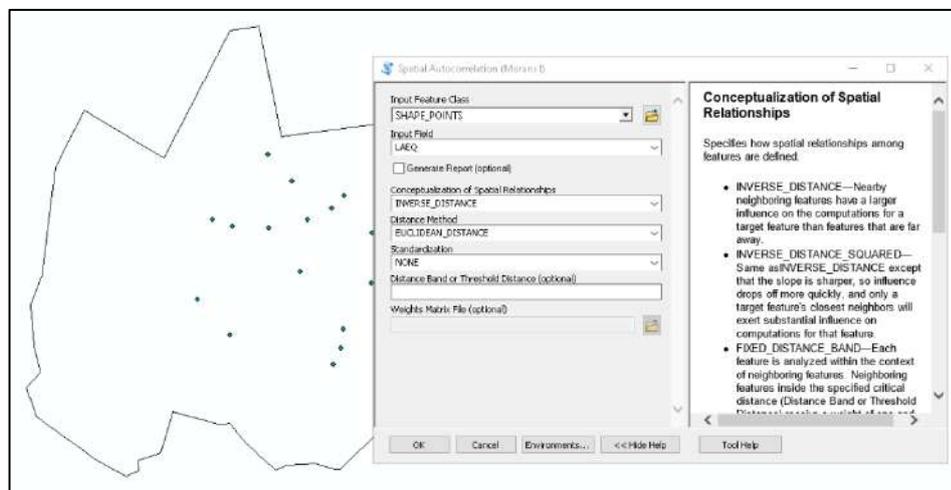


Figura 16. Aplicación del índice de I moran.
Fuente: Elaboración propia.

Tercer paso. Luego, se ingresa al reporte el cual se encuentra en la ventana resultados, como se muestra en la siguiente figura 17.

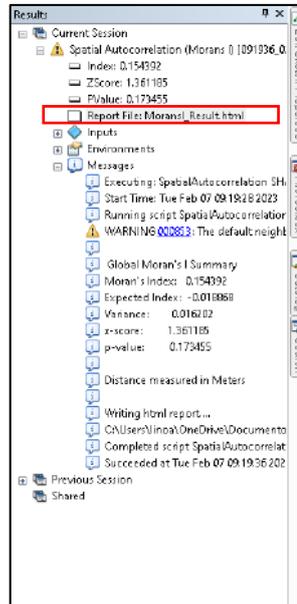


Figura 17. Resultado de la aplicación del índice de I moran.
Fuente: Elaboración propia.

Cuarto paso. Luego, ya en el reporte podremos visualizar la interpretación del resultado, siendo los tres posibles resultados datos de tipo ‘dispersos’, ‘aleatorios’ y ‘agrupados’, fig. 18.

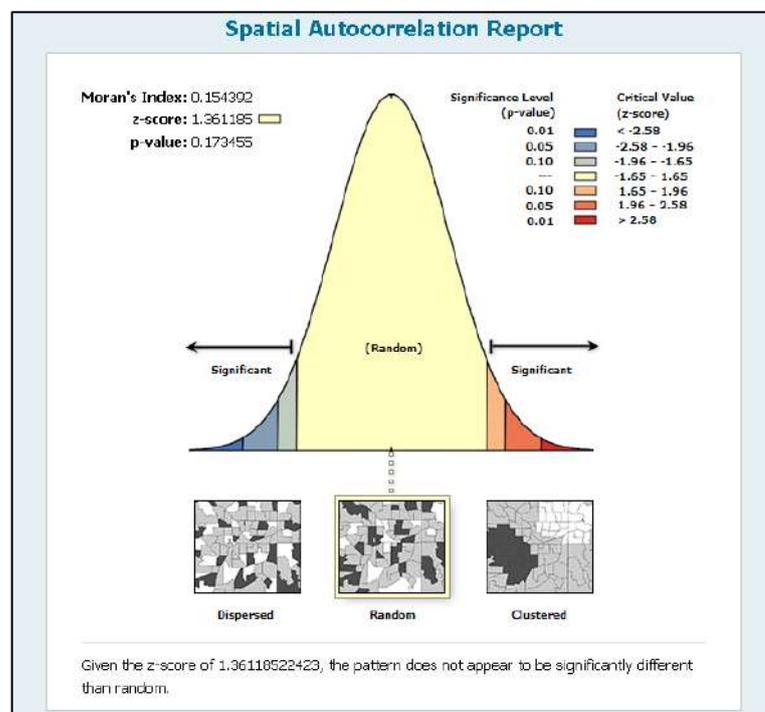


Figura 18. Reporte de resultados de la herramienta autocorrelación espacial.
Fuente: Elaboración propia.

iii. La data espacial no debe tener tendencias

Primer paso. Para analizar la posibilidad de tendencias, de manera gráfica, se aplicará la herramienta *Trend Analysis* de la barra de herramientas de *Geostatistical Analyst* (Esri, 2023). A continuación, se muestra el resultado en la siguiente figura 19.

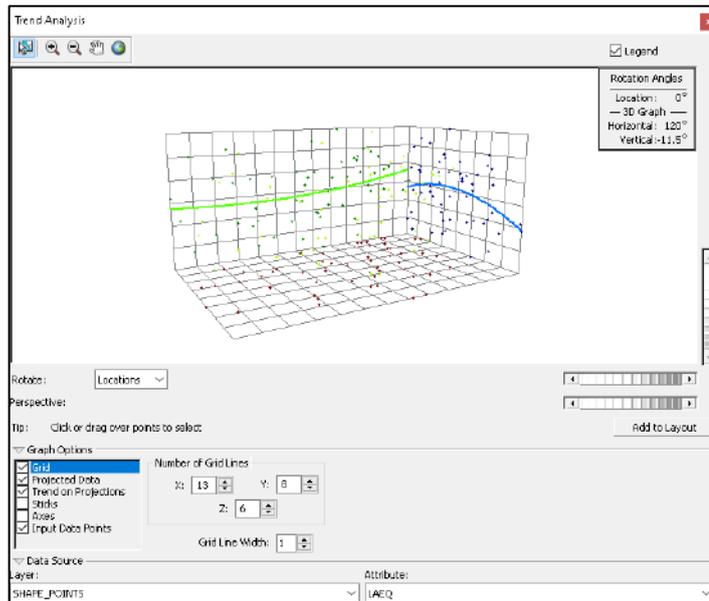


Figura 19. Ventana *Trend Analysis* aplicado a los datos de monitoreo de ruido.

Fuente: Elaboración propia.

En esta herramienta, se podrá observar si los datos siguen una tendencia que se gráfica a partir de líneas en dos direcciones, siendo la línea verde la tendencia en la dirección este-oeste y la línea azul la tendencia en la dirección sur-norte.

3.4.3 Análisis estructural de datos

Selección del variograma. Se realizó la interpolación a partir de la aplicación del Kriging Ordinario usando la función *OrdinaryKriging* de la librería de *pykriging* con el entorno de programación de Google Colaborative. Además, se calculó el error relativo en porcentaje, con el código que se describe líneas abajo.

Script:

```
variogra_model='gaussian'
```

```
data=data_list
```

```
variogra_model= variogra_model
```

```
variable_interpoler='ruido'
```

```

error_predict=[ ];ecm=[ ]; Pred=[ ]

for i in range(len(data)):

    data_validacion=data[0:i]+data[i+1:len(data)]

    data_=np.array(data_validacion)

    pt=np.array([data[i]])

    OK = OrdinaryKriging(data_[:, 1], data_[:, 0], data_[:, 2],

                        variogram_model= variogra_model,

                        verbose=False, enable_plotting=False)

    z1, ss = OK.execute('points', pt[0][1],pt[0][0])

    Pred.append(z1[0])

    ecm.append( (z1[0]-data[i][2])**2 )

    error_relativo=(abs(z1-data[i][2]))*100/data[i][2]

    error_predict.append( [ data[i][0],data[i][1],error_relativo[0]]

```

Para la selección del semivariograma ideal se usó el ECM (error cuadrático medio). De tal forma que se seleccione el semivariograma con menor ECM.

Script:

```

#Generar tabla errores interpolación

ECM=(sum(ecm))/len(ecm)

tabla_errores=pd.DataFrame(error_predict,columns=['lat','lon','error%'])

tabla_errores['krig_valor']=Pred

tabla_errores.to_excel('tabla '+variable_interpoliar+'errores prediccion
'+variogra_model+'.xlsx')

tabla_errores.head(10)

```

Almacenándose en ECM el valor del error cuadrático medio. Además, se obtuvo una tabla de errores en formato .xlsx. donde en las columnas se tienen las coordenadas de los puntos de monitoreo, el valor del error relativo y el valor predicho, como se muestra en la fig. 20.

	lat	lon	error%	krig_valor
0	278428.5923	8661416.842	4.680812	69.149429
1	278443.8365	8661522.380	5.481377	69.177849
2	278613.0076	8661831.830	2.423188	69.081409
3	278567.9852	8661544.512	0.208223	69.106238
4	278496.8059	8661436.099	8.635530	66.608869
5	278827.8333	8661459.156	2.127322	69.156924
6	278350.9809	8662374.608	8.811259	69.071714
7	278374.0622	8661852.707	3.656800	69.043734
8	278157.6358	8661404.436	3.961246	69.053334
9	278226.2881	8661175.659	10.225712	69.211067

ECM del modelo gaussiano

```
[17] Pred
      ECM
      #tabla_errores
      14.091725334283701
```

Figura 20. Previsualización de la tabla de errores y el valor del ECM en .

Fuente: Elaboración propia.

De requerirse los parámetros del semivariograma se hará uso de la función *variogram_model_parameters*.

Script: OK.variogram_model_parameters

3.4.4 Delimitación del área de interpolación

Con el valor de los datos de errores relativos se aplicará Kriging para generar un archivo de tipo Raster, donde se debe delimitar las áreas con un valor de error relativo menor o igual a 5%. Para ello primero se genera un shapefile en Arcgis de tipo punto con los valores de error relativo, como se presenta en la siguiente figura 21, a partir de la herramienta *display XY Data*.

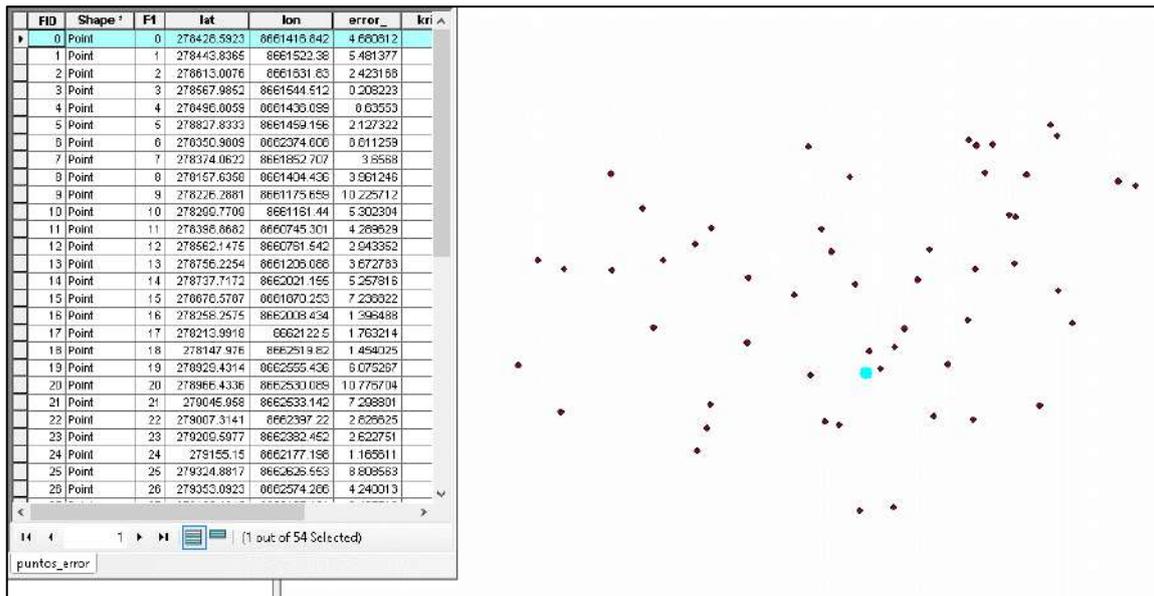


Figura 21. Shapefile de puntos y su tabla de atributos

Fuente: Elaboración propia.

Luego se carga el archivo *Marco.shp* el cual contiene el polígono que simula los límites del distrito de san isidro, para limitar el espacio de interpolación, fig. 22.

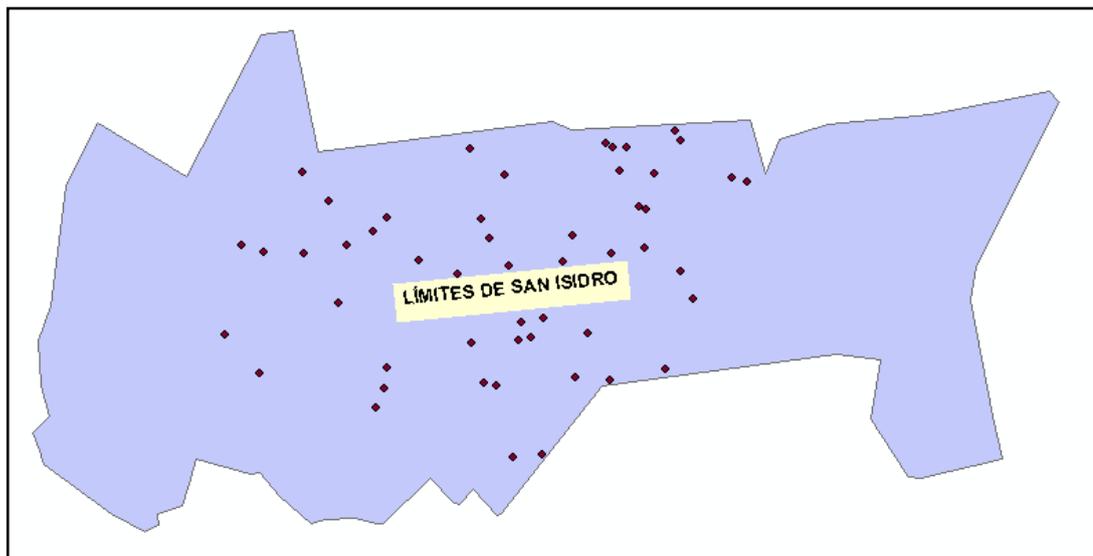


Figura 22. Polígono de límites de San isidro

Fuente: Elaboración propia.

Posterior a ello, se realiza la interpolación con la herramienta kriging, como se muestra en la figura 23, para tal fin, se debe ingresar el shapefile de puntos de error, los parámetros del variograma anteriormente seleccionado y el valor del tamaño del lag tomando en cuenta el número de lags predeterminado (nlags= 6).

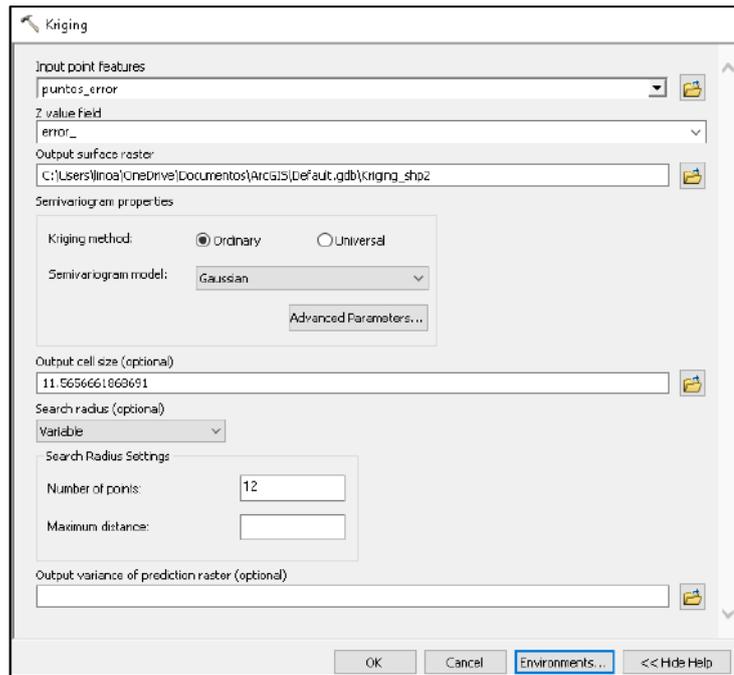


Figura 23. Aplicación de kriging al archivo de puntos de error relativo.

Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene como resultado un archivo raster, el cual debe ser reclasificado para delimitar los valores menores o iguales a 5% de error, véase la fig. 24.

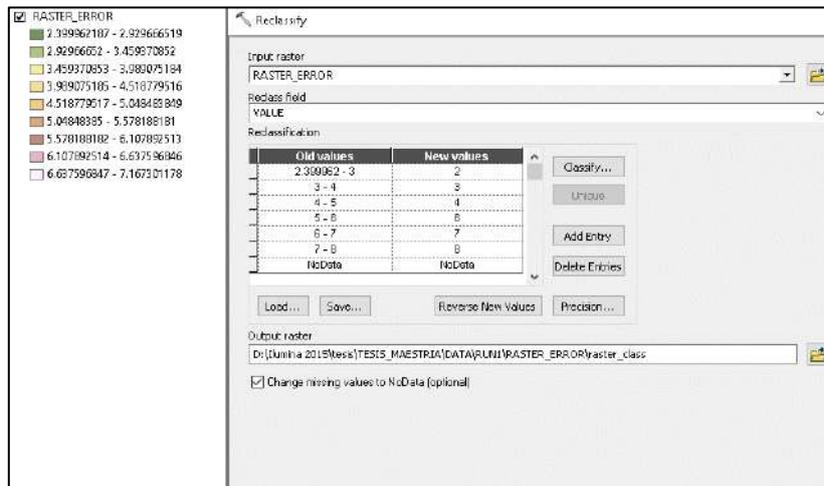


Figura 24. Reclasificación de los valores de error relativo.

Fuente: Elaboración propia.

Con el raster obtenido de nombre *raster_class*, se transformarán las zonas de error a polígono, véase la fig. 25.

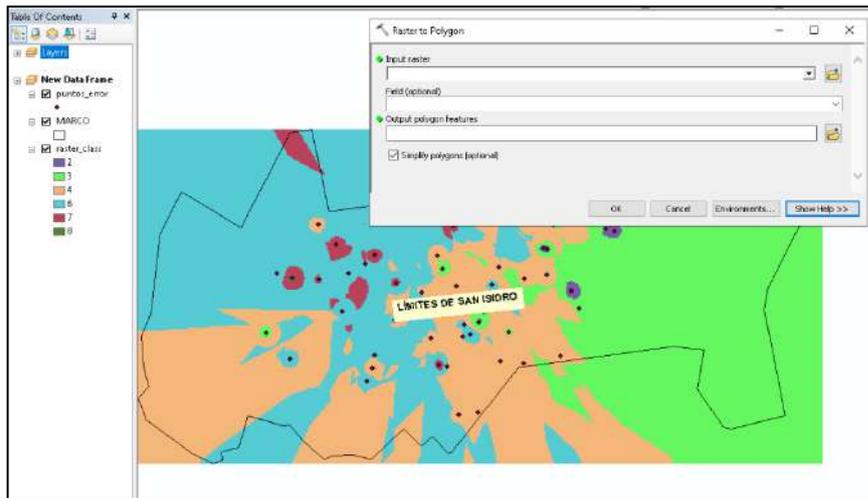


Figura 25. Aplicación de la herramienta raster to polygon
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura, se puede observar la transformación hacia polígonos, con lo cual se podrá obtener las áreas con un error menor o igual al 5% dentro de los límites del distrito, véase la fig. 26.

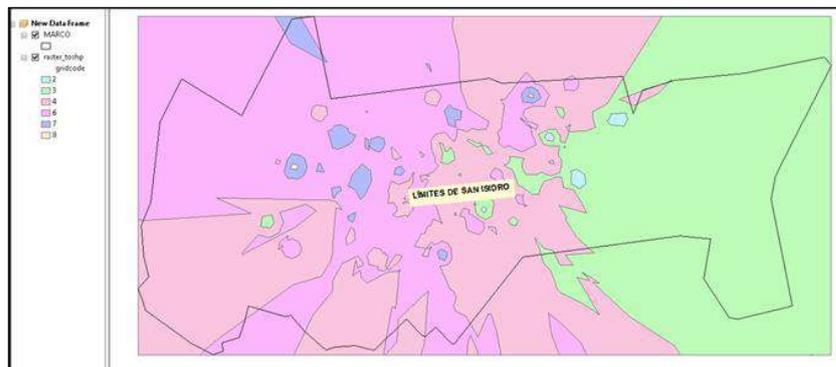


Figura 26. Shapefile de polígonos de error.
Fuente: Elaboración propia.

Antes de ejecutar la herramienta intersección se debe aplicar la herramienta *Repair Geometry*, con el objetivo de evitar errores por geometría que se hayan generado en la transformación, como se refleja en la fig. 27



Figura 27. Aplicación de la herramienta Repair Geometry
Fuente: Elaboración propia.

Luego, se debe iniciar la edición del shapefile, ordenar los datos, seleccionarlos y eliminar los shapefile con valor mayor a 5% de error relativo, como se muestra en la figura 28.

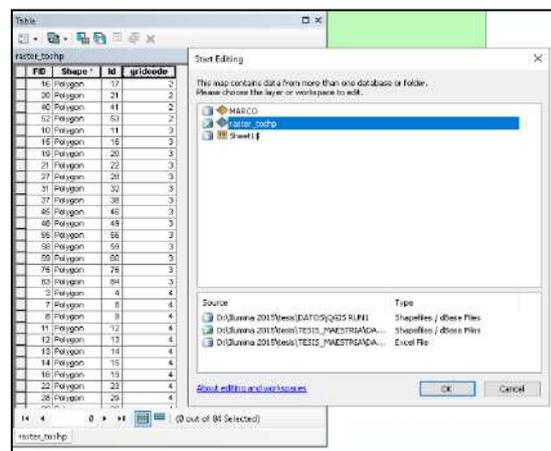


Figura 28. Sesgo de los valores mayor a 5% de error relativo
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se aplicará la herramienta intersección a los shapefile de zonificación y errores relativos, como resultado se obtiene el shapefile *zonas_error* que se observa en la figura 29. En consecuencia, las zonas resultantes deben ser el área representativa para ser tomada como diagnóstico.

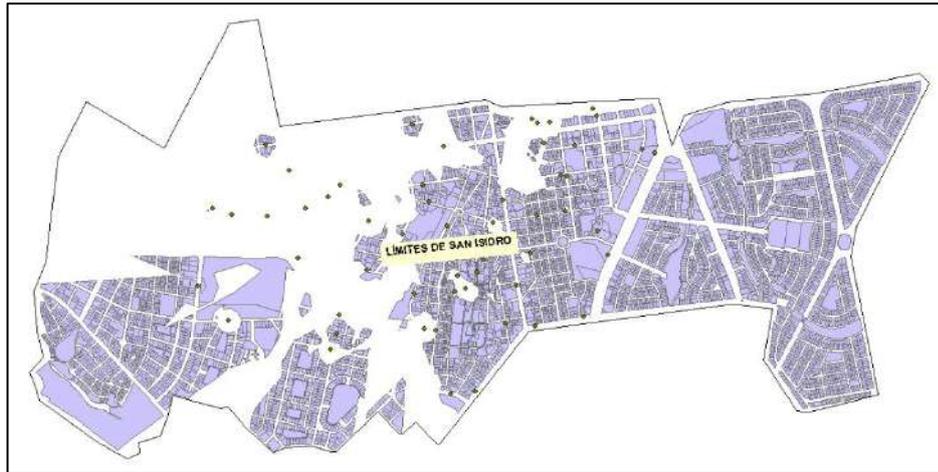


Figura 29. Resultado de la intersección entre los polígonos de zonas y errores relativos menores o iguales que 5%.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5 Generación de superficies de ruido ambiental.

Posterior al análisis de errores relativos, se inicia la aplicación de la metodología de Kriging a los valores de ruido ambiental monitoreados. Ídem a la metodología aplicada para los valores del error relativo, se obtendrá un raster producto de la interpolación de los valores de ruido ambiental, véase fig. 30, el cual debe ser transformado a un shapefile de zonas de ruido.

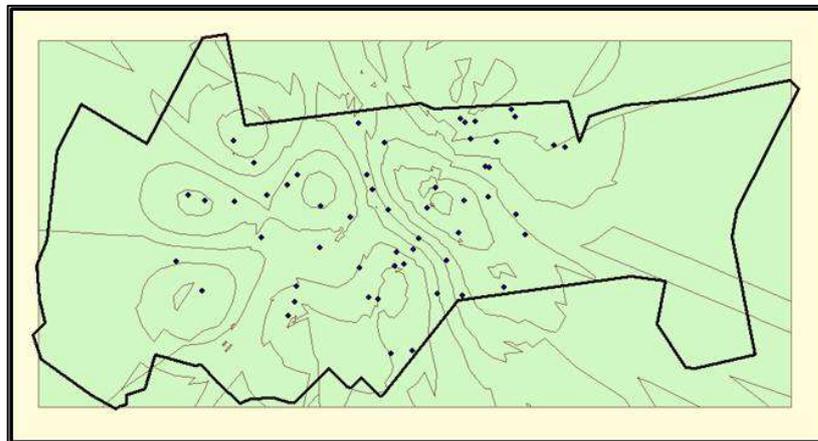


Figura 30. Shapefile de zonas de ruido.

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, se obtendrán superficies de niveles de ruido ambiental en un formato de vectorial de tipo poligonal. A continuación, se utilizará la herramienta intersección con la capa que posee la data de zonificación de uso de suelo que resultará en un archivo que comparte en su tabla de atributos la data de niveles de ruido y del tipo de zonificación.

Luego, con la herramienta “select” se deben separar los polígonos de acuerdo al tipo de zonificación, para ello se usará el código en SQL que se describen en la figura

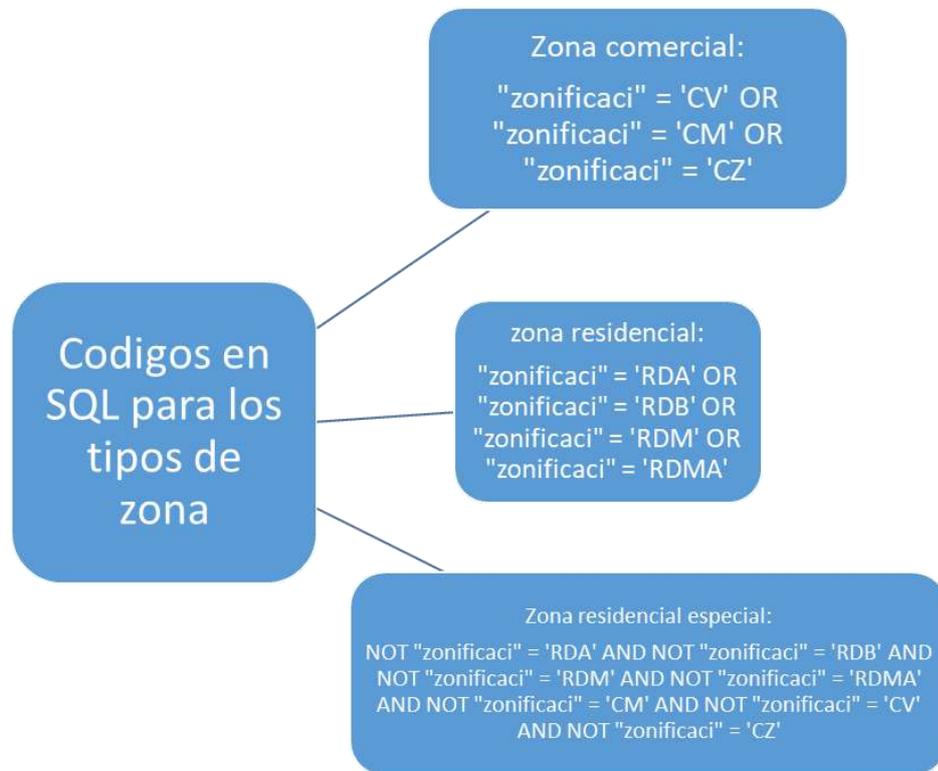


Figura 31. Códigos en SQL para los tipos de zona.
Fuente: Elaboración propia.

Como penúltimo paso, se procede a realizar la intersección del shapefile de *zonas_error*, de tal forma que se pueda analizar los resultados de la manera más representativa.

Finalmente, se representará en las superficies de los niveles de ruido con una simbología los valores que superen al estándar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

4.1.1 Monitoreo de ruido

Análisis Comparativo con los ECA's de ruido. En la tabla 4, se resume la comparación de las mediciones de LAeq para los 50 puntos de ruido monitoreados, con la columna ECA. Como se observa, en un primer momento, se supera a los ECA's de ruido de manera puntual, por ende, existe en estos puntos riesgo por contaminación sonora como máximo en un 76% del total de puntos. En el apéndice 3, se enlistan los datos de LAeq para los 5 puntos de ruido monitoreados en los cuatro trimestres.

Tabla 4

Resumen de comparaciones de LAeq de ruido diurno.

	Trimestres			
	LAeq_2021_II	LAeq_2021_III	LAeq_2021_IV	LAeq_2022_I
Porcentaje del total que supera el ECA diurno.	76.00	74.00	30.00	74.00

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Análisis exploratorio de datos: Estadística descriptiva.

Cálculo de estadísticos descriptivos. En la tabla 5, se describen los valores de los estadísticos descriptivos de centro y de dispersión. Como se puede observar, la asimetría es de tipo asimétricamente negativa a excepción del III trimestre. En cuanto a la curtosis, en los dos primeros trimestres se mantiene como una distribución platicúrtica, mientras que en los dos últimos trimestres es leptocúrtica.

Tabla 5*Estadísticos descriptivos*

Parámetros	I Trimestre	II Trimestre	III Trimestre	IV Trimestre
	L _{Aeq_2021_I} I	L _{Aeq_2021_III}	L _{Aeq_2021_I} V	L _{Aeq_2022_I} I
N	50	50	50	50
Media	68.8240	68.8980	69.4720	69.7140
Mediana	69.8500	69.3500	69.8000	70.2500
Desv. Desviación	4.69161	4.33455	4.48608	4.20233
Asimetría	-0.121	-0.413	0.167	-0.619
Curtosis	-0.410	-0.640	0.880	0.099
Mínimo	58.90	58.80	59.50	57.60
Máximo	79.80	76.10	83.60	76.50

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de caja. Como parte del análisis descriptivo, se graficaron los diagramas de caja para los cuatro trimestres. En la tabla 6, se muestra el resumen de procesamiento de casos en el cual se observa que no hay casos perdidos. Donde n es la cantidad de datos de la muestra.

Tabla 6*Resumen del procesamiento de datos en diagramas de cajas.*

Trimestres	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	n	Porcentaje	n	Porcentaje	n	Porcentaje
L_{Aeq_2021_II}	50	100.0%	0	0.0%	50	100.0%
L_{Aeq_2021_III}	50	100.0%	0	0.0%	50	100.0%
L_{Aeq_2021_IV}	50	100.0%	0	0.0%	50	100.0%
L_{Aeq_2022_I}	50	100.0%	0	0.0%	50	100.0%

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al gráfico de cajas para los cuatro trimestres, como se muestra en la figura 31, se tiene un dato para el tercer trimestre que se encuentra fuera de los extremos del diagrama de caja. Sin embargo, este dato no se ha considerado outlier o anómalo, debido a que en el informe de la MSI (2021) se menciona que el valor de la medición se registró mientras se estaban realizando actividades de construcción.

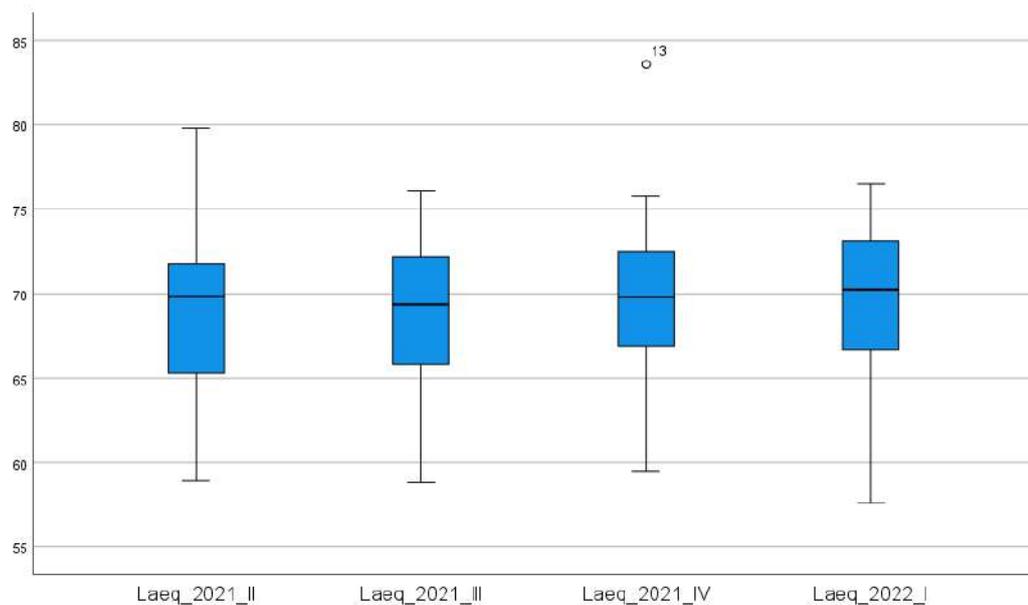


Figura 32. Diagramas de caja para los cuatro trimestres.

Fuente. Elaboración propia.

4.1.3 Validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales.

Se procedió a aplicar los criterios para los datos espaciales de ruido en los 4 trimestres, respectivamente.

i. Test de distribución normal

Se procedió a realizar el test de la distribución normal en el software SPSS, a continuación, se resumen los resultados en la tabla 7.

Tabla 7

Resumen de resultados de las pruebas de normalidad

Trimestres	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		Cumple la condición de normalidad
	Estadístico	Sig. (p)	
Laeq_2021_II	0.969	0.221	Sí
Laeq_2021_III	0.965	0.145	Sí
Laeq_2021_IV	0.973	0.296	Sí
Laeq_2022_I	0.961	0.097	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, en los cuatro trimestres los datos semejan el comportamiento de una distribución normal.

ii. La data espacial debe ser estacionaria

Se aplicó la herramienta de auto correlación espacial o índice de I moran para verificar la estacionariedad de los datos de monitoreo de ruido y a la data de errores relativos de los cuatro trimestres, respectivamente. Los resultados se resumen en la tabla 8, mientras que los reportes completos se anexan en el apéndice 4.

Tabla 8

Resumen de resultados del test autocorrelación espacial o índice de I moran

	Trimestre			
	LAEq_2021_II	LAEq_2021_III	LAEq_2021_IV	LAEq_2022_I
Resultado de I Moran data de LAeq de ruido	Datos estacionarios	Datos estacionarios	Datos estacionarios	Datos estacionarios
Resultado de I Moran para los errores relativos de la data de LAeq de ruido	Datos estacionarios	Datos estacionarios	Datos estacionarios	Datos estacionarios

Fuente: Elaboración propia

iii. La data espacial no debe tener tendencias.

Se aplicó la herramienta Trend Analysis para verificar si la data de LAeq de ruido y los errores relativos de la data de LAeq de ruido, donde se observó que los datos no siguen una tendencia ni en la dirección este-oeste y sur-norte. El resumen de los resultados del análisis de tendencia se describe en la tabla 9, mientras los gráficos de tendencia se encuentran en el apéndice 5.

Tabla 9

Resumen de los resultados del análisis de tendencias.

	Trimestre			
	LAEq_2021_II	LAEq_2021_III	LAEq_2021_IV	LAEq_2022_I
Tendencia en la dirección este-oeste de LAeq de ruido.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.
Tendencia en la dirección sur-norte para los errores relativos de la data de LAeq de ruido.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.

Tendencia en la dirección este-oeste para los errores relativos de la data de LAeq de ruido.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.
Tendencia en la dirección sur-norte para los errores relativos de la data de LAeq de ruido.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.	No presenta tendencia.

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Análisis estructural de datos

Se realizó el cálculo del error cuadrático medio para la data de LAeq de ruido de los cuatro trimestres con 3 tipos de modelos de semivariograma, a partir de la aplicación del Kriging Ordinario. Se realizó en el entorno de programación de Google Colaborative y en lenguaje de Python. Los resultados se resumen en la tabla 10.

Tabla 10

Resumen de resultados del cálculo del error cuadrático medio (ECM) para los datos de LAeq data de ruido.

TIPO DE MODELO DE VARIOGRAMA	ECM para LAeq Data			
	Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Gaussiano	22.4941	19.8517	19.6083	17.9885
Esférico	22.466	19.7699	18.8253	18.0181
Exponencial	22.4561	20.1537	19.6791	18.0212
Lineal	22.4604	19.333	20.5356	18.0199

Fuente: Elaboración propia

A partir del menor resultado de ECM para la data de LAeq de cada trimestre, se seleccionó el modelo de semivariograma a ser empleado en la interpolación. A continuación, en la tabla 11 se resumen los parámetros de cada semivariograma elegido.

Tabla 11

Resumen de parámetros de los modelos de semivariograma para los datos de LAeq de ruido.

Parametros	Trimestres			
	Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Tipo de semivariograma	Exponencial	Esférico	Esférico	Gaussiano
Partial sill	17.0402475	0.679154945	0.00131868	9.30346616

Range	3.76045517	2412.53695	401.386082	2.83507452
Nugget	1.28421524	17.7792804	17.4109708	6.1593393

Fuente: Elaboración propia

También se realizó el cálculo del ECM para el conjunto de errores relativos de la data de LAeq de ruido de los cuatro trimestres con 3 tipos de modelos de semivariograma. Los resultados se resumen en la tabla 12.

Tabla 12.

Resumen de resultados del cálculo del error cuadrático medio (ECM) para los datos de error relativo de LAeq data.

TIPO DE MODELO DE SEMIVARIOGRAMA	ECM para el error relativo de LAeq Data			
	Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Gaussiano	16.6722	16.1476	15.3735	15.0574
Esférico	17.7578	16.1566	15.2346	15.120
Exponencial	16.6998	16.1470	15.2613	15.151

Fuente: Elaboración propia

A partir del menor resultado de ECM para los datos de errores relativos de la data de LAeq de ruido para cada trimestre; a partir de ello, se seleccionó el modelo de semivariograma a ser empleado en la interpolación. En la tabla 13 se resumen los parámetros de cada semivariograma elegido.

Tabla 13

Resumen de parámetros de los modelos de semivariograma para los datos de errores relativos de LAeq de ruido.

Parametros	Trimestre			
	Error relativo de Laeq_2021_II	Error relativo de Laeq_2021_III	Error relativo de Laeq_2021_IV	Error relativo de Laeq_2022_I
Tipo de semivariograma	Gaussiano	Exponencial	Esférico	Gaussiano
Partial sill	10.6032852	2.71516061	9.00803365	10.5211332
Range	2.83324358	2.8511072	103.229934	2.83487728
Nugget	1.77608558	12.0445324	2.15937922	0.59310564

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Delimitación del área de interpolación.

Posterior a la aplicación de la metodología para la interpolación de los datos de errores relativos, se realizó la intersección con el área total de estudio. Producto de este análisis se obtuvieron los porcentajes de área de tal forma que posean igual o mayor que 95% de confiabilidad para cada trimestre, respectivamente. Se resume los resultados en la tabla 14, y se anexa los mapas obtenidos en el apéndice 6.

Tabla 14*Resumen de resultados de la delimitación del área de interpolación.*

	Trimestre			
	Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Area total	6931586.058	6931586.058	6931586.058	6931586.058
Area ≥ 95% de confiabilidad	2269206.836	2269171.456	2125596.131	4176336.818
Porcentaje ≥ 95% de confiabilidad del área total	32.73	32.73	30.66	60.25

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Predicción espacial

Se realizó la aplicación de la metodología para la interpolación a los datos de LAeq de ruido para los cuatro trimestres, producto de este análisis se obtuvieron las superficies de niveles de ruido y se compararon con el ECA ruido para cada zona. Se resumen los resultados obtenidos en la tabla 15, y se anexa los mapas obtenidos en el apéndice 7.

Tabla 15*Resumen de los resultados de predicción espacial.*

Área	Trimestre			
	Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Área total (m²)	6931586.058			
Área total de la zona residencial (m²)	3728490.72			
Área total de la zona protección especial (m²)	2078947.99			
Área total de la zona comercial (m²)	1124147.33			
Área que supera el ECA residencial (m²)	3728490.726	3728490.726	3728490.726	3728490.72
Área que supera el ECA protección especial (m²)	2078947.994	2078947.994	2078947.995	2078947.992
Área que supera ECA comercial	86317.83199	8069.87427	395733.878	265834.1053
Porcentaje que supera el ECA ruido para la zona	100%	100%	100%	100%

residencial del área total de la zona residencial				
Porcentaje que supera el ECA de ruido para la zona de protección especial del área total de la zona protección especial	100%	100%	100%	100%
Porcentaje que supera el ECA ruido para la zona comercial del área total de la zona comercial	7.67%	0.71%	35.20%	23.64%
Porcentaje que supera el ECA ruido para la zona comercial del área total de estudio	1.24%	0.11%	5.70%	3.83%

Fuente: Elaboración propia

Criterio de los 5 dB. Finalmente, no solo se realizó la comparación con el ECA, sino que sobre las superficies de niveles de ruido se clasificaron las zonas bajo el criterio de los 5 dB. Se resumen los resultados obtenidos en porcentajes del área total para cada zona, respectivamente, en la tabla 16 y se anexa los mapas obtenidos en el apéndice 8.

Tabla 16

Resumen de la clasificación bajo el criterio de los 5 dB.

		Trimestres			
		Laeq_2021_II	Laeq_2021_III	Laeq_2021_IV	Laeq_2022_I
Zona comercial	Alta	92.32%	99.28%	64.80%	76.35%
	Muy alta	7.68%	0.72%	35.20%	23.65%
Zona residencial	Aceptable	1.25%	0.00%	0.59%	0.00%
	Alta	82.32%	99.56%	77.16%	83.63%
	Muy alta	16.43%	0.44%	22.25%	16.37%
Zona de protección especial	Aceptable	2.30%	0.00%	0.17%	0.00%
	Alta	87.28%	99.44%	78.61%	70.10%
	Muy alta	10.42%	0.56%	21.23%	29.90%

Fuente: Elaboración propia

4.2 Contrastación de hipótesis

En los siguientes apartados se describen las pruebas de inferencia estadística realizadas para contrastar las hipótesis planteadas, cabe mencionar que únicamente se ha planteado la hipótesis general, primera hipótesis específica y la quinta hipótesis específica; ya que para los demás objetivos específicos no aplica, ya que el alcance en estos es descriptivo y únicamente se podría realizar la formulación de hipótesis para el caso en el que se pronostica un hecho o dato (Hernandez Sampieri, 2014).

4.2.1. Prueba de hipótesis general

Hipótesis nula (Ho) El riesgo por contaminación sonora es independiente del ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

Hipótesis alterna (Ha): El riesgo por contaminación sonora depende del ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

De tal forma que si el p valor es menor que 0.05 se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

Pero si el p valor es mayor que 0.05 se acepta la Ho.

Tabla 17
Prueba de hipótesis general.

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.^{a,b}	Decisión
La distribución del ruido ambiental es la misma entre categorías de Riesgo por contaminación sonora.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechace la hipótesis nula.

Fuente: Elaboración propia

De este modo, como se observa en la tabla 17, se acepta la hipótesis alterna, en consecuencia, si existe dependencia entre el riesgo por contaminación sonora y el

ruido ambiental de las principales fuentes móviles lineales en el distrito de San Isidro para el periodo 2021-2022.

4.2.2. Prueba de la primera hipótesis específica

Hipótesis nula (Ho): Los niveles de ruido ambiental diurno de fuentes móviles lineales se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

Hipótesis alterna (Ha): Los niveles de ruido ambiental diurno de fuentes móviles lineales no se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

De tal forma que si el p valor es menor que 0.05 se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

Pero si el p valor es mayor que 0.05 se acepta la Ho.

Tabla 18

Prueba de la primera hipótesis específica.

Trimestres	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Sig. (p)	Cumple la condición de normalidad
Laeq_2021_II	0.969	0.221	Sí
Laeq_2021_III	0.965	0.145	Sí
Laeq_2021_IV	0.973	0.296	Sí
Laeq_2022_I	0.961	0.097	Sí

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, como se observa en la tabla 18, se acepta la hipótesis nula, en consecuencia, los niveles de ruido ambiental diurno de fuentes móviles lineales se distribuyen normalmente en el distrito de San Isidro, respectivamente para cada trimestre del 2021-2022.

4.2.2. Prueba de la quinta hipótesis específica

Hipótesis nula (Ho): No existe una diferencia entre los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA que permitirá determinar la influencia en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021- 2022.

Hipótesis alterna (Ha): Existe una diferencia entre los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA que permitirá determinar la influencia

en el riesgo por contaminación sonora en el distrito de San Isidro para el periodo 2021- 2022.

De tal forma que si el p valor es menor que 0.05 se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

Pero si el p valor es mayor que 0.05 se acepta la Ho.

Tabla 19

Prueba de la quinta hipótesis específica.

Pruebas de chi-cuadrado			
	Valor	gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	8,000 ^a	6	,238

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, como se observa en la tabla 19, se acepta la hipótesis nula, en consecuencia, no existe una diferencia entre los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 Discusión de resultados

En el cuarto trimestre del 2019 (Meza, 2020), el 83.3% del total de puntos de ruido diurno monitoreados evidenciaban que existía, de manera puntual, riesgo por contaminación sonora. A la fecha ese porcentaje se ha visto reducido al primer trimestre del 2022 a un 74%, además que, en ese lapso de tiempo, se alcanzó el valor mínimo de un 30% del total de puntos que superaban el ECA ruido en el cuarto trimestre del 2021.

Cabe mencionar que en relación a lo mencionado por Prudencio V. (2022) sobre que el incremento del nivel de ruido ambiental y el flujo vehicular es directamente proporcional. En este estudio, se ha probado a partir de la hipótesis general, que existe una relación entre el riesgo por contaminación sonora y el ruido ambiental generado por las fuentes móviles lineales. Por ende, las consecuencias como el estrés que menciona Fernandez & Quispe (2022) en la avenida abancay, es una realidad para las zonas residencial y de protección especial donde se demuestra que se supera el ECA ruido, respectivamente. Sin dejar de lado las zonas comerciales, en las cuales se evidencia un incremento hacia el último trimestre del 2021. Posiblemente a causa de mala práctica al uso de las bocinas y un mal sistema de distribución de semáforos, como menciona Villano J. para las zonas comerciales del distrito de Villa Maria del triunfo.

Por otro lado, es necesario ampliar las redes de monitoreo, como menciona Cahuana & Mesias (2022) para el distrito de Chimbote, en otras palabras, incrementar los puntos de monitoreo de ruido o implementar tecnología de monitoreo constante; ya que como se evidencia en la delimitación del área de interpolación de los cuatro trimestres evaluados como máximo se tuvo un 60% del área total con un 95% de confiabilidad. Ya que es necesario tener mapas de ruido ambiental que sean representativos para tomar medidas de control contundentes y efectivas, para mitigar el efecto de las fuentes móviles como moto-

taxis, automóviles, motocicletas y otros (Raymundo E., 2022) para reducir el área que supera el ECA ruido.

Finalmente, se debe mencionar también que, en ninguno de los estudios nacionales citados, se hizo uso de la metodología de cálculo de semivariogramas o de cálculos de errores relativos, lo cual podría haber sumado en tener valores más precisos al momento de aplicar la metodología de kriging ordinario para la interpolación de datos.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Como parte de la validación de los criterios para la aplicación de kriging a los datos espaciales, se concluye que los niveles de ruido ambiental diurno se distribuyen normalmente para cada trimestre del 2021-2022, respectivamente.

En el apartado de análisis estructural de datos de LAeq para el ruido ambiental diurno, se caracterizaron los tipos de semivariograma teórico. Es así que para el I trimestre corresponde un modelo de tipo exponencial, al II y III trimestre le corresponde un modelo esférico y por último al IV trimestre un modelo gaussiano.

En el desarrollo de la delimitación del área de interpolación de ruido diurno, se identificaron los porcentajes del área total de interpolación con un 95% de confiabilidad en el distrito de san isidro, siendo de 32.73% para el I y II trimestre, de 30.66 para el III trimestre y 60.25 para el IV trimestre.

De la clasificación de los niveles de ruido diurno bajo la escala del criterio de valoración de los 5 dB se encontró que en general en ninguno de los trimestres para la zona residencial es aceptable, más sí predomina las zonas de alta valoración, seguido de muy alta. En cuanto a la zona comercial, se presentan zonas aceptables únicamente en el I y III trimestre, mientras que en los demás trimestres predomina la valoración de alta. Luego, en la zona de protección especial se presentan zonas aceptables únicamente en el I y III trimestre, ya que en general predomina la valoración alta en los cuatro trimestres.

También se compararon los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA, en conclusión, se tiene suficiente evidencia para mencionar que no existe una diferencia entre los porcentajes de los niveles de ruido diurno.

Por último, se cuantifico el porcentaje del área total que supera el ECA de ruido diurno, en primer lugar, del 100% del total de la zona en los cuatro trimestres para la zona residencial. para la zona de protección especial de igual forma se tiene el 100% del área total de la zona para los cuatro trimestres. Y para la zona comercial en el primer trimestre se tiene un 7.67%, el mínimo en el II trimestre con 0.71%, el máximo valor en el III trimestre con 35.20% y por último 23.64% en el cuarto trimestre.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda validar las condiciones, como la prueba de normalidad, para que el uso del kriging ordinario se una técnica óptima (Gisgeography, 2022). En otros casos es posible aplicar transformaciones logarítmicas u de otro tipo que se pueden realizar a través de la herramienta Geostatistical Wizard de Arcgis (ESRI, 2023).

En cuanto la caracterización del tipo semivariograma teórico de ruido ambiental diurno, se recomienda optar por la comparación del error cuadrático medio para la elección del modelo. Además, es posible comparar con los modelos que ofrece el Geostatistical Wizard de Arcgis por defecto (ESRI, 2023)

Al momento de realizar la interpretación de un área con superficies de ruido producto de la predicción espacial, se recomienda que en la zona de estudio se alcance un 95% de confiabilidad. Para tal fin podría ser necesario establecer más puntos de monitoreo de ruido en lugares estratégicos de tal forma que el error relativo se reduzca.

Dada la evaluación en una zona clasificado, se recomienda contrastar la clasificación establecida con un muestreo de validación en puntos estratégicos para una mejor toma de decisiones.

A futuro, para comparar los porcentajes de los niveles de ruido ambiental diurno que superan el ECA, se recomienda ampliar la red monitoreo de ruido ambiental.

Finalmente, para la cuantificación de los porcentajes del área total que super el ECA de ruido diurno en las zonas residencia, protección especial y comercial de cada trimestre es necesario realizar el estudio bajo los criterios de validación de aplicación del kriging ordinario y en conjunto considerar la condición del 95% de confiabilidad.

REFERENCIAS

7.1 Fuentes documentales

No se emplearon fuentes documentales.

7.2 Fuentes bibliográficas

Alsafadi, K., S., M., A., M., Sharaf, M., & He, H. (2021). Fine-resolution precipitation mapping over Syria using local regression and spatial interpolation. *Atmospheric Research- Elsevier*, 1-16.

Archana, R., & Harshan, K. G. (2020). Mapping and Assesment of Noise Pollution Using gis In. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1215-1222.

Cahuana S., J. M., & Mesias S., T. (Febrero de 2022). Modelamiento ambiental aplicando el software soundplan en la evaluación de la contaminación sonora del distrito de Chimbote, provincia Del Santa, región Ancash. Chimbote, Santa, Ancash-Peru: Universidad Peruana Unión.

Chica-Olmo, M. (2005). La geoestadística como herramienta de analisis espacial de datos inventario forestal. *Actas de la reunion de inventario y teledeteccion forestal*, 49-51.

Diario oficial del bicentenario el Peruano. (23 de Octubre de 2003). DECRETO SUPREMO N° 085-2003-PCM. *Aprueban Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*. Lima, Lima, Peru: Editora Perú.

Diario Oficial del Bicentenario el Peruano. (1 de Agosto de 2013). Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAM. *Protocolo Nacional de Monitoreo Ambiental*. Lima, Peru: Editora Peru.

Diario oficial del bicentenario el Peruano. (22 de Noviembre de 2020). Ordenanza 530-MSI. *Aprueban Ordenanza de Prevención y Control de Calidad Ambiental en el Distrito* . Lima, Peru: Editora Peru.

Ertugrul, E., & Sercan, E. (2021). GIS-based mapping and assessment of noise pollution in Safranbolu, Karabuk, Turkey. *Environment, Development and Sustainability*, 15413-15431.

Espada, S. (Abril de 2022). El transporte público de lima en el siglo XXI. *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil*. Lima, Lima, Peru: Pontificia Universidad Católica Del Perú.

Fernandez, L., & Quispe, C. (Marzo de 2022). *La contaminación sonora vehicular y su influencia con el estrés laboral en la Avenida Abancay, Lima - Perú* . Centro de Lima, Lima metropolitana, Peru: Universidad Peruana Unión.

- Fidelis O. Ajibade, e. a. (2021). Environmental pollution and their socioeconomic impacts. *Microbe Mediated Remediation of Environmental Contaminants*, 321-354.
- Fink, D., & Mayes, J. (2021). Too loud! Non-occupational noise exposure causes hearing loss. *Proceedings of Meetings on Acoustics- Acoustical Society of America*, 1-13.
- Fuenzalida, M., Buzai, G. D., Moreno Jiménez, A., & García de León, A. (2015). *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones*. Chile: Editorial Triangulo.
- Giraldo, R. H. (2002). *Introducción a la Geostatística*. Colombia: Bogotá: Departamento de estadística. Universidad Nacional de Colombia.
- Harman, B. I., Koseoglu, H., & Ozer Yigit, C. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 147-157.
- Infante, R., & Pérez, J. (2021). La contaminación acústica generado por el transporte terrestre y su implicancia en el estrés en los habitantes en la zona oeste de ate, Lima-Perú. *Polo del conocimiento*, 616-630.
- Latif, S., Rashid, H., & Nasir, A. (2022). Impact Assessment of Traffic Noise in a Densely Populated Industrial City, Faisalabad Pakistan Using Geostatistical Approach and Development of Sustainable Transportation System Framework. *Geology, Ecology, and Landscape*, 1-15.
- Luja, M. D., Reyes, A. A., & García, M. G. (2014). El individualismo como elemento que influye en la vida y configuración de la ciudad. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 59-71.
- MSI. (2020). *Informe via remoto N°006-2020-CSNT*. Lima.
- Municipalidad de San Isidro. (13 de Junio de 2022). Informe N° 038-2022-CSNT: Informe del primer monitoreo de la contaminación sonora del distrito de San Isidro del año 2022. Lima, Lima, Peru.
- Murphy, E., & King, E. (2014). *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*. Netherlands: Elsevier.
- Piedra G., J. P., & Garzón V., X. P. (2022). *Medicina preventiva, ocupacional y ambiental- La Higiene Industrial*. Colombia: Manual Moderno.
- Portillo Medina, J. A. (Diciembre de 2013). Desarrollo de un semivariograma periódico para series temporales de preicipitación. Santiago de queretaro, Mexico: Universidad Autonoma de Queretaro.
- Prudencio V., G. M. (Diciembre de 2022). Evaluación y modelamiento del ruido ambiental del casco urbano del distrito de Huaraz, Ancash -2022. Huaraz, Ancash, Peru: Universidad Peruana Unión.
- Rashad, M., El-Qady, G., & Ushijima, K. (2000). Selection of variogram models. *Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University*, 105-116.

- Raymundo C., E. (Febrero de 2022). “Influencia del contexto pandemia COVID-19 sobre el nivel de ruido ambiental en el mercado modelo de la ciudad de huánuco distrito, provincia y región de Huanuaco – 2020”. Huanuco, Huanuco, Peru: Universidad de Huanuco.
- Romero S., M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 105-114.
- Sábato, E. (2000). *La resistencia*. Barcelona: Seix Barral.
- Schafer, R. M. (1994). *Our Sonnic Environment and The Soundscape The tuning of the world*. Vermont: Destiny books.
- Villano Alvarez, J. A. (2022). *Ruido Ambiental por Transporte Vehicular en la Av. 26 de Noviembre y sus Efectos en la Salud Pública, Distrito Villa María del Triunfo, Lima, 2021*. Villa Maria del Triunfo, Lima, Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Villarreal-Macés, Gustavo, S., Díaz-Viera, & Alberto., M. (2018). Estimación geoestadística de la distribución espacial de la precipitación media mensual y anual en Nuevo León, México (1930-2014). *Tecnología y ciencias del agua*, 106-130.
- Zou, D., & Zou, Y. D. (2019). Study on Inversion of Measured Point Acoustic Source of Traffic Noise on 2-D Space based on Geostatistical Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1-9.

7.3 Fuentes hemerográficas

No se emplearon fuentes hemerográficas.

7.4 Fuentes electrónicas

- Ayuntamiento de Bilbao. (Enero de 2000). *Documento resumen- Mapa de ruidos de Bilbao*. Recuperado el 24 de Marzo de 2023, de Portal web del ayuntamiento de Bilbao:
https://www.bilbao.eus/castella/mambiente/mapa_acustico/resumen_2000.pdf
- Digesa. (s.f.). *Portal web de la DIGESA*. Recuperado el 02 de Abril de 2023, de Normas en consulta:
http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Vigilancia%20de%20la%20Salud%20de%20los%20Trabajadores%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf
- E. viro, G., & al, e. (Febrero de 2002). *Protocolo de mediciones para trazado de mapas de ruido normalizados*. Recuperado el 24 de Marzo de 2023, de Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura- Universidad Nacional de Rosario:
<https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/protoc-fiuba.pdf>
- ESRI. (14 de Febrero de 2023). *Cómo funciona Kriging*. Obtenido de ArcGIS for Desktop:
<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-kriging-works.htm>

- ESRI. (14 de Febrero de 2023). *Kriging (Spatial Analyst)*. Obtenido de ArcGIS for Desktop: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/kriging.htm>
- Esri. (07 de Febrero de 2023). *Resources for ArcMap- Cómo funciona Autocorrelación espacial (I de Moran global)*. Obtenido de Arcgis Desktop: [https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm#:~:text=La%20herramienta%20Autocorrelaci%C3%B3n%20espacial%20\(I,agrupado%2C%20disperso%20o%20es%20aleatorio.](https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/h-how-spatial-autocorrelation-moran-s-i-spatial-st.htm#:~:text=La%20herramienta%20Autocorrelaci%C3%B3n%20espacial%20(I,agrupado%2C%20disperso%20o%20es%20aleatorio.)
- Esri. (07 de Febrero de 2023). *Resources for ArcMap- Exercise 2: Exploring your data- Create a normal QQ plot*. Obtenido de Arcgis Desktop: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/exercise-2-exploring-your-data.htm>
- Esri. (07 de Febrero de 2023). *Resources for ArcMap- Trend Analysis*. Obtenido de Arcgis Desktop: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/geostatistical-analyst/trend-analysis.htm>
- European Commission. (04 de Noviembre de 1996). *Política futura de lucha contra el ruido- Libro verde de La Comisión Europea*. Recuperado el 24 de Marzo de 2023, de Portal web de la oficina de publicaciones de la union europea: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8d243fb5-ec92-4eee-aac0-0ab194b9d4f3/language-es/format-PDF>
- Gisgeography. (9 de Noviembre de 2022). *gisgeography*. Obtenido de <https://gisgeography.com/>
- Gobierno Vasco. (14 de Febrero de 2023). *BIRTH LH*. Obtenido de https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/PPFM/VP/VP07/es_PPFM_VP07_Contenidos/website_22_campana_de_gauss.html#
- González, A. E. (2017). *Acústica Ambiental- Cuaderno I*. Recuperado el 23 de Marzo de 2023, de Portal web de la facultad de ingeniería de la Universidad de la Republica Uruguay: <https://www.fing.edu.uy/imfia/grupos/contaminacion-acustica/archivos/01%20Cuaderno%201%20Conceptos%20iniciales%202017%20clog%20reviso%20ejemplos.pdf>
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Portal de la Universidad florencio del castillo de Cartago*. Recuperado el 23 de Marzo de 2023, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Martínez Ll., J., & Peters, J. (2015). *Contaminación acústica, 3er ed.* Madrid: Ecologistas en Acción. Obtenido de https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/cuaderno_ruido_2013.pdf
- Meza Lino, J. C. (2020). *Repositorio de la UNTELS*. Obtenido de <https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/603>
- Olaya, V. (8 de julio de 2020). *Sistemas de Información Geográfica- Un libro libre*. Obtenido de Conceptos básicos para el análisis espacial:

https://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Analisis_especial.html#:~:text=Podemos%20decir%20que%20existe%20una,conforme%20nos%20alejamos%20del%20ecuador.

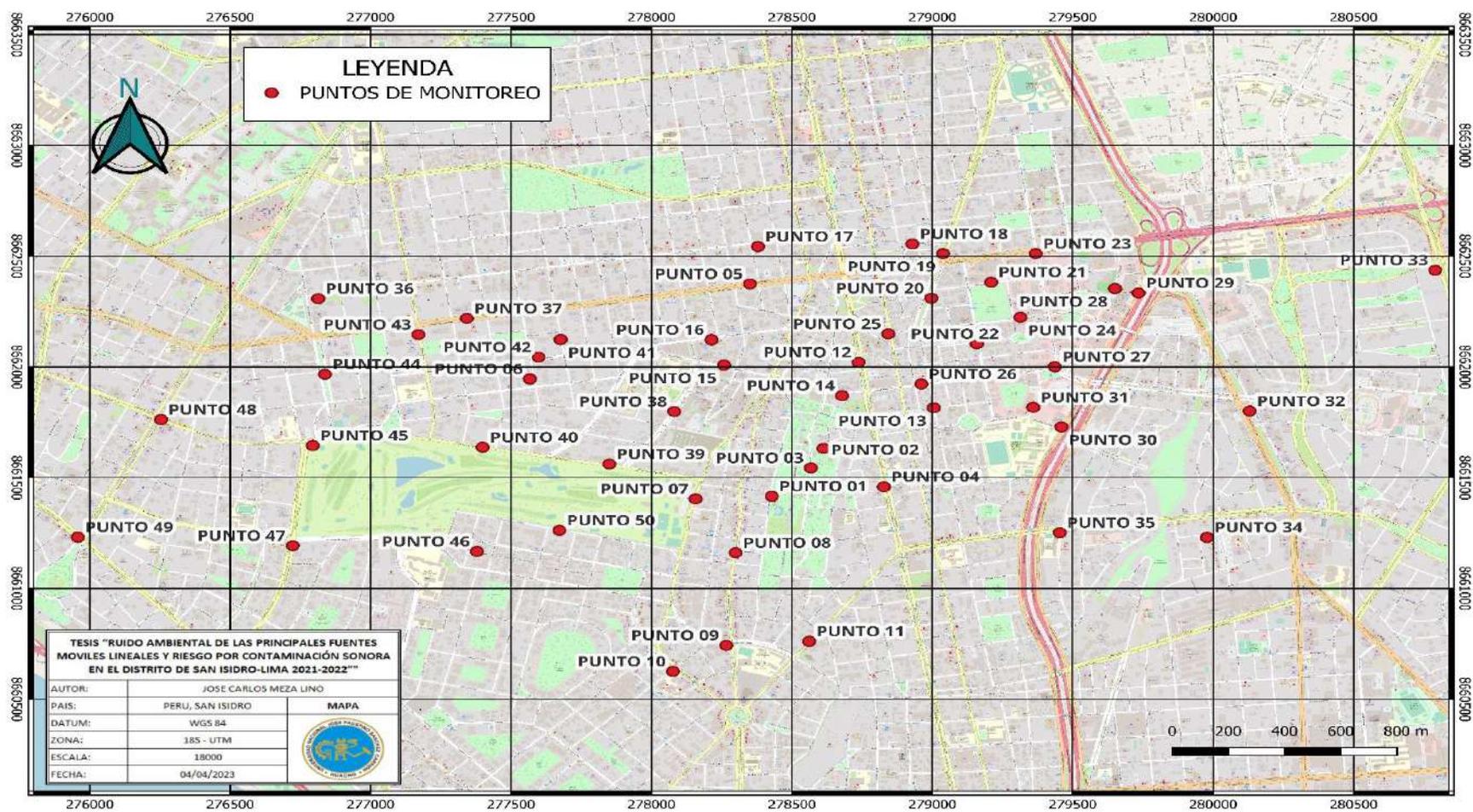
Posadas Ch., A. M. (14 de Febrero de 2023). *Determinación de errores y tratamiento de datos*. Obtenido de Facultad de Ciencias Experimentales – Universidad de Almería: <https://w3.ual.es/~aposadas/TeoriaErrores.pdf>

PyKrige-developers. (23 de Agosto de 2022). *PyKrige Documentation -Release 1.7.1.dev2*. Obtenido de <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/pykrige/latest/pykrige.pdf>

Ramirez P., A. D. (2021). *Influencia de las fuentes de emsion de ruido en el nivel de presion sonora de la zona urbana del distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, departamanento de Ucayali*. Recuperado el 23 de Marzo de 2023, de Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4837/UNU_AMBIENTAL_2021_T_ASTRID-RAMIREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

APENDICE 1. Mapa de ubicación de puntos de monitoreo de ruido.



Fuente: Elaboración propia

APENDICE 2. Matriz de puntos de ruido.

<i>PUNTO</i>	<i>ESTE</i>	<i>NORTE</i>	<i>FUENTE MÓVIL LINEAL</i>
<i>PUNTO 01</i>	278428.59	8661416.84	Calle La República N°426
<i>PUNTO 02</i>	278613.01	8661631.83	Av. Choquehuanca N°390
<i>PUNTO 03</i>	278567.99	8661544.51	Av. Los Incas N°355
<i>PUNTO 04</i>	278827.83	8661459.16	Av. Arequipa N°3520
<i>PUNTO 05</i>	278350.98	8662374.61	Av. Javier Prado Oeste N°445
<i>PUNTO 06</i>	277567.30	8661945.80	Av. Los Cedros cuadra 04
<i>PUNTO 07</i>	278157.64	8661404.44	Av. Camino Real N°751
<i>PUNTO 08</i>	278299.77	8661161.44	Av. Los Conquistadores N°750
<i>PUNTO 09</i>	278266.40	8660743.30	Av. Pardo y Aliaga con av. Los Conquistadores
<i>PUNTO 10</i>	278076.90	8660625.70	Av. Emilio Cavenecia con la calle Lord Cochrane
<i>PUNTO 11</i>	278562.15	8660761.54	Av. Santa Cruz cuadra 04
<i>PUNTO 12</i>	278737.72	8662021.16	Av. Arequipa N° 3030
<i>PUNTO 13</i>	279005.10	8661815.30	Calle Coronel Odriozola con la calle Manuel Atamasio Fuentes
<i>PUNTO 14</i>	278678.58	8661870.25	Av. Paz Soldán N°115
<i>PUNTO 15</i>	278258.26	8662008.43	Calle Víctor Andrés Belaunde N°214
<i>PUNTO 16</i>	278213.99	8662122.58	Av. Jorge Basadre Gromhann N°536
<i>PUNTO 17</i>	278379.30	8662543.50	Av. Dos de Mayo con el jirón Mariscal Miller
<i>PUNTO 18</i>	278929.43	8662555.44	Calle Percy Gibson cuadra 3
<i>PUNTO 19</i>	279037.80	8662511.50	Av. Paseo Parodi con la av. Javier Prado Este
<i>PUNTO 20</i>	278996.50	8662310.20	Av. Paseo Parodi N°405
<i>PUNTO 21</i>	279209.60	8662382.45	Calle Amador Merino Reyna N°285
<i>PUNTO 22</i>	279158.70	8662104.10	Calle Las Camelias con la calle Antequera
<i>PUNTO 23</i>	279368.60	8662511.50	Av. Javier Prado Este con la Av. Ricardo Rivera Navarrete
<i>PUNTO 24</i>	279314.40	8662223.90	Calle Coronel Andrés Reyes N°420
<i>PUNTO 25</i>	278843.40	8662149.50	Av. Petit Thoours N°3249
<i>PUNTO 26</i>	278960.98	8661922.85	Av. Juan de Arona N°305
<i>PUNTO 27</i>	279437.20	8662001.00	Av. Juan de Arona con la calle Las Begonias
<i>PUNTO 28</i>	279650.75	8662353.90	Calle Las Begonias N°459
<i>PUNTO 29</i>	279734.65	8662334.00	Av. Paseo de la República N°3050
<i>PUNTO 30</i>	279459.90	8661729.40	Av. Paseo de la República con la av. República de Colombia
<i>PUNTO 31</i>	279359.74	8661817.64	Calle Augusto Tamayo N 180
<i>PUNTO 32</i>	280130.40	8661800.70	Av. República de Panamá con la av. Canaval y Moreyra
<i>PUNTO 33</i>	280791.40	8662436.80	Av. Del Parque Norte con la av. José Galvez Barrenechea
<i>PUNTO 34</i>	279978.50	8661230.80	En Calle los Paujiles cuadra 01
<i>PUNTO 35</i>	279454.01	8661252.10	Av. Andrés Aramburú con la calle Manuel Gonzales Olachea
<i>PUNTO 36</i>	276813.80	8662308.40	Av. Dos de Mayo N°1875
<i>PUNTO 37</i>	277342.72	8662219.09	Av. Javier Prado Oeste N°1440
<i>PUNTO 38</i>	278081.63	8661798.85	Av. Santo Toribio N°210

<i>PUNTO 39</i>	277850.26	8661561.88	Calle Aurelio Miró Quezada N°250
<i>PUNTO 40</i>	277398.71	8661637.24	Calle Aurelio Miró Quezada N°540
<i>PUNTO 41</i>	277677.01	8662123.53	Calle Los Robles N°354
<i>PUNTO 42</i>	277597.81	8662044.01	Av. Jorge Basadre Gromhann N°1175
<i>PUNTO 43</i>	277170.50	8662146.30	Av. Javier Prado Oeste con la calle Las Flores
<i>PUNTO 44</i>	276837.85	8661967.30	Calle Los Castaños N°410
<i>PUNTO 45</i>	276794.40	8661645.70	Av. coronel Portillo con la av. Aurelio Miro Miroquesada
<i>PUNTO 46</i>	277379.10	8661167.10	Av. General Juan Antonio Pezet con la av. Álvarez Calderón
<i>PUNTO 47</i>	276723.10	8661193.50	Av. General Juan Antonio Pezet con la av. coronel Portillo
<i>PUNTO 48</i>	276253.70	8661762.50	Av. Alberto del Campo con la av. General Felipe Salaverry
<i>PUNTO 49</i>	275957.50	8661232.10	Av. Augusto Perez Aranibar con la av. General Felipe Salaverry
<i>PUNTO 50</i>	277672.83	8661262.78	Av. General Juan Antonio Pezet N°400

Fuente: Elaboración propia

APENDICE 3. Datos de LAeq del monitoreo de ruido diurno

Tipo de zona	EC A	Laeq_2021_II	Comparación	Laeq_2021_II	Comparación	Laeq_2021_IV	Comparación	Laeq_2022_I	Comparación
Residencial	60	60.60	Riesgo	61.20	Riesgo	62.30	Riesgo	61.00	Riesgo
Residencial	60	68.10	Riesgo	68.60	Riesgo	69.10	Riesgo	73.10	Riesgo
Residencial	60	63.40	Riesgo	64.80	Riesgo	63.70	Riesgo	65.40	Riesgo
Residencial	60	72.70	Riesgo	75.50	Riesgo	73.50	Riesgo	76.20	Riesgo
Residencial	60	74.90	Riesgo	72.40	Riesgo	71.30	Riesgo	72.10	Riesgo
Comercial	70	71.30	Riesgo	69.50	No hay Riesgo	64.90	No hay Riesgo	71.10	Riesgo
Residencial	60	70.50	Riesgo	70.80	Riesgo	70.60	Riesgo	71.60	Riesgo
Comercial	70	69.80	No hay Riesgo	70.20	Riesgo	71.80	Riesgo	72.90	Riesgo
Comercial	70	70.80	Riesgo	72.80	Riesgo	72.20	Riesgo	72.50	Riesgo
Comercial	70	70.10	Riesgo	69.30	No hay Riesgo	70.90	Riesgo	71.40	Riesgo
Comercial	70	64.10	No hay Riesgo	71.90	Riesgo	69.40	No hay Riesgo	72.80	Riesgo
Residencial	70	78.40	Riesgo	71.10	Riesgo	72.20	Riesgo	69.00	No hay Riesgo
Residencial	60	62.30	Riesgo	61.50	Riesgo	83.60	Riesgo	64.30	Riesgo
Comercial	70	69.90	No hay Riesgo	70.60	Riesgo	69.90	No hay Riesgo	76.50	Riesgo

<i>Comercial</i>	70	65.50	No hay Riesgo	70.60	Riesgo	68.80	No hay Riesgo	68.10	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	65.30	No hay Riesgo	64.70	No hay Riesgo	63.80	No hay Riesgo	65.40	No hay Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	64.00	Riesgo	65.50	Riesgo	65.70	Riesgo	69.70	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	71.80	Riesgo	68.10	No hay Riesgo	68.10	No hay Riesgo	74.20	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	73.80	Riesgo	74.60	Riesgo	72.50	Riesgo	73.60	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	65.40	Riesgo	66.60	Riesgo	66.90	Riesgo	67.70	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	64.30	No hay Riesgo	61.80	No hay Riesgo	63.60	No hay Riesgo	63.20	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	62.40	No hay Riesgo	70.50	Riesgo	67.30	No hay Riesgo	65.40	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	72.30	Riesgo	73.70	Riesgo	74.70	Riesgo	73.50	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	68.90	No hay Riesgo	65.80	No hay Riesgo	69.80	No hay Riesgo	70.00	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	73.40	Riesgo	73.80	Riesgo	74.50	Riesgo	75.50	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	72.90	Riesgo	72.70	Riesgo	74.30	Riesgo	73.80	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	71.60	Riesgo	66.40	No hay Riesgo	67.10	No hay Riesgo	65.90	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	62.10	No hay Riesgo	61.80	No hay Riesgo	64.60	No hay Riesgo	67.10	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	69.50	No hay Riesgo	68.40	No hay Riesgo	68.60	No hay Riesgo	68.30	No hay Riesgo
<i>Comercial</i>	70	71.20	Riesgo	72.20	Riesgo	70.80	Riesgo	71.20	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	70.10	Riesgo	67.00	No hay Riesgo	67.40	No hay Riesgo	67.90	No hay Riesgo
<i>Residencia l</i>	70	71.10	Riesgo	69.20	No hay Riesgo	73.20	Riesgo	65.50	No hay Riesgo

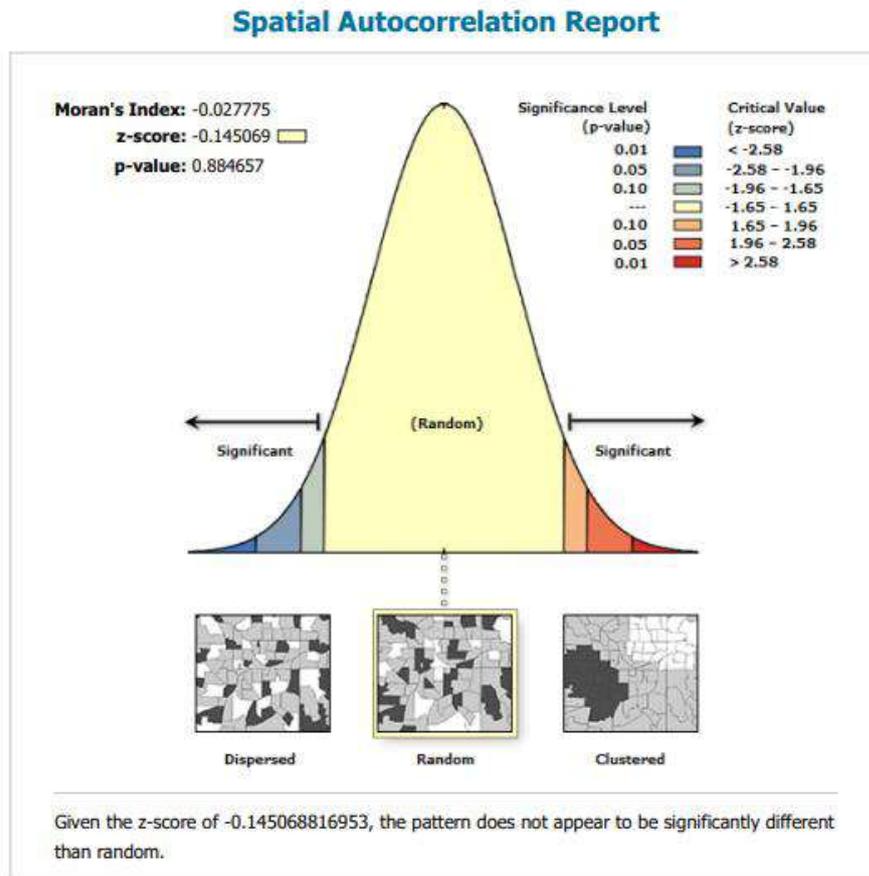
<i>Residencia l</i>	70	72.30	Riesgo	74.10	Riesgo	74.50	Riesgo	72.70	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	71.80	Riesgo	74.40	Riesgo	73.40	Riesgo	74.00	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	68.10	No hay Riesgo	67.80	No hay Riesgo	68.90	No hay Riesgo	67.10	No hay Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	67.50	Riesgo	61.90	Riesgo	61.30	Riesgo	62.10	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	73.60	Riesgo	74.70	Riesgo	72.80	Riesgo	73.50	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	62.30	Riesgo	68.90	Riesgo	65.20	Riesgo	73.70	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	70.40	Riesgo	71.30	Riesgo	69.80	Riesgo	70.50	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	69.50	Riesgo	69.40	Riesgo	70.70	Riesgo	69.50	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	58.90	No hay Riesgo	58.80	No hay Riesgo	61.90	Riesgo	57.60	No hay Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	65.60	Riesgo	65.90	Riesgo	65.40	Riesgo	65.90	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	79.80	Riesgo	74.50	Riesgo	73.70	Riesgo	75.80	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	63.20	Riesgo	63.50	Riesgo	71.80	Riesgo	66.70	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	69.50	Riesgo	69.10	Riesgo	68.20	Riesgo	69.20	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	66.00	Riesgo	65.30	Riesgo	67.70	Riesgo	66.10	Riesgo
<i>Comercial</i>	70	75.00	Riesgo	71.60	Riesgo	75.80	Riesgo	71.60	Riesgo
<i>Residencia l</i>	60	71.80	Riesgo	71.00	Riesgo	74.20	Riesgo	72.30	Riesgo

<i>Comercial</i>	70	72.60	Riesgo	76.10	Riesgo	71.70	Riesgo	73.10	Riesgo
<i>Residencia</i>	60	60.80	Riesgo	63.00	Riesgo	59.50	No hay Riesgo	68.40	Riesgo
<i>Porcentaje del total que supera el ECA.</i>	I Trimestre	76.00	II Trimestre	74.00	III Trimestre	30.00	IV Trimestre	74.00	

Fuente: Elaboración propia

APENDICE 4. Reportes de la autocorrelación espacial (Estacionariedad).

Reporte de LAeq del primer trimestre.



Global Moran's I Summary

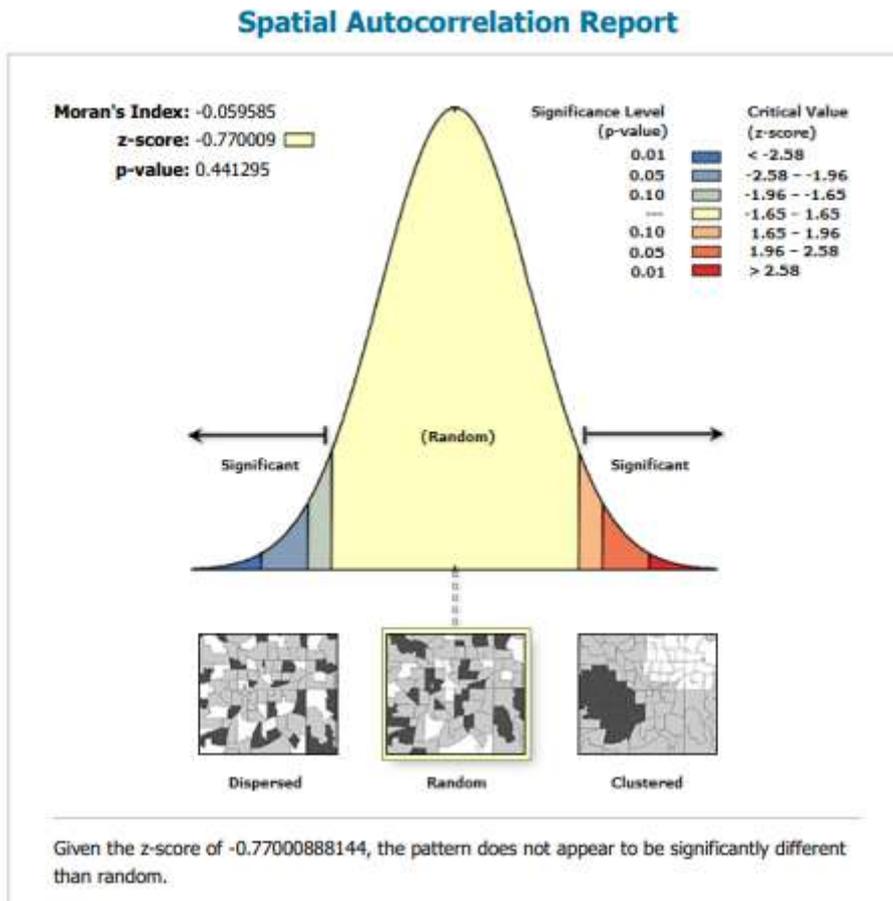
Moran's Index:	-0.027775
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002579
z-score:	-0.145069
p-value:	0.884657

Dataset Information

Input Feature Class:	PUNT1TRIM
Input Field:	LAEQ
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de LAeq del segundo trimestre.



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	-0.059585
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002589
z-score:	-0.770009
p-value:	0.441295

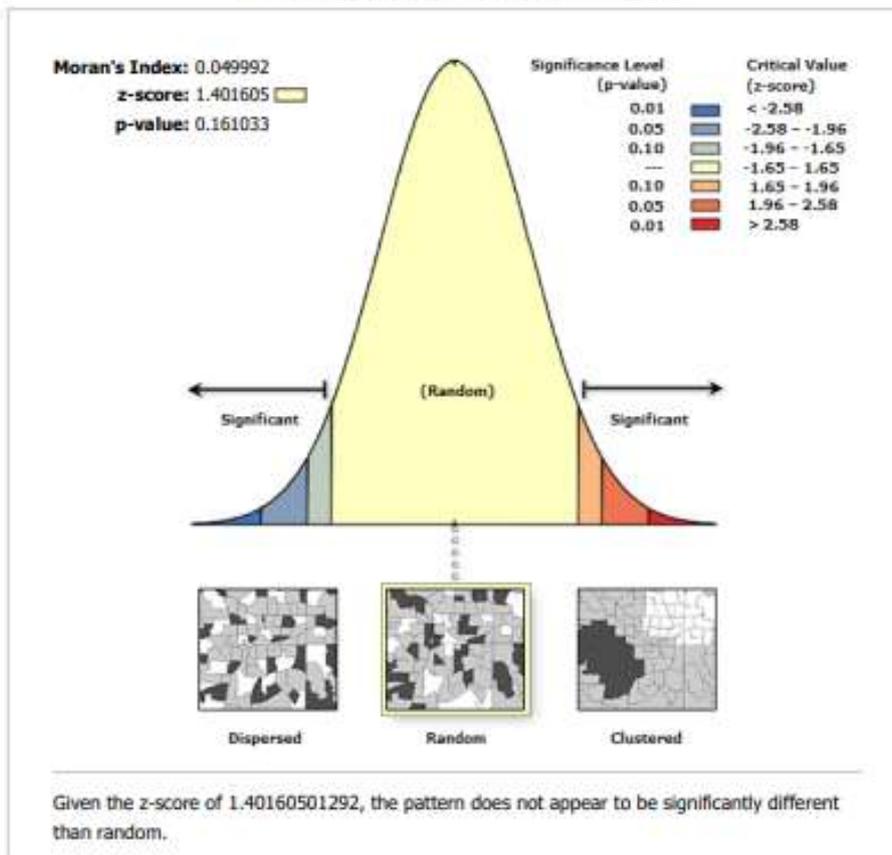
Dataset Information

Input Feature Class:	PUNT2TRIM
Input Field:	LAEQ
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de LAeq del tercer trimestre.

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	0.049992
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002523
z-score:	1.401605
p-value:	0.161033

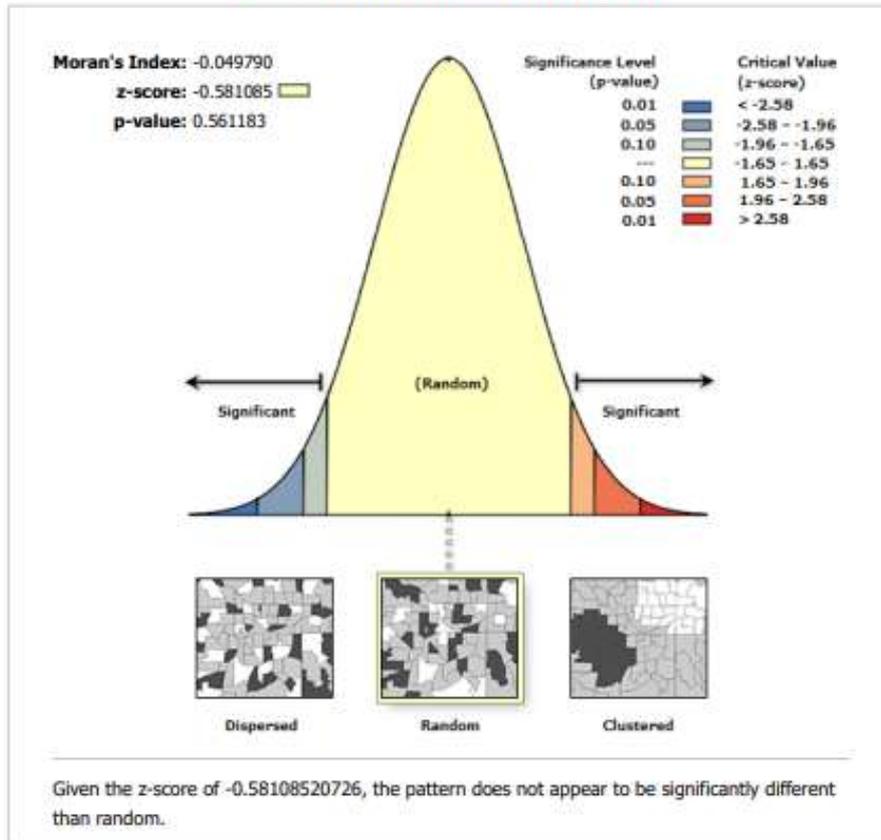
Dataset Information

Input Feature Class:	PUNT3TRIM
Input Field:	LAEQ
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de LAeq del cuarto trimestre.

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

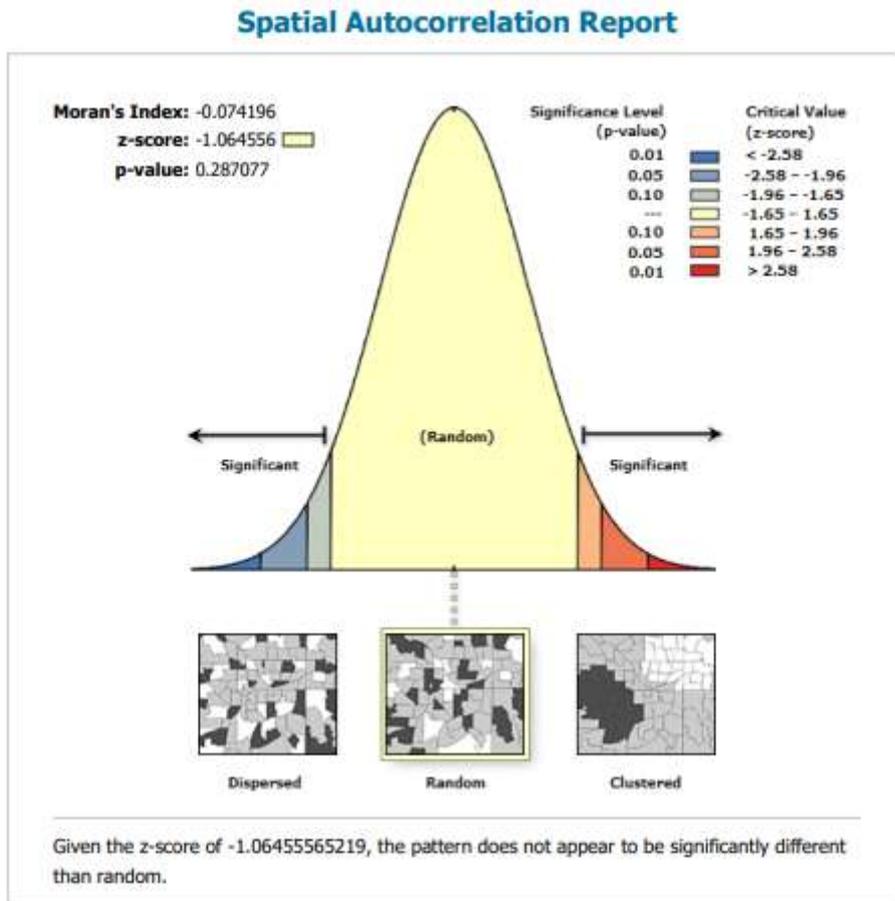
Moran's Index:	-0.049790
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002557
z-score:	-0.581085
p-value:	0.561183

Dataset Information

Input Feature Class:	PUNT4TRIM
Input Field:	LAEQ
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de los datos de errores relativos de LAeq del primer trimestre.



Global Moran's I Summary

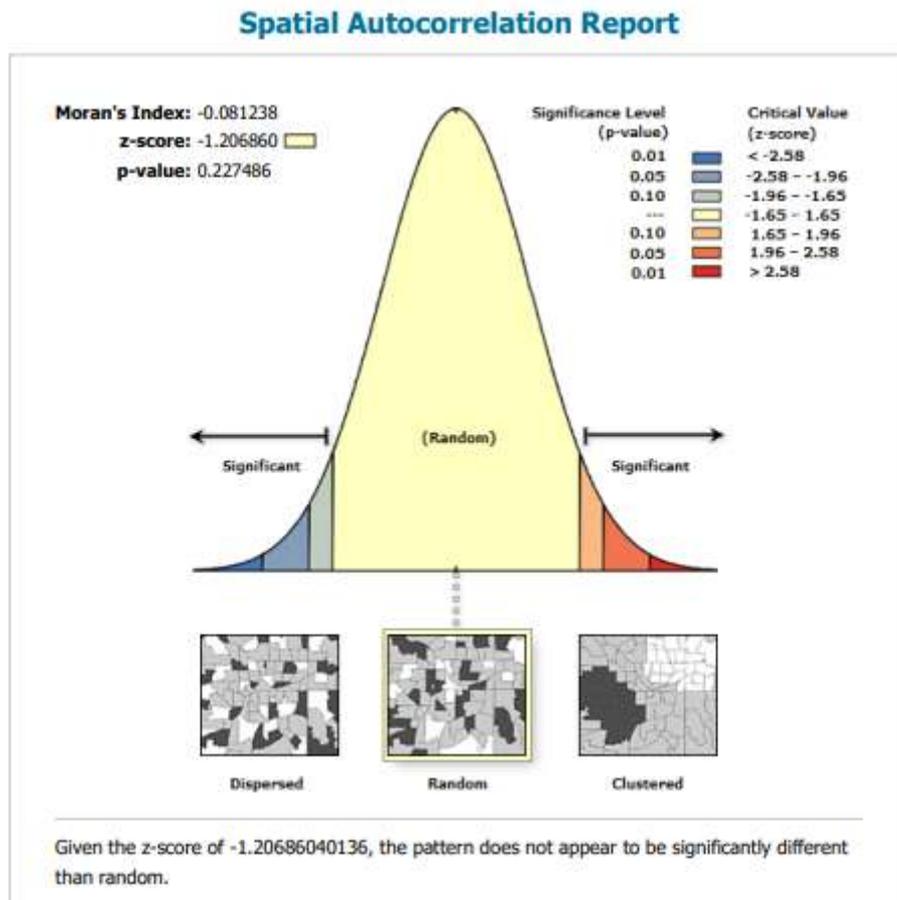
Moran's Index:	-0.074196
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002553
z-score:	-1.064556
p-value:	0.287077

Dataset Information

Input Feature Class:	punt1er
Input Field:	ERROR_
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de los datos de errores relativos de LAeq del segundo trimestre.



Global Moran's I Summary

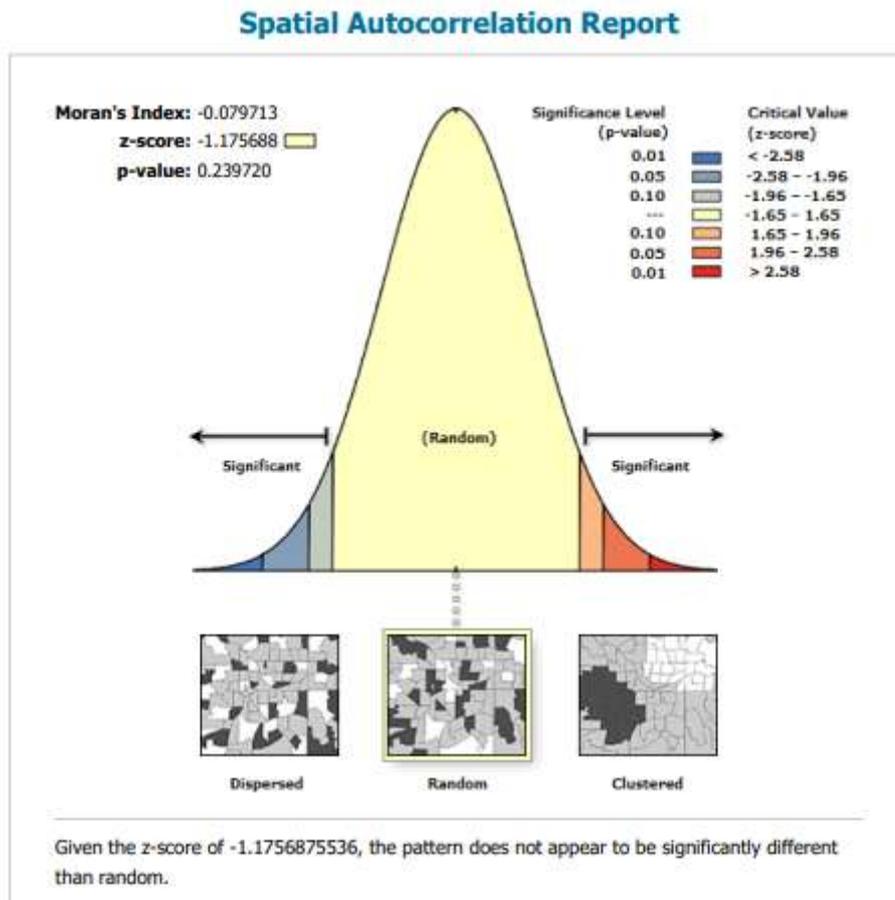
Moran's Index:	-0.081238
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002540
z-score:	-1.206860
p-value:	0.227486

Dataset Information

Input Feature Class:	Punt2er
Input Field:	ERROR_
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de los datos de errores relativos de LAeq del tercer trimestre.



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	-0.079713
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002544
z-score:	-1.175688
p-value:	0.239720

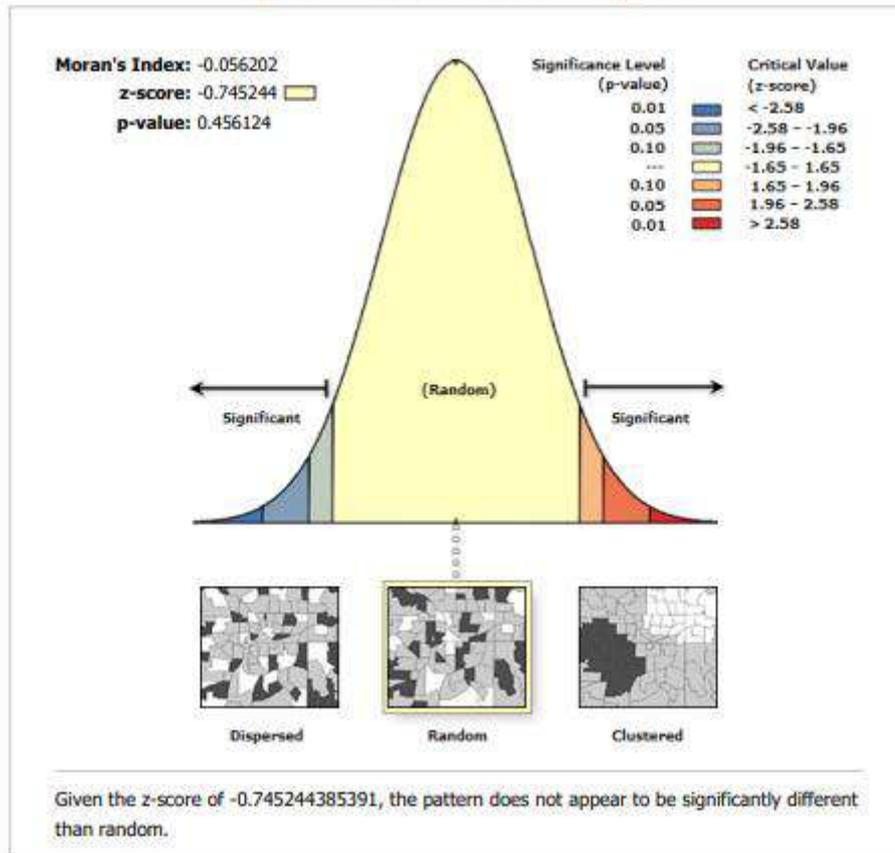
Dataset Information

Input Feature Class:	put3er
Input Field:	ERROR_
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

Fuente: Elaboración propia.

Reporte de los datos de errores relativos de LAeq del cuarto trimestre.

Spatial Autocorrelation Report



Global Moran's I Summary

Moran's Index:	-0.056202
Expected Index:	-0.020408
Variance:	0.002307
z-score:	-0.745244
p-value:	0.456124

Dataset Information

Input Feature Class:	puntos_error
Input Field:	ERROR_
Conceptualization:	INVERSE_DISTANCE
Distance Method:	EUCLIDEAN
Row Standardization:	False
Distance Threshold:	917.4489 Meters
Weights Matrix File:	None
Selection Set:	False

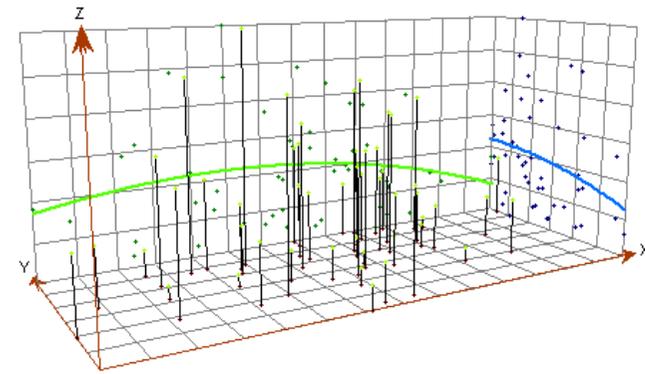
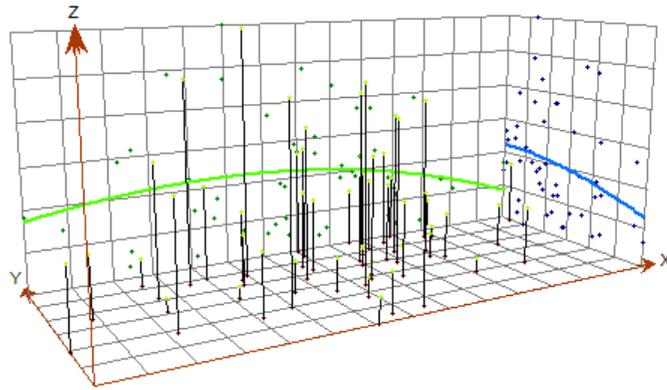
Fuente: Elaboración propia.

APENDICE 5. Análisis de tendencia.

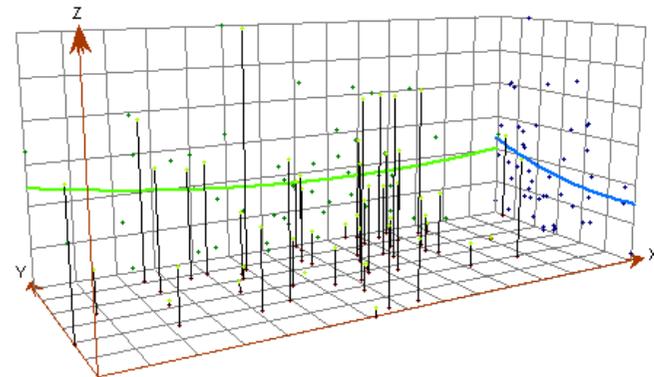
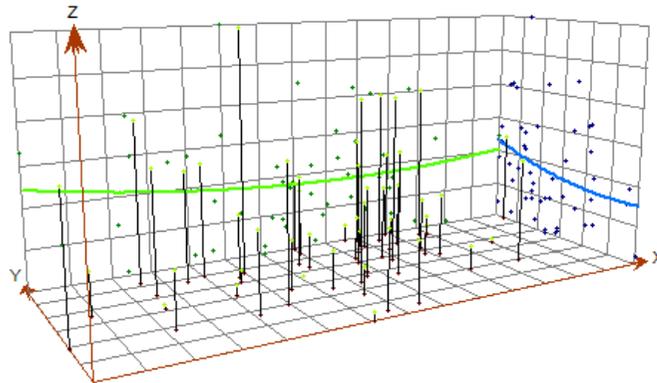
Analisis de tendencia para LAeq de data de ruido

Analisis de tendencia para los errores relativos de LAeq de data de ruido

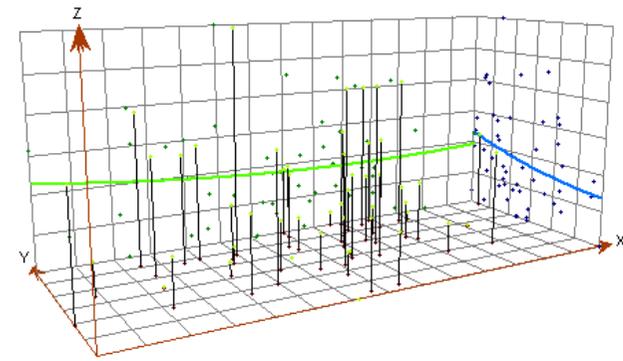
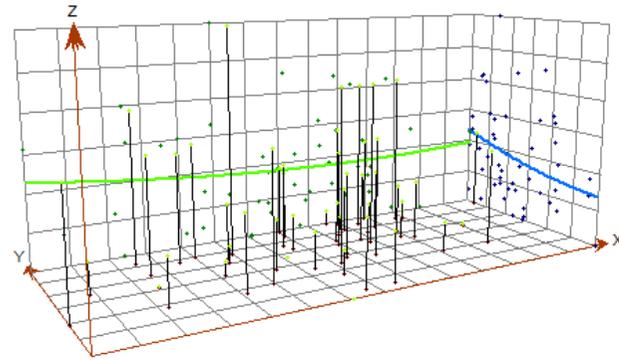
I trimestre



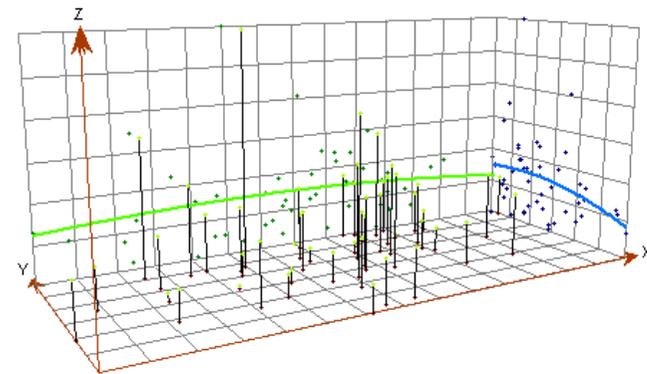
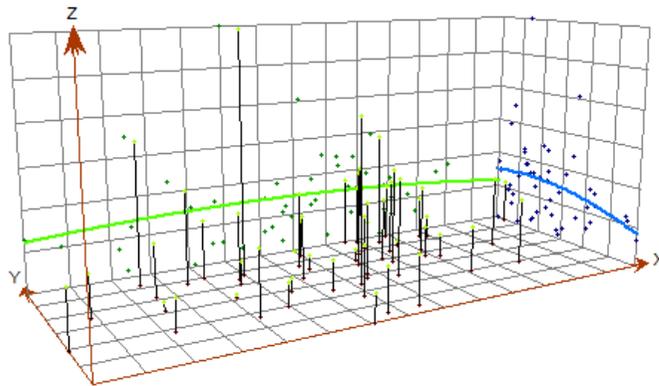
II trimestre



III trimestre



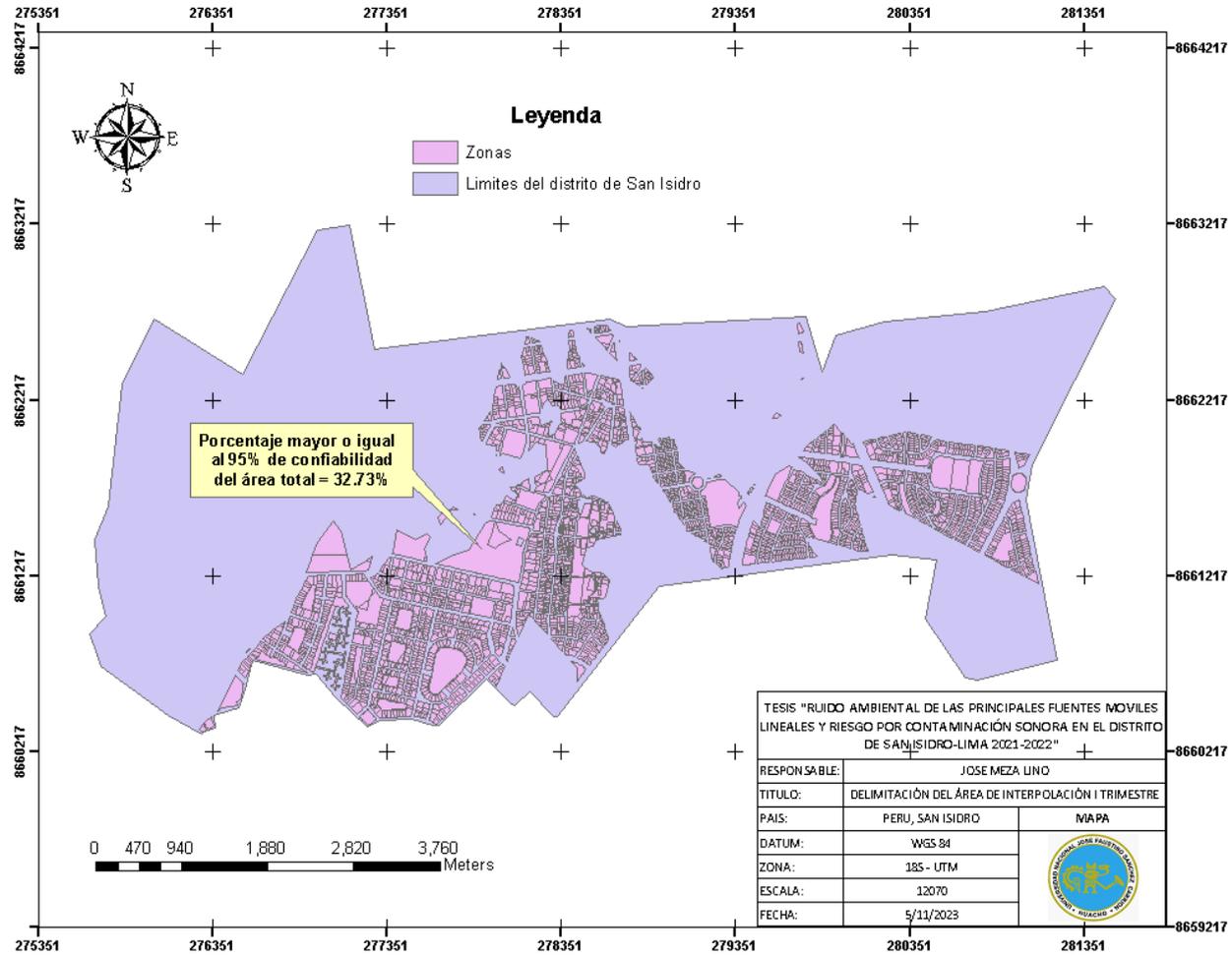
IV trimestre



Fuente: Elaboración propia.

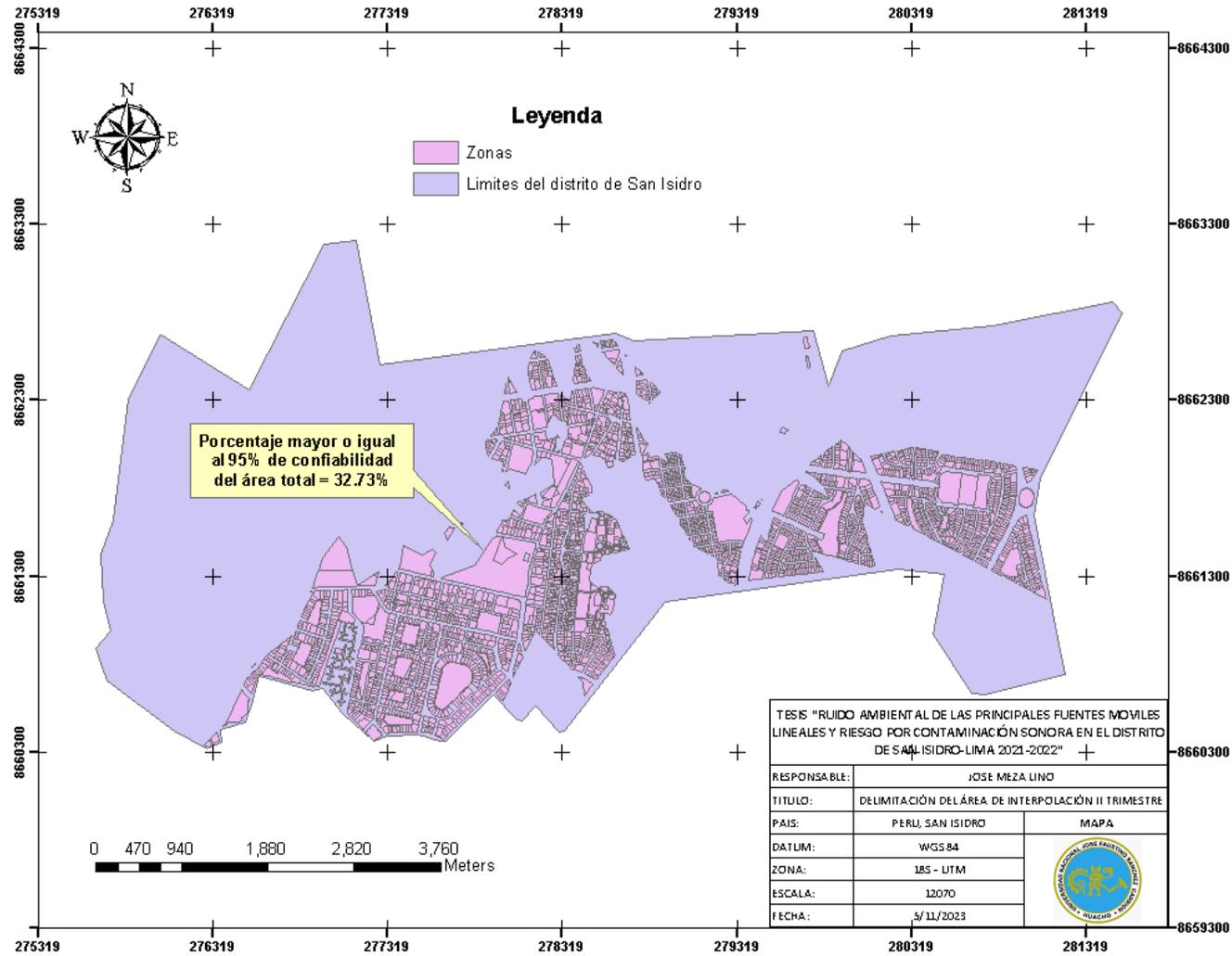
APENDICE 6. Delimitación del área de interpolación

Delimitación del área de interpolación para el I trimestre.



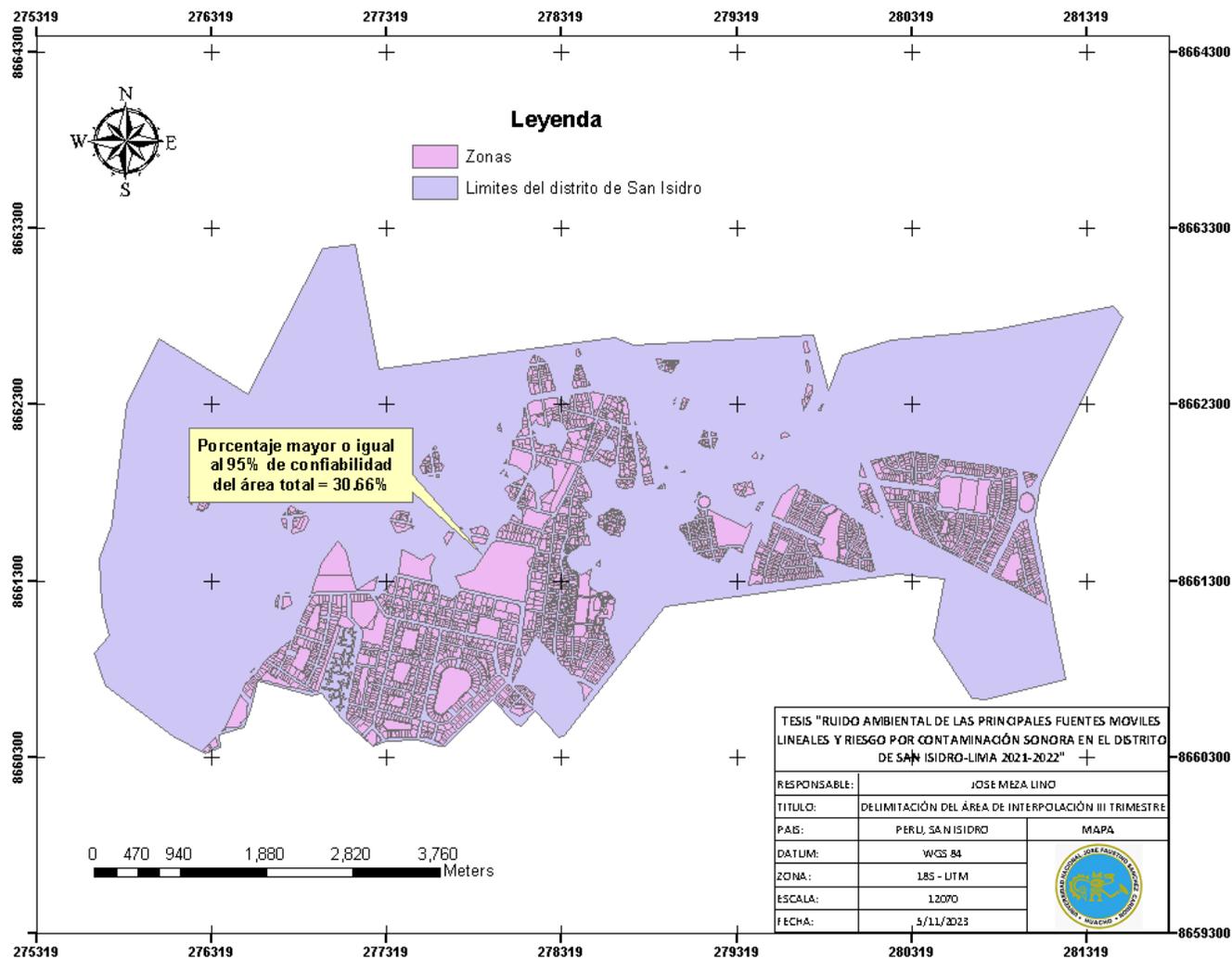
Fuente: Elaboración propia

Delimitación del área de interpolación para el II trimestre.



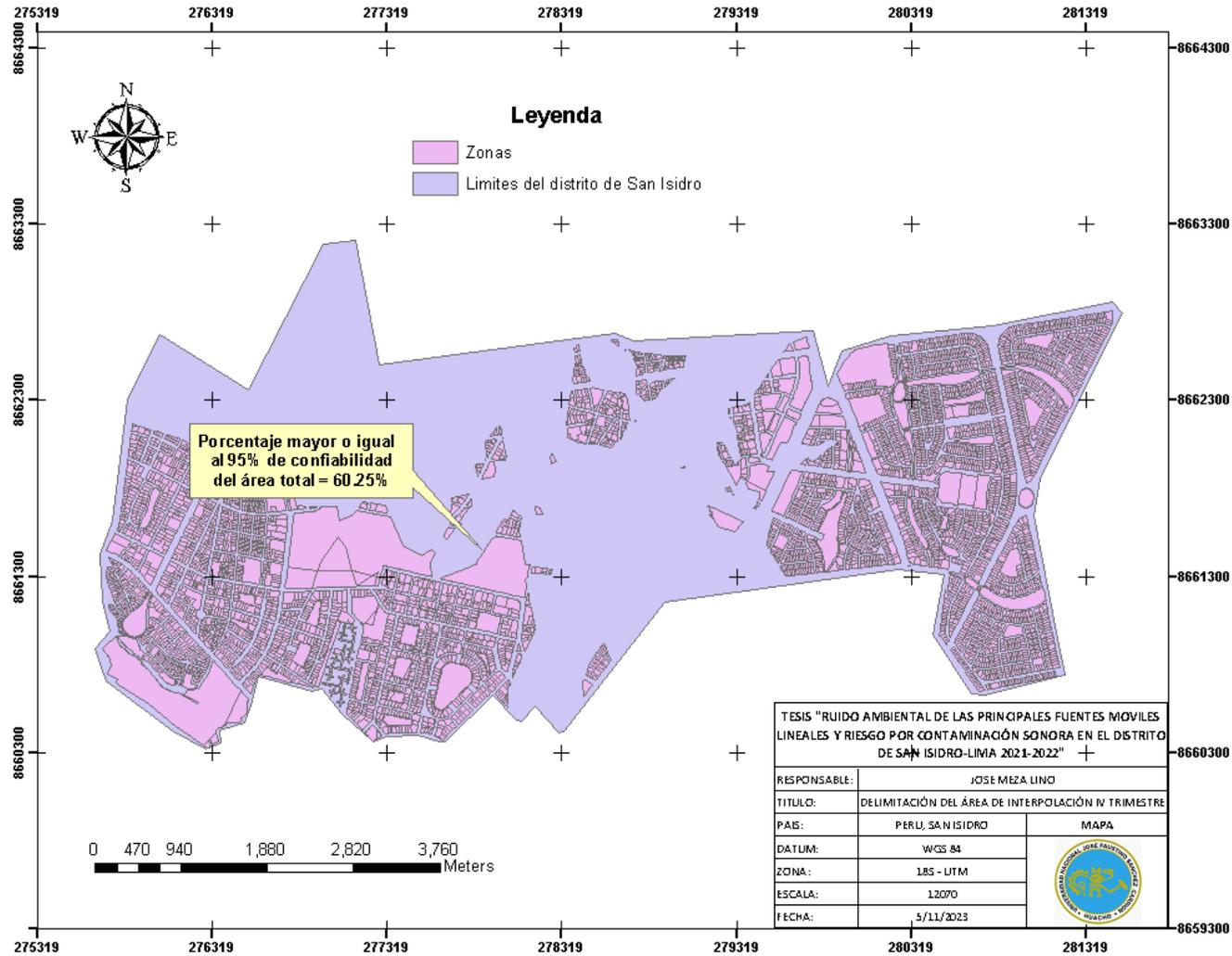
Fuente: Elaboración propia.

Delimitación del área de interpolación para el III trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

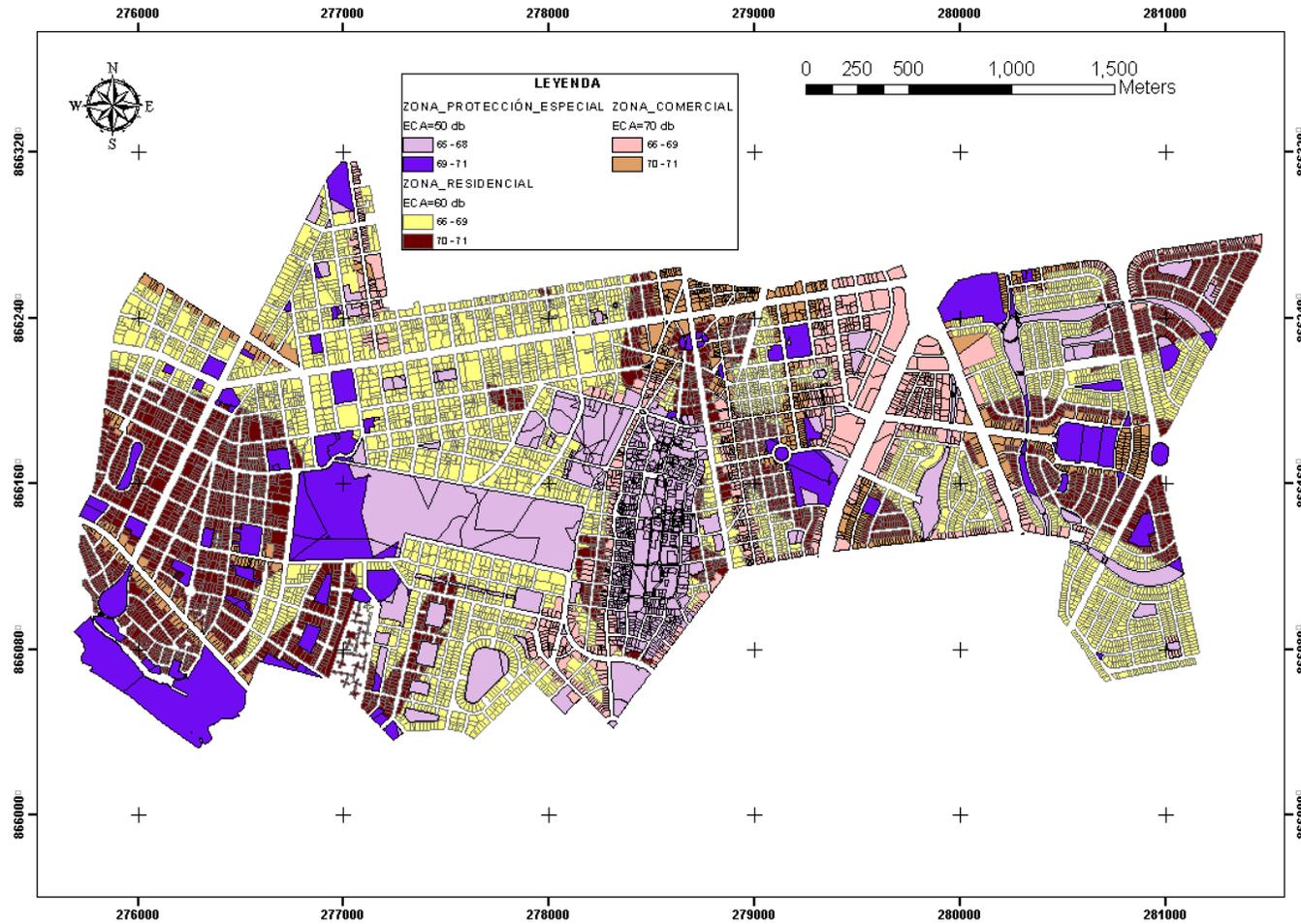
Delimitación del área de interpolación para el IV trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

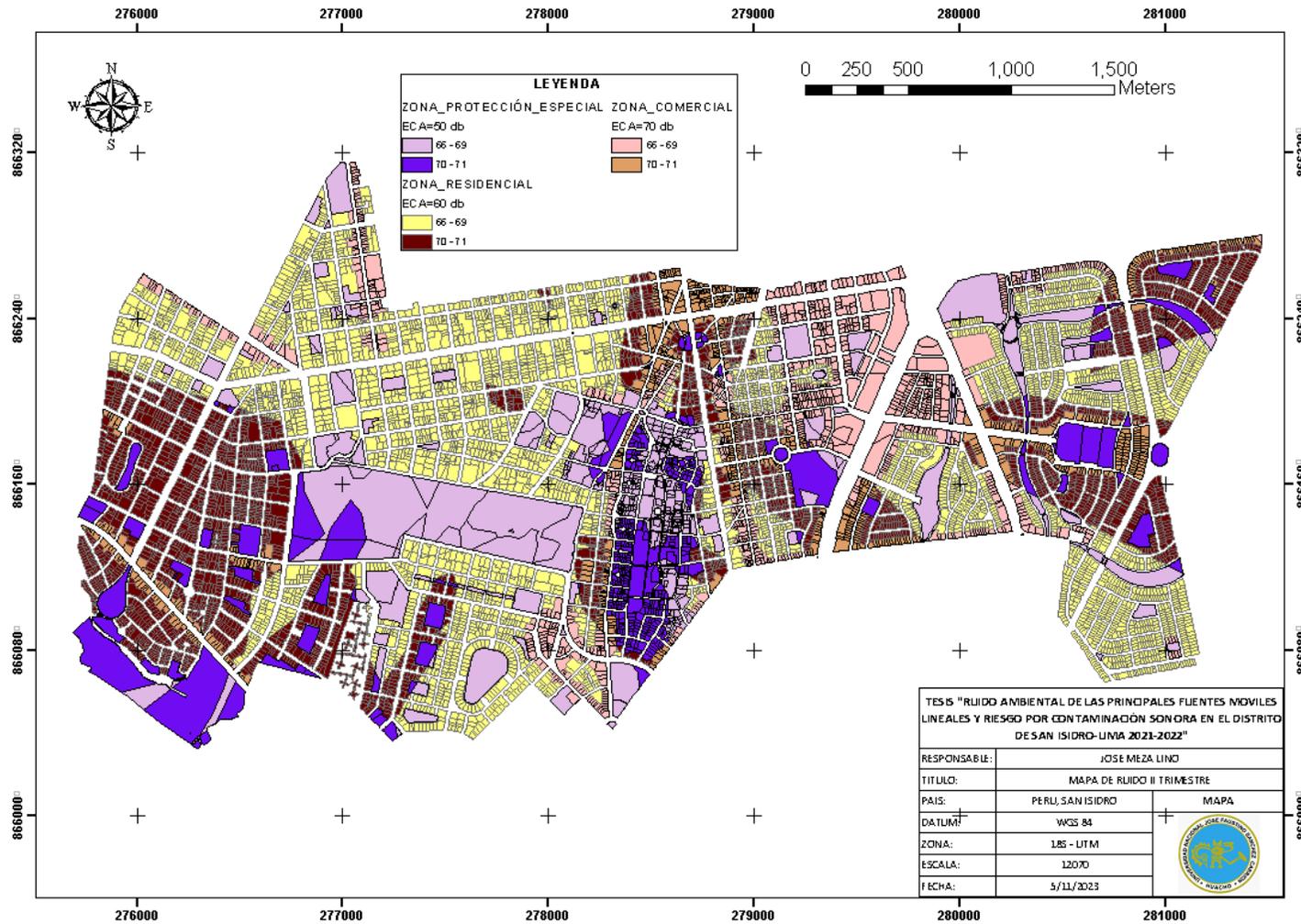
APENDICE 7. Mapas de ruido ambiental.

Mapa de ruido ambiental del I trimestre.



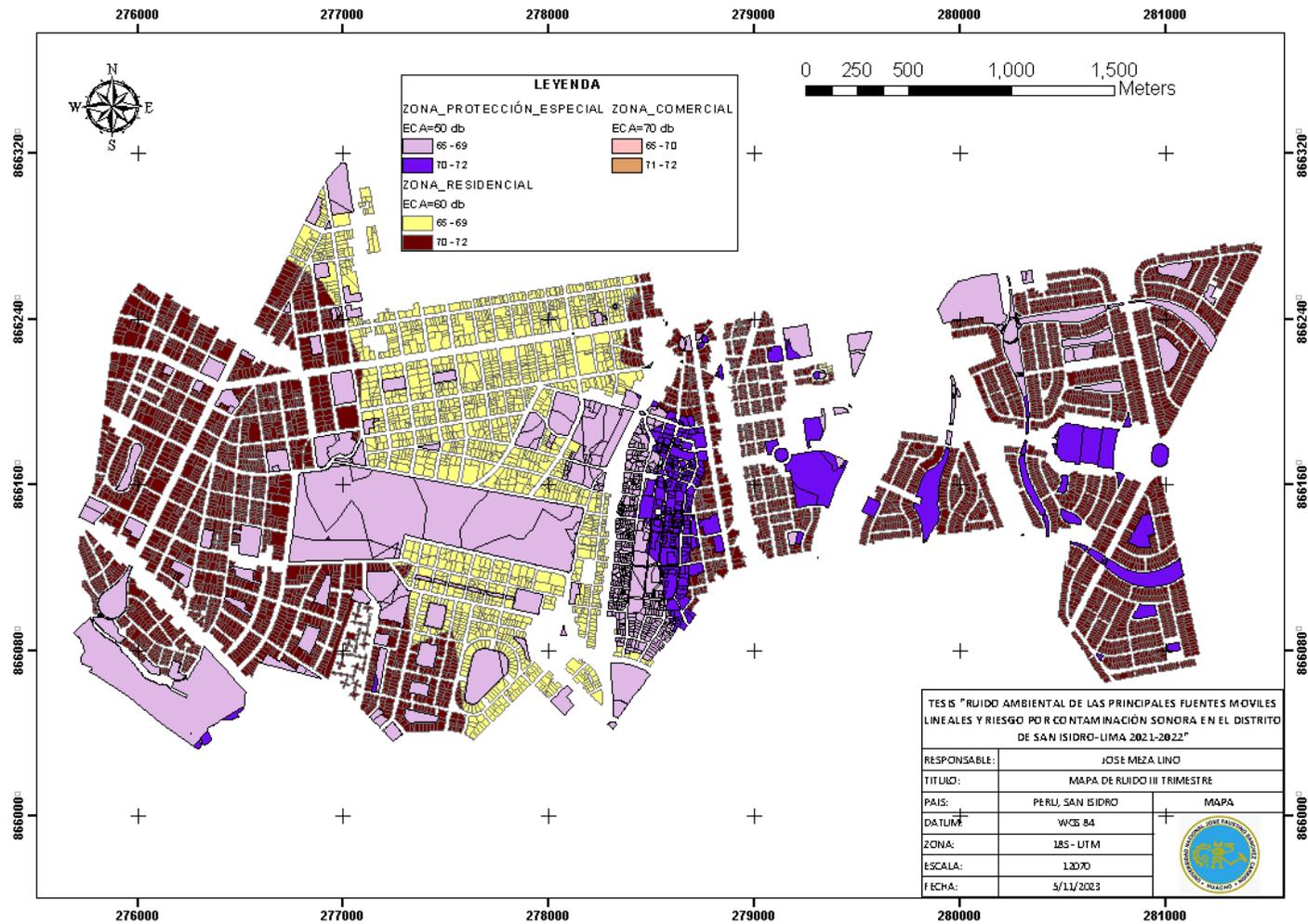
Fuente: Elaboración propia.

Mapa de ruido ambiental del II trimestre.



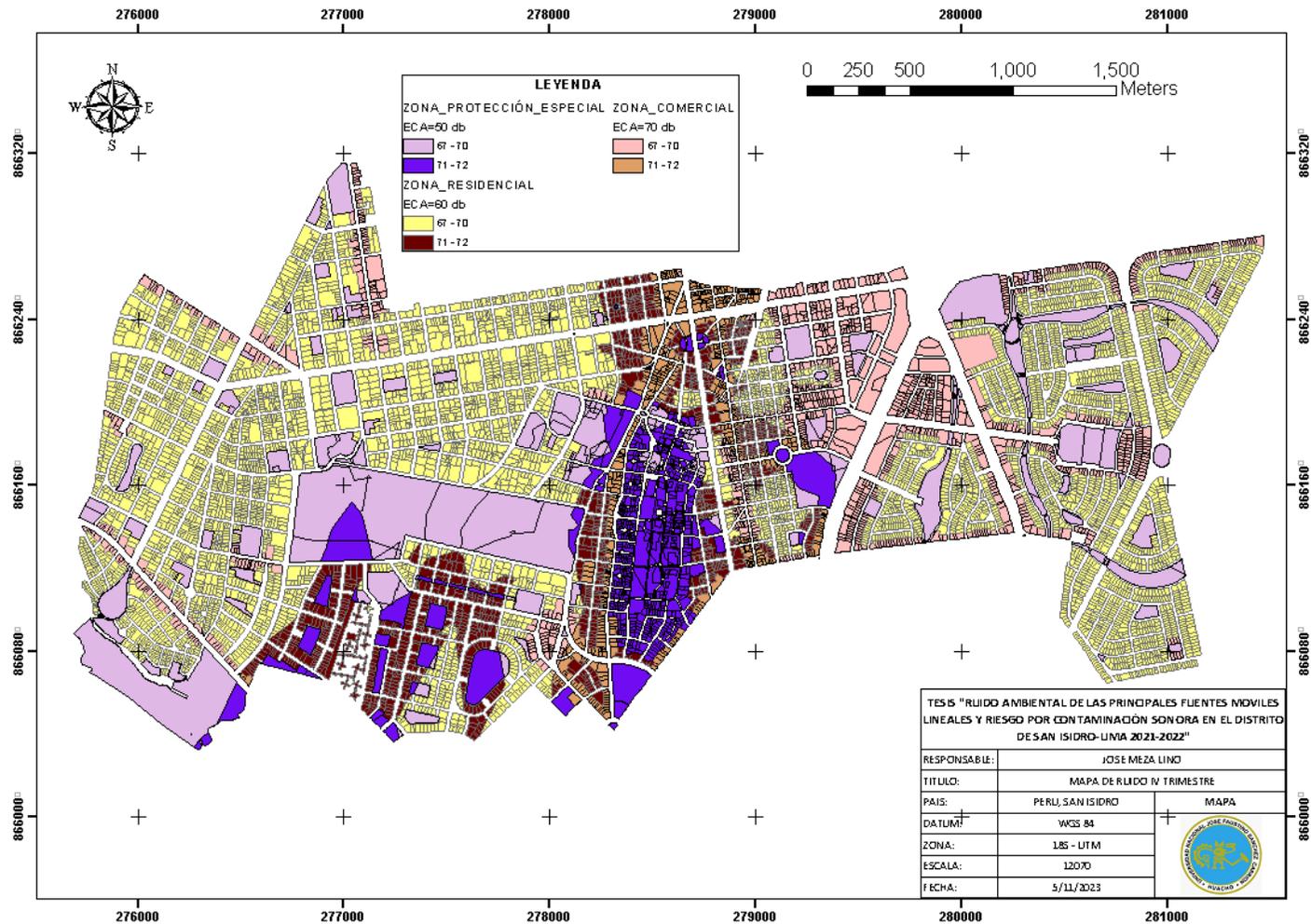
Fuente: Elaboración propia.

Mapa de ruido ambiental del III trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

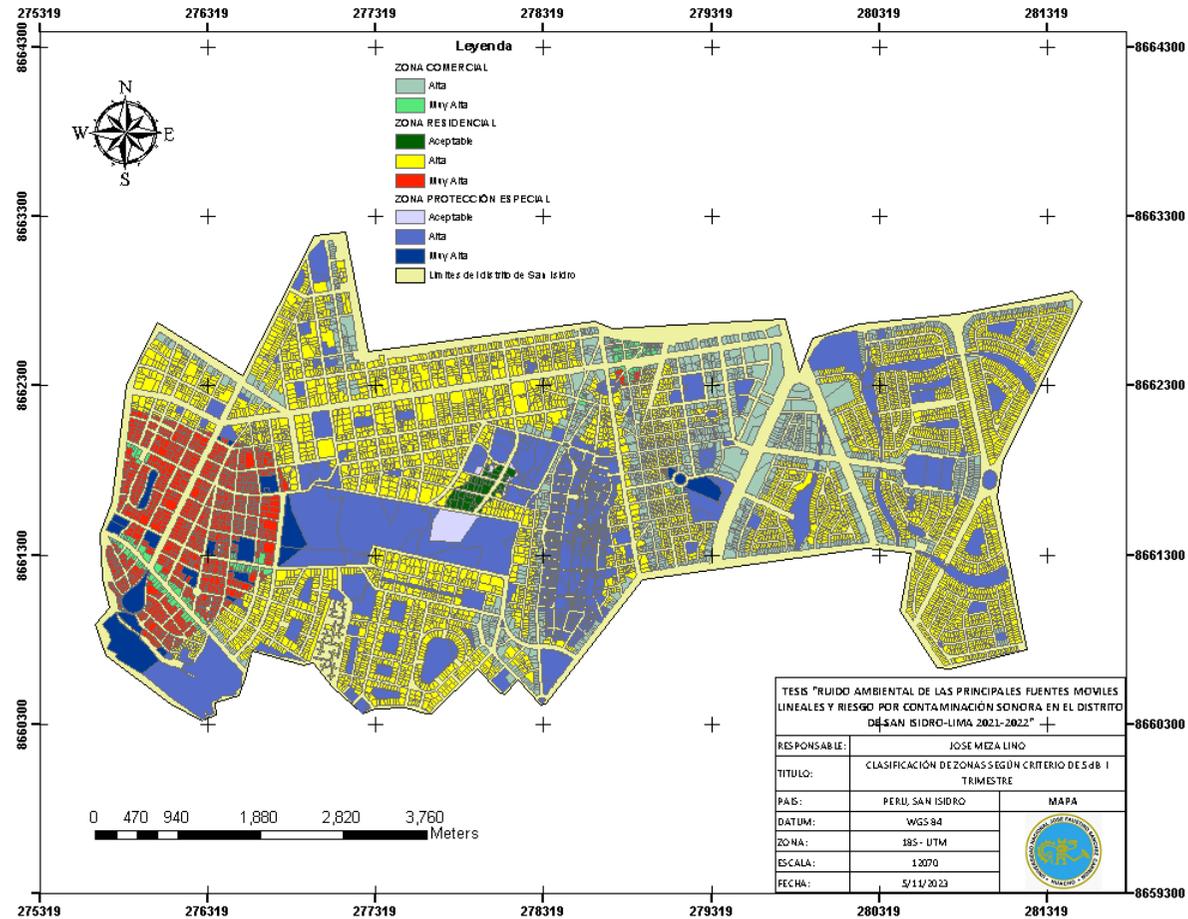
Mapa de ruido ambiental del IV trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

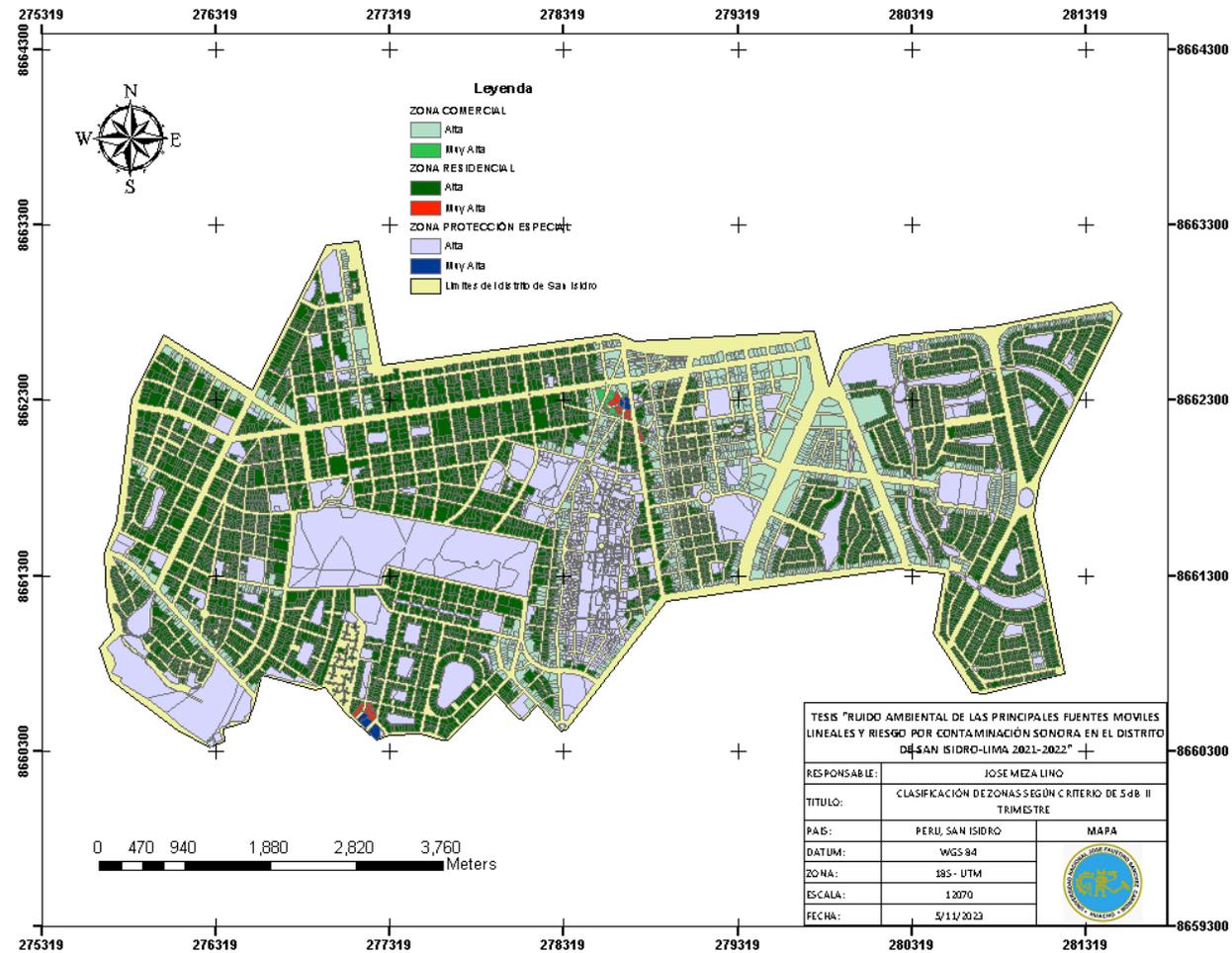
APENDICE 8. Clasificación bajo el criterio de los 5 dB

Mapa de ruido ambiental clasificado bajo el criterio de los 5 dB del I trimestre.



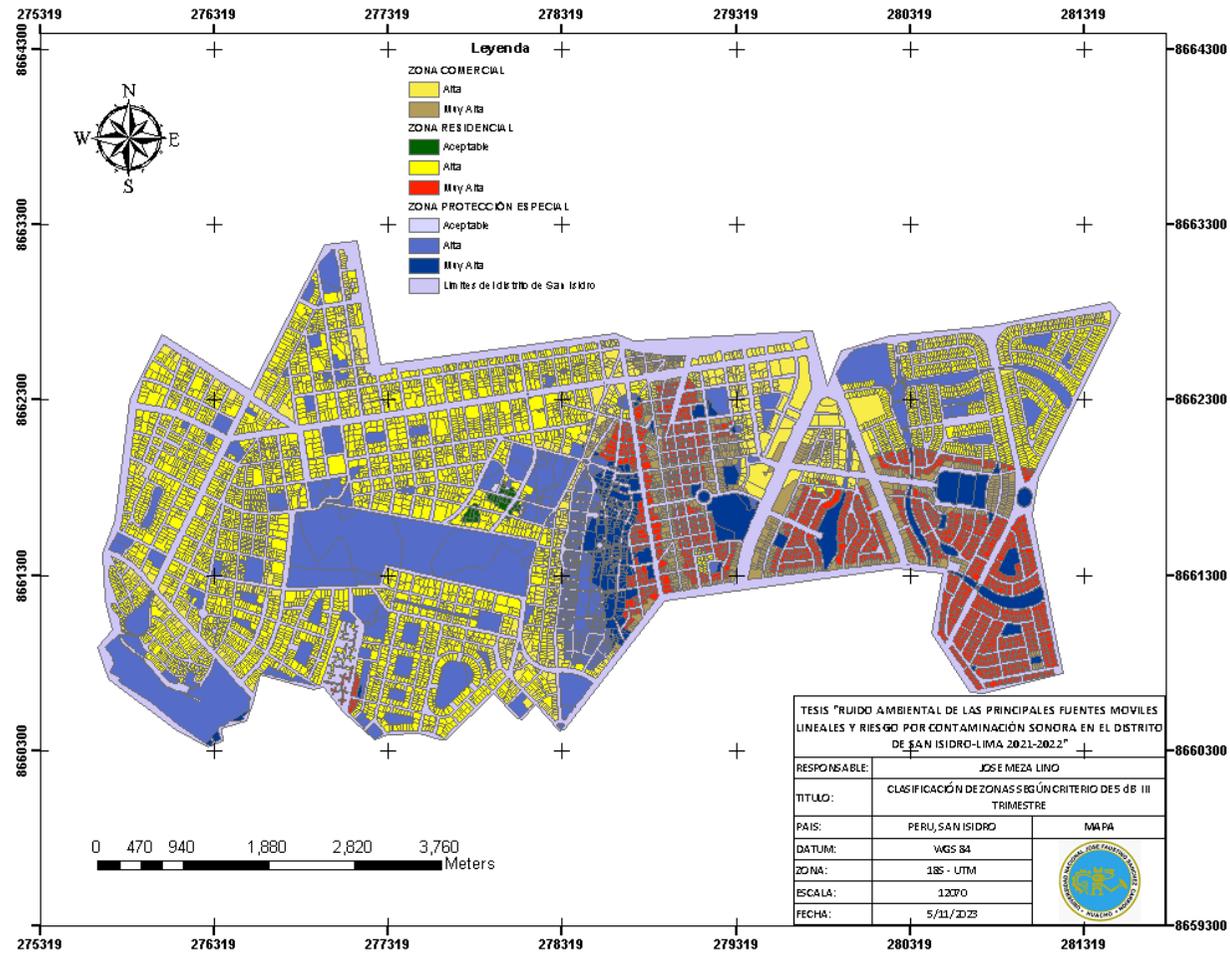
Fuente: Elaboración propia.

Mapa de ruido ambiental clasificado bajo el criterio de los 5 dB del II trimestre.



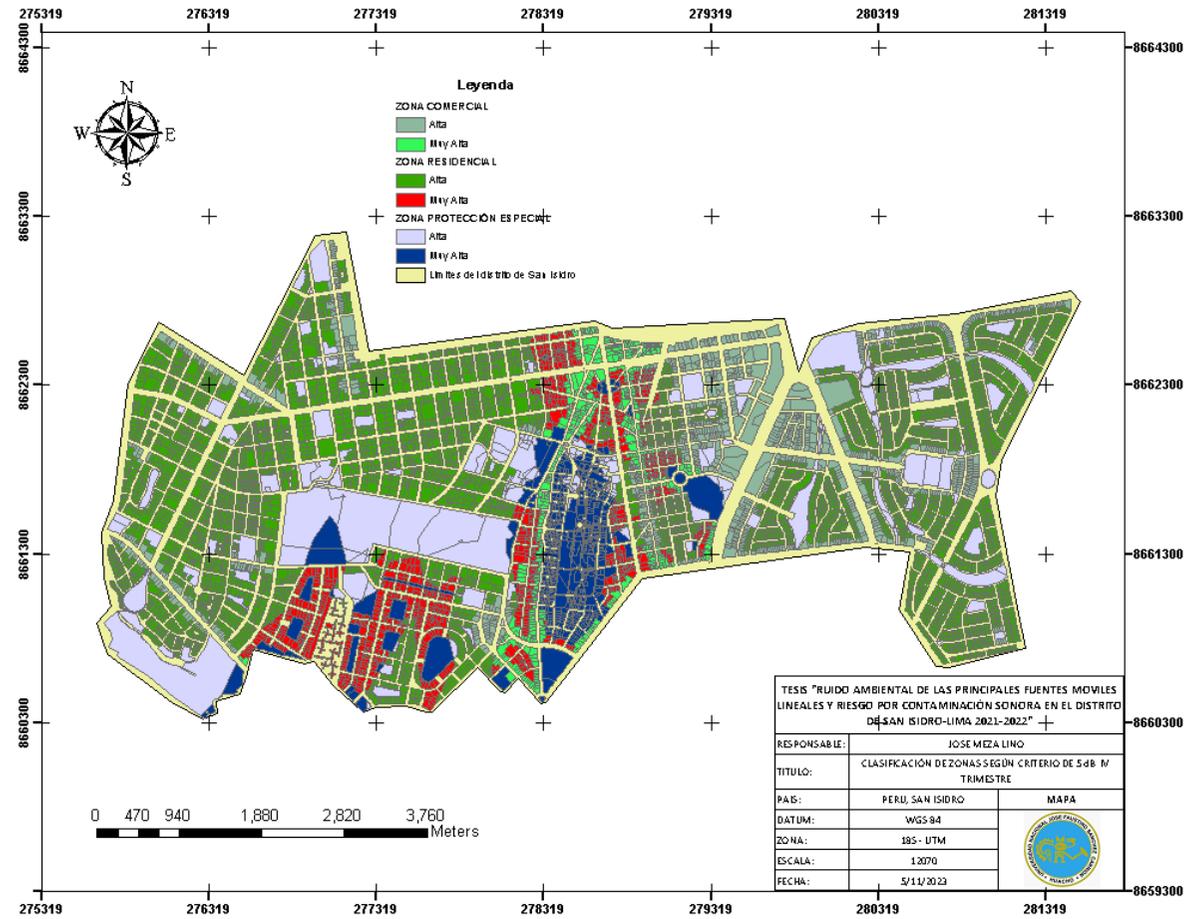
Fuente: Elaboración propia.

Mapa de ruido ambiental clasificado bajo el criterio de los 5 dB del III trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

Mapa de ruido ambiental clasificado bajo el criterio de los 5 dB del IV trimestre.



Fuente: Elaboración propia.

