



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Análisis espacial de la contaminación acústica y su
relación con los aviones en el Aeropuerto Internacional
Alejandro Velasco Astete, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Cuti Chuctaya, John Elmer (ORCID: 0000-0003-4824-199X)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Ambiental.

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis padres Bacilio Cuti Saico y Felicitas Chuctaya Alccamari. Los que amaron y cultivaron la importancia del conocimiento y del estudio.

Le dedico mi más profundo amor a mis hermanos y a toda mi familia y amigos porque fueron el motor de mi vida y estuvieron en los momentos más dificultosos.

Agradecimiento

A Dios, quien me mostró que con paciencia, sabiduría y humildad se lograron mis metas personales.

Mi más sincero agradecimiento al Mgtr. Marco Antonio Herrera Días quien me asesoró en el desarrollo de mi tesis con orientación profesional y conocimiento de la misma.

A todos gracias por todo el apoyo, gracias a ustedes pude lograr mis metas.

Índice de contenidos

Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. MÉTODO	28
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2 Variables y operacionalización	29
3.3 Población, muestra y muestreo	31
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	34
3.5 Procesamiento de la información	36
3.6 Método de análisis de datos.....	38
3.7 Aspectos éticos	49
IV. RESULTADOS	50
V. DISCUSIÓN.....	60
VI. CONCLUSIONES	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS	66
ANEXOS	70

Índice de tablas

Tabla 1. Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido	10
Tabla 2. Operacionalización de variables	30
Tabla 3. Ubicación de zonas críticas urbanas circundantes al Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.....	31
Tabla 4: Estaciones críticas seleccionadas	33
Tabla 5. Características específicas del equipo de medición.....	35
Tabla 6. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos.....	35
Tabla 7. Opinión de los expertos de instrumentos de investigación.....	35
Tabla 8: Estaciones monitoreadas.....	36
Tabla 9. Parámetros utilizados de los Estándares de Calidad Ambiental para ruido.....	37
Tabla 10. Cronograma de monitoreo	38
Tabla 11. Parámetros de modelos.....	47
Tabla 12. Comparaciones de ruido en el proceso de arribo y despegue de aviones	51
Tabla 13. Comparaciones de ruido entre los distritos de San Sebastián y Whanchaq.....	52
Tabla 14: Comparaciones de ruido entre puntos de monitoreo en el estado de arribo de los aviones	53
Tabla 15: Comparaciones de ruido entre puntos de monitoreo en el estado de despegue de los aviones.....	54
Tabla 16: Comparación de los decibeles (dB) entre los 10 puntos de monitoreo.....	55
Tabla 17: Correlación entre el flujo de aviones y los decibeles (dB)	56

Índice de figuras

<i>Figura 1: Niveles típicos de presión sonora.....</i>	11
<i>Figura 2: Intervalos de nivel sonoro representado en colores</i>	13
<i>Figura 3: Los cuatro elementos principales del enfoque equilibrado para la gestión del ruido de las aeronaves.....</i>	21
<i>Figura 4: Tasa de crecimiento anual promedio de 7.6% en número de vuelos</i>	22
<i>Figura 5: Dimensión espacial.....</i>	24
<i>Figura 6: Mapa con zonas críticas próximos al Aeropuerto Alejandro Velasco Astete.....</i>	32
<i>Figura 7: Mapa con puntos críticos próximos al Aeropuerto Alejandro Velasco Astete.....</i>	34
<i>Figura 8 : Exploratory Spatial Data Analysis</i>	41
<i>Figura 9 : Herramienta de Trend Analysis.....</i>	41
<i>Figura 10 : Distribución de estaciones</i>	43
<i>Figura 11: Tabla de atributos Tesis_data.shp</i>	43
<i>Figura 12: Cuadro de dialogo de selección de método geoestadístico.....</i>	44
<i>Figura 13: Cuadro de dialogo de selección de selección de tipo de Kriging y tipo de salida.....</i>	44
<i>Figura 14: Mapeo de tendencia global</i>	45
<i>Figura 15: Cuadro de diálogo con los valores de distancia promedio.....</i>	46
<i>Figura 16: Caja de diálogo para la visualización del semivariograma.....</i>	47
<i>Figura 17: Cuadro de dialogo Searching Neighborhood.....</i>	48
<i>Figura 18: Panel de validación</i>	48
<i>Figura 19: Cuadro resumen de los parámetros del Modelo utilizado.....</i>	49
<i>Figura 20: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de arribo y aterrizaje de aviones.....</i>	51
<i>Figure 21: Comparación de los decibeles (dB) en las zonas residenciales de San Sebastián y Whanchaq.</i>	52
<i>Figura 22: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de arribo entre los 10 puntos de monitoreo.</i>	53

<i>Figura 23: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de despegue entre los 10 puntos de monitoreo.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 24: Comparación de los decibeles (dB) entre los 10 puntos de monitoreo (Se consideró todos los datos que incluye arribo y despegue).</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25: Correlación de flujo de aviones y ruido.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26: Muestra la tendencia de las direcciones en despegue</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27: Muestra la tendencia de las direcciones en arribo.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28: Muestra la tendencia de las direcciones en ruido promedio</i>	<i>59</i>

Resumen

El presente trabajo de investigación titulada “Análisis espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete, 2020” tiene como objetivo determinar la distribución espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete, en el área de estudio se tomó 10 estaciones de monitoreo el cual se realizó una comparación con los estándares de calidad ambiental (ECA) en ruido horario diurno en zonas residenciales con el cronograma de horario de vuelos del aeropuerto. El monitoreo se realizó desde las 08:am a 17:00 pm. Los datos fueron recogidos por un sonómetro de clase I. los datos obtenidos fueron procesados a través del programa Rstudio y Argis donde se determinó que los flujos de aviones superan los ECA ruido afectando a las zonas críticas que se encuentran en áreas circundantes al aeropuerto y se concluyó que no existe una relación significativa entre la contaminación sonora y los aviones comerciales mediante análisis estadístico.

Palabras clave: Contaminación sonora, niveles de presión sonora, zona urbana de la ciudad del Cusco, flujo de aviones, arribo y despegue de aviones.

Abstract

This research paper entitled "Spatial analysis of noise pollution and its relationship with aircraft at Alejandro Velasco Astete International Airport, 2020" aims to determine the spatial distribution of noise pollution and its relationship with aircraft at Alejandro Velasco Astete International Airport, in the study area 10 monitoring stations were taken which was compared with environmental quality standards (ECA) in daytime noise in areas residential areas with the schedule of the airport's flight schedule. Monitoring took place from 08:am to 17:00 pm. The data were collected by a Class I sonometer. the data obtained were processed through the Rstudio and Argis program where it was determined that aircraft flows exceed noise ECA affecting critical areas in areas surrounding the airport and it was concluded that there is no significant relationship between sound pollution and commercial aircraft through statistical analysis.

Keywords: Sound pollution, sound pressure levels, urban area of the city of Cusco, flow of planes, arrival and take-off of aircraft.

I. INTRODUCCIÓN

Esta investigación es referente a la contaminación acústica producido por aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco, la contaminación acústica es el ruido que se ha convertido en una de las formas de contaminación más difíciles de controlar de acuerdo a su frecuencia e intensidad, afectando directamente a la salud de las personas.

La característica principal de este estudio incluye determinar la huella o mancha acústica que generan las aeronaves cada vez que despegan y aterrizan por dicha zona, por lo cual planteamos Analizar espacialmente la contaminación acústica producido por aviones. Para determinar la problemática analizamos los niveles de ruido, cantidad de aterrizajes y despegues en las estaciones críticas circundantes al aeropuerto.

La problemática de esta investigación se realizó para determinar los problemas ambientales como la contaminación acústica en las zonas más críticas del aeropuerto del Cusco.

El interés de mi investigación es conocer la variable independiente contaminación acústica y la variable dependiente avión para lo cual se aplicó la intensidad de ruido, frecuencia del ruido y la cantidad de movimiento de aviones.

Cuenta con metodología no experimental por que no se manipulo las variables, ya que se utilizaron conocimientos geo-estadístico para poder analizar el nivel ruido generado por el aeropuerto en las franjas horarias seleccionadas.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿cuál es la distribución espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

PE1: ¿Cuáles son los niveles de contaminación acústica circundantes al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete?

PE2: ¿Cuáles son las zonas más críticas de la contaminación acústica cercanos al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete?

PE3: ¿Cuál es la influencia de los aviones sobre los niveles de presión sonora?

El objetivo general fue determinar la distribución espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

OE1: Identificar los niveles de contaminación acústica circundantes al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete.

OE2: Identificar las zonas de influencia más críticas de contaminación acústica cercanos al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete.

OE3: Determinar si hay influencia de los aviones sobre los niveles de presión sonora.

La hipótesis general de la investigación fue los aviones que despegan y aterrizan en el aeropuerto generan altos niveles de contaminación sonora. Las hipótesis específicas fueron los siguientes:

HE1: Enunciado de Los aviones que despegan y aterrizan superan los estándares de calidad ambiental para ruido.

HE2: Los aviones que despegan y aterrizan en el aeropuerto contaminan acústicamente a las zonas críticas.

HE3: Influye los aviones sobre los niveles de presión sonora.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes que se relacionan con la investigación en el ámbito nacional:

En Lima se realizó el trabajo de tesis “La contaminación acústica y su relación con la capacidad auditiva de las tripulaciones del Batallón de Aviones N 811; Callao 2017”; El objetivo principal de esta investigación fue establecer la correlación entre la contaminación acústica y la capacidad de audición de las tripulaciones del Batallón de Aeronaves, esto se logró indicando el volumen de ruido de las aeronaves, la antigüedad y otros factores operacionales de los aviones, ya que representan un riesgo ambiental debido a la energía acústica, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) desarrollados en el Aeropuerto; La investigación tiene un diseño no es experimental porque las variables no se manipulan en ningún momento, además es un estudio relacional. La investigación llegó a la conclusión de que existe una relación directa entre las variables (Zambrano, 2018 pág. VI).

En Juliaca se realizó el trabajo de tesis “Evaluación de la Contaminación acústica Producida por los Aviones en el Aeropuerto de la Ciudad de Juliaca” el cual fue sustentado en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez para optar el grado académico de doctor en ciencias e ingeniería civil ambiental, El autor propuso conocer la situación actual de contaminación acústica en las zonas aledañas al de la ciudad, por lo que evaluó el nivel de contaminación acústica a partir de los datos de campo obtenidos, y determinó el origen de la contaminación (ruido), cotejando los valores obtenidos con los indicadores o valores de los estándares de calidad ambiental especificados en los estándares vigentes en nuestro país y evaluando los daños que pudieran causar a la salud de las individuos (Viamonte, 2018 pág. 3). El tipo y nivel de la investigación es aplicado, cuantitativo y cualitativo, no experimental de acuerdo al procesamiento, análisis estadístico de los registros y datos (Viamonte, 2018 pág. 36). La investigación llegó a la conclusión de que los niveles de presión sonora producidos por el ruido de los aviones son significativamente elevados y superan los valores de los estándares de calidad ambiental para el ruido, estipulados en la normativa vigente por lo tanto pueden afectar el sistema auditivo de las personas expuestas a la contaminación acústica (Viamonte, 2018).

En Iquitos el año 2016, se realizó el trabajo de tesis “Impacto social del ruido en comunidades adyacentes al aeropuerto internacional Francisco Secada Vigneta, en Iquitos” el cual fue sustentado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana de la escuela profesional de ingeniería en gestión ambiental , en el trabajo se propuso como un objetivo evaluar el impacto del ruido y su impacto social en las comunidades aledañas al Aeropuerto, el autor identificó y evaluó las emisiones acústicas en los ambientes comunitarios de estudio donde las estaciones de monitoreo tomaron valores del nivel de exposición acústica durante cada evento de tráfico de aeronaves haciéndose comparaciones con estándares nacionales de calidad ambiental para el ruido (Córdova, 2011 pág. 8) El diseño de la investigación es descriptiva; se aplicó, en un tiempo dado, sin introducir ningún elemento que modifique el desempeño de las variables estudiada (Córdova, 2011 pág. 14). La investigación concluyo de que, en la AAHH Simón Bolívar se observaron promedios altos de 83.59 dB a 93.45 dB en comparación con otras comunidades, esto indica que el ruido causado por aeronaves es dañino y podría afectar la audición si este es continuo (76.14%) y que afectaría la paz y tranquilidad de los hogares (67,05%) (Córdova, 2011 pág. 57).

En Cusco Ana María Lechuga Chacón el año 2018 realizo el trabajo de tesis “Contaminación sonora en los distritos de Santiago y Wanchaq de la provincia del Cusco” el cual fue sustentado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, el autor propuso como meta determinar el nivel de contaminación acústica en las provincias de Santiago y Wanchaq, en la provincia de Cusco de 7:00 a 8:00 de la mañana; 3-14 horas y 17-18 horas; también propuso conocer el problema del ruido ambiental en los barrios mencionados determinando la presión sonora por ruido en las franjas horarias de 7:00-8:00, 13:00-14:00 y 17:00-18:00 h. en calles y avenidas de Santiago y Whanchaq con las cuales se han elaborado mapas de ruido e isoruido, Con ArcGis ArcMap versión 10.3 que identifica áreas críticas de compresión de audio, el diseño de investigación no es experimental y también es un estudio descriptivo relacional (Lechuga, 2017 pág. 129). La investigación actual llegó a la conclusión de que los resultados de presión acústica en algunas carreteras principales son de 70 dB en comparación

con el DS 085-2003-PCM ECA para el ruido ambiental en las calles y carreteras principales de los barrios de Santiago y Wanchaq (Lechuga, 2017).

En Cusco se hizo la tesis "Contaminación sonora vehicular en los distritos de Cusco, Wanchaq y San Sebastián de la provincia de Cusco" el cual fue expuesto en la Universidad Nacional del Altiplano, él propone como meta analizar los niveles de contaminación acústica de vehículos en los distritos de Cusco, Wanchaq y San Sebastián de la provincia de Cusco en el horario de 07:00 a 08:00; 12:00 pm. a 1:00 PM y 5:00 PM a 6:00 PM. El autor propuso una investigación sobre la contaminación acústica vehicular en los condados de Cusco, Wanchaq y San Sebastián para determinar los niveles de contaminación acústica vehicular en las tres provincias, en 3 períodos de tiempo y Sugerir tácticas de solución (Cuba, 2018 pág. 6). Se realizó un análisis de varianza, en el que los 34 puntos de muestra superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el ruido establecidos en la SD. 085-2003-PCM. La presente investigación corresponde a un diseño no experimental cuantitativo, desarrollado sin manipular deliberadamente las variables; finalmente se concluye que los valores conseguidos superan lo que exige la ley, según OMS de 65 dB (A) para arriba el sujeto está expuesto a pérdida auditiva a en un futuro cercano (Cuba, 2018 pág. 83).

En Lima se elaboró la tesis "La influencia del ruido ambiental en el nivel de estrés de las personas de la zona residencial, Urb. Zarate-San Juan de Lurigancho 2015"; el autor se propuso investigar el efecto del ruido ambiental en los niveles de estrés de las personas, midiendo el ruido en tres turnos, en la mañana, al media mañana y en la tarde para posterior comparación con los estándares de calidad ambientales, el diseño fue no experimental, ya que las variables no fueron manipuladas en ningún momento, y es un estudio descriptivo correlacional; finalmente la investigación concluyó que el ruido del ambiente afecta el nivel de estrés de las personas, así mismo los puntos que fueron monitoreados excedieron los estándares de calidad ambiental (Salazar, 2015).

Desarrollo de las teorías relacionadas

El sonido se produce por la mecánica vibración del cuerpo cuando hay suaves movimientos en partículas de aire próximo al punto de generación de vibraciones. Se define como una variación de presión a la presión de la atmosfera, y en el oído humano se manifiesta como una sensación captada a través del oído. El sonido viaja a través de un medio maleable, también puede ser a través de un sólido, líquido o gas. (Falagán, 2008 pág. 27) .

El sonido se puede analizar desde dos puntos de vista: Subjetivo: Es un estímulo sensorial que se origina en el cerebro, por lo que cada persona sentirá un sonido diferente. El sonido en sí mismo puede resultar molesto para algunas personas y entretenido al mismo tiempo para otras (Falagán, 2008 pág. 278).

En términos de respuesta fisiológica, el sonido se puede representar en tres manifestaciones diferentes: música, ruido y transducción (Falagán, 2008 pág. 28).

El ruido es todos aquellos sonidos claros y confuso más o menos fuertes. Puede definirse como un sonido indeseable. En menor o mayor medida nos vemos inmersos con frecuencia en el ruido. A lo largo del día todos encontrarán lo mismo en diferentes entornos acústicos, donde se pueden generar ruidos fuertes o leves (Falagán, 2008 pág. 28).

Todos aquellos sonidos que pueden ocasionar disgustos fuera del perímetro o propiedad que posee la fuente generadora. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2011)

El sonómetro “es el aparato que se utiliza para medir niveles de presión sonora” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015 pág. 23).

Un sonómetro (SLM) es un instrumento (comúnmente de mano) que está diseñado para medir los niveles de sonido de forma estandarizada. Responde al sonido aproximadamente de la misma manera que el oído humano y proporciona mediciones objetivas y reproducibles de los niveles de presión sonora. (Bruel & Kjaer, 2020)

Para qué se utiliza un medidor de nivel de sonido:

Los medidores de nivel de sonido se utilizan para medir y gestionar el ruido de una variedad de fuentes, incluidas plantas industriales, tráfico de carreteras y ferrocarriles y trabajos de construcción. Con la adición de situaciones típicas urbanas, como eventos deportivos, conciertos al aire libre, parques de ocio y vecinos residenciales y comerciales, se dispone de muchas fuentes de sonido distintas, cada una con características distintas que plantean problemas específicos a los profesionales que las evalúan (Bruel & Kjaer, 2020).

Cómo funciona un medidor de nivel de sonido:

Un sonómetro comprende un micrófono, un preamplificador, procesamiento de señal y una pantalla. El micrófono convierte la señal de sonido en una señal eléctrica equivalente. El tipo de micrófono más adecuado para sonómetros es el micrófono de condensador, que combina precisión con estabilidad y fiabilidad (Bruel & Kjaer, 2020).

El Sonómetro integrador de clase 2 es aquel “que permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015 pág. 23).

La Contaminación por aeropuertos, Objetivo: Se refiere a aspectos físicos del movimiento ondeante como: Frecuencia, Periodo, Longitud de onda, etc. (Falagán, 2008).

Son todas aquellas magnitudes que, utilizando los conocimientos de la física, pueden ser medidas con precisión. Se puede definir al ruido de una manera objetiva como la mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. (Falagán, 2008, pág. 28)

El ruido se define como "sonido no deseado" y, por lo tanto, tiene un componente tanto objetivo como subjetivo. El hecho de que un sonido se considere ruido o no depende tanto de sus propiedades acústicas como de su interferencia con las actividades previstas (A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke', 2017). Por ejemplo, es probable que los asistentes a un concierto de rock no perciban la música como ruido a pesar de los niveles de presión sonora muy altos. * Por el contrario, los residentes que viven en las cercanías de la sala de conciertos

pueden percibir la música como ruido a pesar de niveles mucho más bajos, ya que puede interferir con actividades como leer un libro o aprender para la escuela.

La diferencia entre sonido y ruido: El sonido se define como vibraciones que viajan a través del aire u otro medio que se puede escuchar cuando llegan a los oídos de una persona o un animal. Mientras que Ruido significa cualquier sonido que moleste o perturbe a los humanos o que cause o tienda a causar un efecto psicológico o fisiológico adverso en los humanos.

Características del ruido: Difícil control, Fácil expansión, es una contaminación que se produce en el lugar ya que a distancia disminuye se lo percibe por el sentido auditivo, fácil producción, sus efectos se evidencian a largo plazo. (Garavito, 2007)

Tipos de ruido:

Ruido continuo: Su principal característica es que no presenta cambios en los niveles de presión sonora; el nivel de ruido es invariable en el tiempo. como ruido de ventilador o compresor (Henao, 2007 pág. 21).

Ruido variable o fluctuante: Una opción que muestra diferencias en los niveles de presión sonora de más de 5 dB durante un período de medición de 1 minuto (Henao, 2007 pág. 21).

Ruido de impulso o impacto: Ocurre cuando hay aumentos repentinos en el nivel de presión sonora durante un período breve. Por ejemplo, prensas de corte (Henao, 2007 pág. 21).

El Estándares de calidad ambiental del ruido D.S. N° 085-2003-PCM Establece normas y pautas nacionales de calidad ambiental acústica que no deben ser superados, protegiendo así la salud y mejorando la calidad de vida de las personas, en el marco del desarrollo sostenible. (Viamonte, 2018 pág. 26).

Tabla 1. Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido

Zona de aplicación	Horario diurno (LAeqT)	Horario nocturno (LAeqT)
Zona de protección especial	50 dB(A)	40 dB(A)
Zona residencial	60 dB(A)	50 dB(A)
Zona comercial	70 dB(A)	60 dB(A)
Zona industrial	80 dB(A)	70 dB(A)

Fuente: (Viamonte, 2018)

La presión sonora, Es la propiedad que te permite escuchar el sonido a mayor o menor distanciamiento. Indica la total de energía que transfiere el sonido para su expansión y establece la anchura de la onda. (Henao, 2007 pág. 13).

La unidad de medida de la presión sonora en el sistema internacional de medidas sería:

$$valor_{umbral} = L_{umbral} = 10\log \left[\frac{20 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} \right]^2 = 0dB$$

$$valor_{Limite} = L_{Limite} = 10\log \left[\frac{200}{20 \cdot 10^{-6}} \right]^2 = 140dB$$

Lo ventajoso de utilizar una escala que comienza en 0 dB y termina en 140 dB son evidentes, debido a que la cantidad de subdivisiones de escala es mucho menor a los valores asignados al ruido de la vida habitual (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

La unidad de medida del sonido, el decibel es la unidad que se usa para calcular el sonido. Es una relación logarítmica entre una cantidad medida y una cantidad referencial. Los decibeles se utilizan para describir los niveles de presión, fuerza o intensidad del sonido. La mayor parte de los sonómetros están calibrados para dar lecturas del nivel de presión sonora (Henao, 2007 pág. 14).

Decibel (Db) = $10 \log_{10}$ (cantidad/Cantidad de referencia)

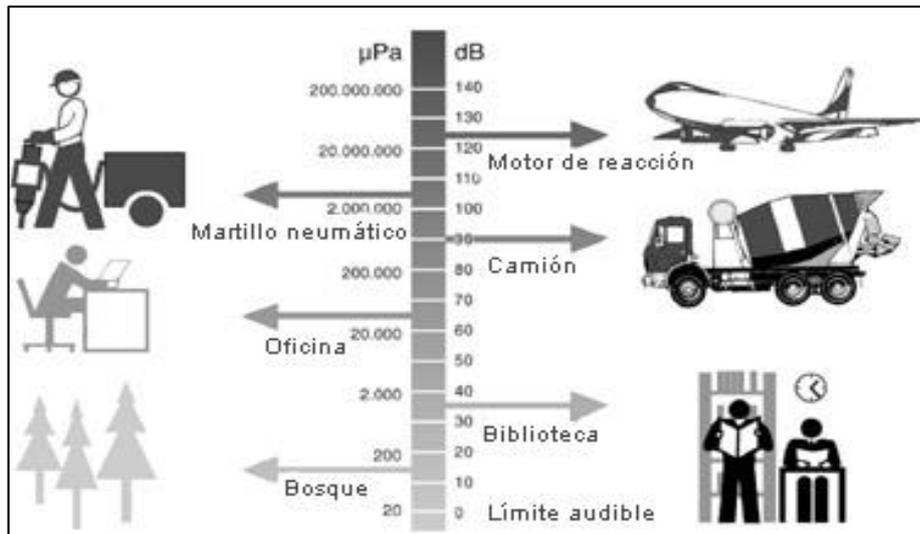
Nivel de presión sonora (SPL) = $20 \log_{10}$ (P/Po) (Db)

Donde:

P= Presión sonora efectiva media;

Po= Presión sonora de referencia; (Henao, 2007)

Figura 1: Niveles típicos de presión sonora



Fuente: Testo Argentina S.A. modulo presión sonora/ nivel sonoro

Elementos que intervienen en la exposición al ruido, El riesgo principal que se tiene cuando una persona que está expuesta a un ruido prolongadamente y a con niveles altos es la disminución de la audición.

Se ha determinado que son cinco factores que determinan la posible pérdida de audición:

- Intensidad: Es uno de los factores más importante, de la cantidad de ruido dependerá el daño.
- Tipo de Ruido: se puede tener ruidos estables, intermitentes de impacto. Pero el ruido que el ser humano más tolera es el continuo.
- Tiempo de Exposición: Desde dos aspectos son considerados: El tiempo de exposición en su jornada de trabajo diaria y la edad laboral
- Edad: Los trabajadores de una edad avanzada son más propenso a la perdida auditiva.
- Susceptibilidad Individual: Cada persona va a reaccionar de diferente forma, depende como su organismo reaccione.
- Sexo: a través de estudios se ha determinado que las damas son menos propensas al ruido a comparación de los varones. (Garavito, 2007)

Contaminación acústica: Es el grupo de ruidos (fuertes) y ruidos que se propagan por el aire en el medio ambiente. “El oído humano puede tolerar niveles máximos de ruido de aproximadamente 75 dB; el nivel encontrado en algunas ciudades supera este máximo y en algunos casos está por encima del umbral de dolor (120 dB)” (Viamonte, 2018). La legislación europea considera un límite aceptable de 65 dB durante el día y 55 dB durante la noche (Viamonte, 2018 pág. 23). Algunas de las fuentes de contaminación acústica pueden ser: - Automóviles: 80%, - Industrias: 10%, - Ferrocarriles: 6%, - Bares: 4% y otros lugares públicos .Una de las soluciones a la contaminación acústica puede ser: - Crear un mapa sonoro, para acoger medidas de defensa y prevención dependiendo del planeamiento urbanístico de la urbe. (Viamonte, 2018).

Mapa de distribución de ruido ambiental: Los intervalos de volumen se utilizan para preparar mapas de distribución del ruido ambiental representados en colores que se encuentran las normas técnicas peruanas, en la figura 2 observa los rangos de decibeles con sus respectivos colores.

Figura 2: Intervalos de nivel sonoro representado en colores

Presentación de los intervalos de nivel sonoro según la norma ISO : 1996-2 : 1987		
Intervalo de nivel sonoro dB	Nombre de color	color
< 35	VERDE CLARO	
35 - 40	VERDE	
40 - 45	VERDE OSCURO	
45 - 50	AMARILLO	
50 - 55	OCRE	
55 - 60	NARANJA	
60 - 65	CINABRIO	
65 - 70	CARMIN	
70 - 75	ROJO LILA	
75 - 80	AZUL	
80 - 85	AZUL OSCURO	

Fuente: Norma técnica peruana ISO 1996 – 2:1987

Aviones: Un avión es un vehículo que puede volar al obtener apoyo del aire. Contrarresta la fuerza de la gravedad utilizando la sustentación estática o la sustentación dinámica de un perfil aerodinámico o, en algunos casos, el empuje hacia abajo de los motores a reacción (Dictionary.com, 2015).

La actividad humana que rodea a las aeronaves se llama aviación. La ciencia de la aviación, incluido el diseño y la construcción de aviones, se llama aeronáutica. Las aeronaves tripuladas son pilotadas por un piloto a bordo, pero los vehículos aéreos no tripulados pueden ser controlados a distancia o auto controlados por computadoras a bordo. Las aeronaves se pueden clasificar según diferentes criterios, como tipo de sustentación, propulsión de aeronaves, uso y otros.

Impactos del uso de aviones

Las aeronaves permiten viajes de larga distancia y alta velocidad y pueden ser un modo de transporte más eficiente en combustible en algunas circunstancias. Sin embargo, las aeronaves tienen impactos ambientales y climáticos más allá de las consideraciones de eficiencia de combustible. También son relativamente ruidosos en comparación con otras formas de viaje y los aviones a gran altitud generan estelas de condensación, que la evidencia experimental sugiere que pueden alterar los patrones climáticos.

Tipos de aviones

Los aviones se fabrican en varios tipos diferentes optimizados para diversos usos; aviones militares, que incluyen no solo los tipos de combate, sino muchos tipos de aviones de apoyo, y aviones civiles, que incluyen todos los tipos no militares, experimentales y modelo.

Para esta investigación definiremos a los aviones de uso civil

Aviones Civiles

Las aeronaves civiles se dividen en tipos comerciales y generales, sin embargo, existen algunas superposiciones.

Los aviones comerciales incluyen tipos diseñados para vuelos regulares y chárter de aerolíneas, que transportan pasajeros, correo y otra carga. Los tipos

de transporte de pasajeros más grandes son los aviones comerciales, los más grandes de los cuales son aviones de fuselaje ancho. Algunos de los tipos más pequeños también se utilizan en la aviación general, y algunos de los tipos más grandes se utilizan como aviones VIP.

Ruido de aviones

La respuesta de molestia al ruido de un avión está condicionada por una serie de factores, tanto acústicos como no acústicos. Los factores acústicos pueden ser niveles máximos, número de vuelos, composición de la flota y su respectiva distribución en el tiempo. Los factores no acústicos son, por ejemplo, la sensibilidad personal al ruido y la actitud hacia la fuente de ruido (Sparrow, 2019).

Se han realizado estudios sistemáticos sobre las molestias por ruido de los aviones con regularidad durante más de medio siglo. Los análisis de algunos investigadores indican que ha habido un aumento en la molestia por el ruido de las aeronaves en las últimas décadas (Sparrow, 2019 pág. 46). Estos autores afirman que a niveles iguales de exposición al ruido, las personas hoy parecen estar más molestas por el ruido de las aeronaves que entre 30 y 40 años. hace (Sparrow, 2019 pág. 46).

Existe evidencia sustancial de que hay un aumento de la molestia en función del nivel de ruido.

El ruido y el sueño

El sueño es un imperativo biológico y un proceso muy activo que cumple varias funciones vitales. Un sueño sin perturbaciones lo suficientemente prolongado es esencial para el estado de alerta y el rendimiento durante el día, la calidad de vida y la salud. La evidencia epidemiológica de que el sueño perturbado o restringido crónicamente se asocia con resultados de salud negativos (como obesidad, diabetes y presión arterial alta) es abrumador. Por estas razones, la alteración del sueño inducida por el ruido se considera uno de los efectos no auditivos más importantes de la exposición al ruido ambiental. (Sparrow, 2019)

Efectos del ruido de las aeronaves en el sueño

El sistema auditivo tiene una función de vigilancia y analiza constantemente el entorno en busca de amenazas potenciales. Los seres humanos perciben, evalúan y reaccionan a los sonidos ambientales mientras duermen. Como el ruido de las aeronaves es un ruido intermitente, sus efectos sobre el sueño están determinados principalmente por el número y las propiedades acústicas. Sin embargo, si el ruido perturbará o no el sueño también depende de la situación (Sparrow, 2019).

Los ancianos, los niños, los trabajadores por turnos y las personas con mala salud se consideran en riesgo de trastornos del sueño inducidos por el ruido. Los niños se encuentran en una etapa de desarrollo sensible y, a menudo, duermen durante las horas intermedias del día con altos volúmenes de tráfico aéreo. Asimismo, los trabajadores por turnos suelen dormir durante el día cuando su ritmo circadiano promueve la vigilia y cuando el volumen de tráfico es alto. La profundidad del sueño disminuye con la edad, razón por la cual los ancianos suelen despertarse más fácilmente con el ruido que los sujetos más jóvenes.

Evaluación de efectos de ruido

Los sujetos expuestos al ruido suelen habituarse, y las funciones de exposición-respuesta derivadas en el campo (donde los sujetos a menudo han estado expuestos al ruido durante muchos años) son mucho más superficiales que las derivadas en entornos de laboratorio desconocidos.^{34,35} Desafortunadamente, el tamaño de la muestra y la respuesta Las tasas de los estudios que son la base de las relaciones exposición-respuesta fueron generalmente bajas, lo que restringe la generalización.

Aunque los niveles de ruido equivalentes están correlacionados con las alteraciones del sueño, existe un acuerdo general en que el número y las propiedades acústicas de los eventos de ruido reflejan mejor el grado de alteración del sueño (especialmente para el ruido intermitente de las aeronaves). Como las funciones de exposición-respuesta no suelen tener un aumento repentino claramente discernible de las alteraciones del sueño a un nivel de ruido específico, la definición de valores límite no es sencilla y sigue siendo una

decisión política que sopesa las consecuencias negativas del ruido de los aviones sobre el sueño con los beneficios económicos y sociales de tráfico aéreo (Sparrow, 2019).

Mitigación de ruido

Mitigar los efectos del ruido de los aviones en el sueño es un enfoque de tres niveles. La reducción de ruido en la fuente tiene la máxima prioridad. Sin embargo, como se necesitarán años para que nuevos aviones con emisiones de ruido reducidas penetren en el mercado (y, por tanto, no resolverán el problema en un futuro próximo), se necesitan medidas adicionales inmediatas. Por ejemplo, los procedimientos de despegue y aterrizaje con reducción de ruido a menudo se pueden implementar más fácilmente durante la noche con poco tráfico. La planificación del uso de la tierra se puede utilizar para reducir el número de sujetos expuestos de manera relevante. El aislamiento acústico pasivo (incluida la ventilación) representa medidas de mitigación que pueden ser eficaces para reducir los trastornos del sueño, ya que los sujetos suelen pasar la noche en el interior. En algunos aeropuertos, la regulación ha impuesto toques de queda de tráfico nocturno. Es importante alinear el período de toque de queda con los patrones de sueño (que varían internacionalmente) de la población.

Estrategias de mitigación de ruido

Las autoridades y los responsables políticos han reconocido la molestia debida al ruido de los aviones como un efecto nocivo que debe reducirse o prevenirse. Se da prioridad a la reducción del ruido en la fuente (por ejemplo, ruido del motor, ruido aerodinámico) y a la reducción del impacto del ruido mediante el ajuste de los procedimientos operativos y las trayectorias de despegue y aterrizaje. En Europa, se hicieron intentos de modificar el espectro de ruido para producir un “sonido” más agradable. Estos cambios tuvieron poco o ningún efecto. El aislamiento acústico de las viviendas se aplica a menudo, pero tales medidas no tienen consecuencias para la experiencia exterior del ruido de los aviones. La influencia observada en la molestia de factores personales no acústicos como el control percibido y la confianza en las autoridades sugiere que las estrategias de comunicación que abordan estos problemas podrían contribuir

a la reducción de la molestia, junto o incluso en ausencia de una reducción del ruido.

Impactos en la salud

Existe varios elementos que evidencian los impactos en la salud del ruido ambiental, que involucran alteraciones del sueño, respuesta fisiológica de lucha y huida y molestia (Sparrow, 2019).

Un estudio de casos y controles (137,577 casos y 355,591 controles) del estudio NORAH51 no encontró asociaciones en general para el ruido de las aeronaves con la hipertensión, pero un mayor riesgo para el subgrupo de aquellos que desarrollaron hipertensión relacionada con la enfermedad cardíaca, es decir, casos más graves. Una publicación posterior de una pequeña cohorte (N = 420) con hasta 9 años de seguimiento en Atenas que formó parte del estudio original HYENA (Hipertensión y exposición al ruido cerca de los aeropuertos) encontró un riesgo 2.6 veces mayor de hipertensión en asociación con un aumento de 10 dB en el ruido de los aviones durante la noche (Sparrow, 2019 pág. 49). La hipertensión muestra una asociación positiva pero no estadísticamente significativa que refleja una inconsistencia general entre los estudios.

Ruido de las aeronaves y efectos metabólicos (diabetes, obesidad, circunferencia de la cintura, biomarcadores metabólicos)

Una revisión sistemática identificó un estudio de cohorte sueco que consideró el ruido de las aeronaves, que encontró una asociación significativa entre la exposición al ruido de las aeronaves y el aumento de la circunferencia de la cintura durante un seguimiento de 8 a 10 años, pero no para el índice de masa corporal (IMC) o la diabetes tipo 2 (Sparrow, 2019). Tres publicaciones más recientes también informan algunas asociaciones del ruido de las aeronaves con las alteraciones metabólicas. 57-59 Un análisis de un estudio de cohorte suizo de 2017 que forma parte del proyecto SIRENE sugirió una duplicación aproximada de la incidencia de diabetes por cada 12 dB de aumento en la exposición al ruido de las aeronaves y positivo aunque no -asociaciones significativas de la exposición al ruido de los aviones con la hemoglobina glicosilada, una medida

del control de la glucosa en los últimos tres meses y un predictor de diabetes. Un estudio de 2017 en Corea de 18.165 mujeres embarazadas identificadas a través de registros de seguros de salud, encontró una asociación entre exposición al ruido de los aviones durante el primer trimestre del embarazo, pero no durante el día, y el riesgo de diabetes mellitus gestacional (Sparrow, 2019).

Ruido de las aeronaves y salud mental

Quedan muy pocos estudios sobre la exposición al ruido de las aeronaves en relación con el bienestar, la calidad de vida y la mala salud psicológica, se ha publicado un importante análisis alemán del estudio NORAH, que encontró una asociación significativa con la depresión registrada en las reclamaciones de seguro médico. Las estimaciones de riesgo aumentaron con el aumento de los niveles de ruido a un Ratio (OR) máximo de 1,23 (95% CI = 1,19-1,28) a 50-55 dB (promedio de 24 horas), pero disminuyeron en categorías de exposición más altas. La razón de esto no está clara, pero puede deberse potencialmente a incertidumbres relacionadas con un número muy pequeño de casos expuestos y con niveles de ruido más altos. Un estudio de cohorte que siguió a 1185 escolares alemanes de 5-6 a 9-10 años no encontró asociaciones de la exposición al ruido de los aviones con problemas de salud mental (como síntomas emocionales, hiperactividad y problemas de conducta), pero como el estudio utilizó molestias por ruido de los padres en el lugar de residencia como medida de exposición en contraposición a los niveles de exposición cuantitativos evaluados objetivamente (modelados o medidos), es difícil sacar conclusiones firmes (Sparrow, 2019).

Exposición al ruido de las aeronaves y aprendizaje de los niños

Varios estudios han encontrado efectos de la exposición al ruido de los aviones en la escuela o en el hogar en la comprensión lectora o las habilidades de memoria de los niños o en los puntajes de las pruebas estandarizadas. El estudio RANCH (Road traffic and Aircraft Noise and Children's Cognition & Health) de 2844 niños de 9-10 años de 89 escuelas alrededor de los aeropuertos de Londres Heathrow, Ámsterdam Schiphol y Madrid Barajas encontraron asociaciones entre exposición-respuesta entre el ruido de los aviones y una comprensión lectora más pobre y una memoria de reconocimiento más pobre,

después de tener en cuenta la posición social y la exposición al ruido del tráfico en la carretera. A 5 dB El aumento en la exposición al ruido de las aeronaves se asoció con un retraso de dos meses en la edad de lectura en el Reino Unido y un retraso de un mes en los Países Bajos. Estas asociaciones no se explicaron por la contaminación del aire por el ruido de los aviones durante la noche, también se asoció con problemas de comprensión lectora y memoria de reconocimiento, pero el ruido nocturno no tuvo un efecto adicional al del ruido diurno. exposición sobre la comprensión lectora o la memoria de reconocimiento. Los efectos del ruido de las aeronaves en el aprendizaje de los niños se han demostrado en una variedad de métricas de ruido de aeronaves que incluyen LAeq, Lmax, número de eventos por encima de un umbral y tiempo por encima de un umbral (Sparrow, 2019).

Enfoque equilibrado para la gestión del ruido de las aeronaves

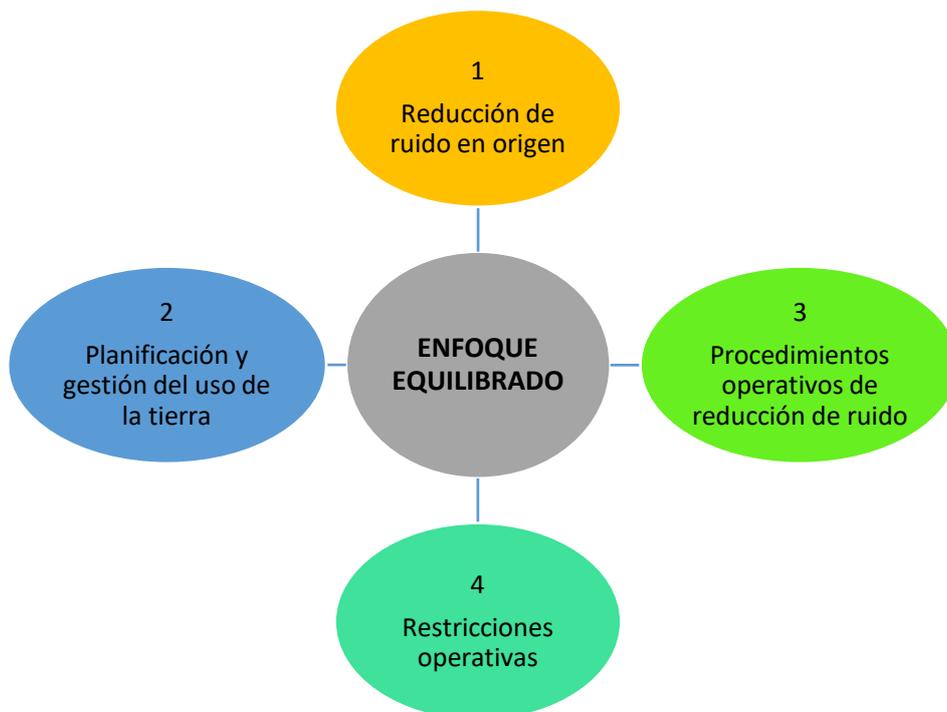
El ruido de las aeronaves es la causa más importante de reacciones adversas de la comunidad relacionadas con la operación y expansión de los aeropuertos. Se espera que este siga siendo el caso en la mayoría de las regiones del mundo en el futuro previsible. Por lo tanto, limitar o reducir el número de personas afectadas por el ruido significativo de las aeronaves es una de las principales prioridades de la Organización de Aviación Civil Internacional OACI y uno de los objetivos ambientales clave de la Organización (Organización de Aviación Civil Internacional, 2017).

La principal política general de la OACI sobre el ruido de las aeronaves es el Enfoque equilibrado para la gestión del ruido de las aeronaves, adoptado por la Asamblea de la OACI en su 33 ° período de sesiones (2011) y reafirmado en todos los períodos de sesiones posteriores de la Asamblea (referencia: Resolución A39-1 de la OACI, Apéndice C). En el Doc 9829 de la OACI, Orientación sobre el enfoque equilibrado para la gestión del ruido de las aeronaves, se proporciona orientación detallada sobre la aplicación del enfoque equilibrado (Organización de Aviación Civil Internacional, 2017).

El Enfoque Equilibrado consiste en identificar el problema del ruido en un aeropuerto específico y analizar varias medidas disponibles para reducir el ruido a través de la exploración de diversas medidas que se pueden clasificar en

cuatro elementos principales, descritos en la Figura 3. El objetivo es abordar los problemas del ruido en un aeropuerto individual e identificar las medidas relacionadas con el ruido que logren el máximo beneficio ambiental de la manera más rentable utilizando criterios objetivos y mensurables (Organización de Aviación Civil Internacional, 2017).

Figura 3: Los cuatro elementos principales del enfoque equilibrado para la gestión del ruido de las aeronaves



Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional (2017)

Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete de Cusco

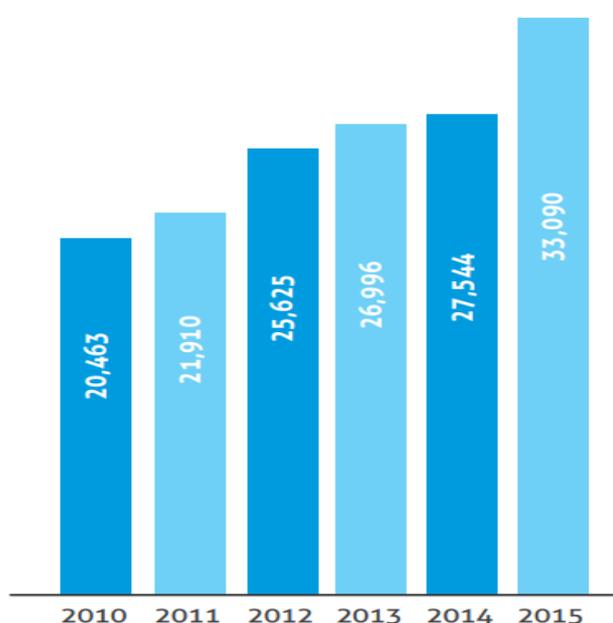
Este aeropuerto comenzó operaciones en diciembre de 1964 y se ubicada en la región y provincia de Cusco, distrito de Wanshaq-San Sebastián. Este aeropuerto se ubica a solo 3.7 kilómetros del centro de la ciudad (Larenas, 2018).

Este aeropuerto no labora las 24 horas del día, solo de 6 AM a 8 PM, ya que su aproximación es principalmente visual e inexacta VOR, existe la viabilidad de operaciones nocturnas mediante procedimientos satelitales GPS, lo que permitiría incrementar las operaciones y llegadas de turistas, pero esto aún está en estudio (Larenas, 2018).

Estadísticas Aeropuerto de Cusco

En la actualidad, el Aeropuerto de Cusco es el aeropuerto con mayor flujo de pasajeros en el sur de Perú con más de 3 millones de usuarios anuales y un promedio de más de 120 vuelos diarios; durante 2017 pasaron por este aeropuerto 3,290,452 pasajeros en vuelos domésticos desde los aeropuertos de Lima, Trujillo, Puerto Maldonado, Juliaca y Arequipa. En cuanto al tráfico internacional arribaron y partieron 89.166 pasajeros hacia el único destino internacional que operó durante ese año, La Paz; existen 6 aerolíneas que vuelan diariamente a Cusco en vuelos nacionales e internacionales, además de una que solo opera estacionalmente, estas aerolíneas, en conjunto suman más de 120 vuelos diarios (Larenas, 2018).

Figura 4: Tasa de crecimiento anual promedio de 7.6% en número de vuelos



Fuente: OSITRAN (2016)

Software (ArcGIS)

Es un medio de información geográfica, con una interfaz gráfica de usuario, fácil de usar con el mouse, que facilita la descarga de datos espaciales y tabulares para su visualización en forma de mapas, tablas y gráficos, y también proporciona las herramientas necesarias para consultar y analizar datos y presentar resultados como mapas de calidad (Puerta, y otros, 2011 pág. 8).

Algunos ejemplos de lo que se puede obtener son mapas temáticos, creación y edición de datos, análisis espacial, geocodificación de direcciones, etc. ArcGIS consta de tres aplicaciones incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, que son, ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Puerta, y otros, 2011 pág. 8).

Análisis espacial

El análisis espacial es uno de las partes más atractivas y fascinantes de SIG. Su objetivo es extrapolar información nueva de los existentes datos para permitir una mejor toma de decisiones; si bien el mapeo y la visualización de datos en un mapa es en sí mismo un modo de análisis, y los mapas por su naturaleza requieren la interpretación de los patrones y las relaciones que los muestran, el análisis espacial va un paso más allá y aplica procesos geográficos, estadísticas y matemáticas para los datos representados en el mapa. ArcGIS ofrece cientos de procesos y herramientas analíticas, como estadísticas espaciales, para determinar qué puede decir un conjunto de puntos de muestra sobre la distribución de fenómenos como la calidad del aire o las características de la población; puede combinar entradas de diferentes fuentes de datos y obtener conjuntos de información completamente nuevos que, a su vez, pueden compartirse con otros usuarios para utilizarlos como entradas para análisis posteriores. Las derivaciones del análisis espacial se muestran en mapas o informes. ArcGIS contiene una amplia gama de herramientas para crear visualizaciones de características espaciales como densidad, distribución, enfoque geográfico, flujo, proximidad y conectividad; también, se pueden generar mapas y aplicaciones que den acceso a los modelos y procesos analíticos del que lo usa y así ponerlos a disposición de quienes quieran usarlos (Esri Oficial Distributor, 2020).

Interpolación Espacial

La generación de superficies a partir de datos distribuidos irregularmente es una tarea para muchas disciplinas, la interpolación espacial se utiliza para evaluar los datos físicos en un dominio continuo. Las diferentes tecnologías prometen variados métodos de trabajo, según las características de los puntos

de datos primarios. Hay una variedad de métodos que pueden realizar esta tarea, pero la dificultad reside en elegir el mejor método para reproducir la superficie real. (Interpolatin methods comparison, 1998).

Geoestadística

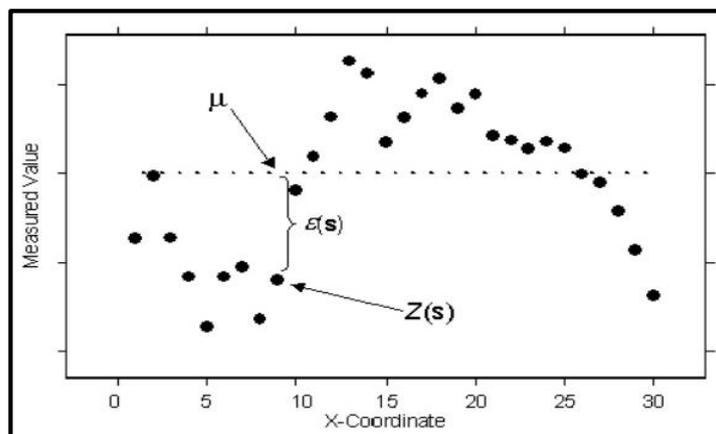
Para Moral (2004), la geoestadística es “un conjunto de herramientas y técnicas que sirven para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio o en el tiempo de una forma continua” (pág. 3).

Kriging

El término kriging proviene del nombre del geólogo sudafricano Dr. Craig, cuyo trabajo en la pronosticación de reservas de oro, efectuado en la década de 1950, a menudo se considera un pionero en los métodos de interpolación espacial. Kriging contiene un conjunto de métodos de predicción espacial basados en empequeñecer el error de predicción cuadrática media (Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales, 2004).

El Kriging normal es $Z(s) = \mu + \epsilon(s)$, donde μ es una constante que no se conoce. Una de los importantes argumentos relacionadas con el kriging normal es si la suposición de una media invariable es razonable. A veces existe buenas científicas razones para objetar esta suposición. Sin embargo, como método de predicción simple, tiene una flexibilidad valiosa. La figura siguiente es un ejemplo de dimensión espacial: (García, 2004).

Figura 5: Dimensión espacial



Fuente: Esri (2017)

Los datos parecen ser valores de altitud recopilados de una línea que atraviesa un valle y una montaña. Los datos también parecen ser más variados a la izquierda y más suaves a la derecha. Es más, estos datos fueron simulados a partir de un modelo de kriging normal con una constante media μ . La media verdadera pero desconocida viene dada por la línea de puntos. Por ende, el kriging normal se puede utilizar para datos que parezcan tener tendencia. No hay forma de decidir, basándose solo en los datos, si el patrón visto es la derivación de la autocorrelación -entre los errores $e(s)$ con μ constante- o tendencia, con $\mu(s)$ cambiando con s .

Isotropia y Anisotropia

En general, se considera que la varianza del valor de una variable con espacio es la misma en todas las direcciones de este llamado esquema semivariado; si esto sucede, decimos que la variable tiene un comportamiento isotrópico. Pero este no es siempre el caso, y la variación espacial puede ser diferente en diferentes direcciones del espacio (anisotropía), entonces es mejor realizar semivariogramas considerando por separado varias direcciones del espacio (semivariogramas direccionales); Pero los gráficos cuasidireccionales ofrecen un ajuste peor que los omnidireccionales, lo cual es de esperar debido al menor número de pares de puntos (Geostatística, 2006).

Desarrollo del marco conceptual del trabajo de investigación:

Decibeles (dB)

Se utiliza una unidad adimensional para expresar el logaritmo de la relación entre la cantidad medida y la cantidad de referencia. Es un décimo del bel (b) y denota la unidad en la que generalmente se expresa el nivel de presión sonora (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Receptor

Son las personas o grupo de personas que está o se espera que esté expuesto a un ruido particular. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Monitoreo

Medición y adquisición de datos de forma programada para parámetros que afecten o modifiquen la calidad ambiental (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015).

Ondas

Las ondas son perturbaciones creadas al momento en que se comprimen las moléculas cercanas a un cuerpo que vibra. Las ondas se propagan a cierta velocidad, dependiendo de la densidad, elasticidad y propiedades del medio (Henao, 2007).

Ruido

Por extensión, el ruido es cualquier perturbación injustificada dentro de una banda de frecuencia útil, sonido no deseado, como ondas eléctricas no deseadas en un canal o dispositivo de transmisión (A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke, 2019).

Frecuencia

Es el número de oscilaciones de la onda por unidad de tiempo. Se mide en hercios (Hz). La frecuencia es el factor que mide la intensidad de un sonido. Los clasifica en tonos bajos cuando hay bajas frecuencias y en tonos altos cuando hay altas frecuencias. El oído normal de los jóvenes puede percibir sonidos que caen en el rango de frecuencia de 20 a 20.000 Hz, esto se denomina rango de frecuencia audible. El oído humano es especialmente sensible a las frecuencias comprendidas entre 1000 a 5000 HZ. El rango de conversación se encuentre en un intervalo de 300 a 3000 HZ (Henao, 2007 pág. 12).

Potencia sonora

La potencia sonora es la energía sonora total irradiada por una fuente en todas las direcciones y se mide en vatios (W). (Acoustic Glossary, 2020)

Nivel de presión sonora máxima

Es el Nivel máximo de presión sonora máximo registrado durante un período de medición determinado. (Ministerio del Ambiente, 2011).

Nivel de presión sonora mínima

Es el nivel mínimo de presión sonora registrado durante un período de medición determinado. (Ministerio del Ambiente, 2011).

Intensidad Sonora

Este elemento se define como la “Cantidad de energía sonora que pasa a través de una unidad de área perpendicular a la dirección de propagación por unidad de tiempo. Se expresa en (W / m^2)” (Acustic Glossary, 2020).

OACI

“Es la Organización de Aviación Civil Internacional que tiene como meta desarrollar la aviación civil en todo el mundo y buscar los medios adecuados para lograr este fin, ya sean legales, económicos o técnicos” (Viamonte, 2018 pág. 28)

Estrés

El termino se define como “una reacción fisiológica del organismo en el que entran en juego diversos mecanismos de defensa para afrontar una situación que se percibe como amenazante o de demanda incrementada” (Viamonte, 2018 pág. 27).

Calibrador Acústico

El calibrador acústicos “Es el instrumento normalizado utilizado para verificar la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición y que satisface las especificaciones declaradas por el fabricante” (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015 pág. 23).

III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

El diseño de La presente investigación es de tipo descriptivo correlacional, porque busca la relación de sus variables con un diseño de investigación no experimental debido a que en ningún momento se manipulara deliberadamente las variables de carácter transversal (Hernández-Sampieri, y otros, 2014). Según Hernández-Sampieri et al. (2010), "El diseño transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único. Tiene como propósito analizar su Incidencia en un respectivo momento en un único momento" (pág. 151).

3.2 Variables y operacionalización

Se tiene como título "Análisis espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco, 2020", se identificó las siguientes variables:

Tabla 2. Operacionalización de variables

Análisis espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete, 2020''					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE					
Contaminación Acústica	Sonido innecesario que cambian las condiciones normales del entorno en una zona concreta. Si bien no se comporta como otras contaminaciones como acumulativo, traslativo o por perduración, también generan daños en la calidad de vida del humano, ya que solo nos recomienda oír sonidos con frecuencia de 55 decibles porque ruidos mayores a 60 decibles pueden afectarnos negativamente en la nuestro bienestar y salud.	Se medirá en 10 puntos críticos en intersecciones de calles y avenidas circundantes al Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete de la ciudad del Cusco. Se realizará el monitoreo en 3 horarios: 8.00 de la mañana, 1 pm tarde y 6 pm de la noche, durante 10 días, después se comparará con el ECA.	1. Intensidad de ruido	>60dB <60dB	dB
			2. Frecuencia de ruido	Baja	20Hz a 500Hz
				Media	500Hz a 2000Hz
			Alta	2000Hz a 20000Hz	
DEPENDIENTE					
Avión comercial	Los aviones comerciales de deben a la propulsión de motor por eso es un aerodino y se sustenta en el vuelo por reacciones aerodinámicas en superficies fijas de acuerdo a diferentes condiciones de vuelo, se utilizan comúnmente para transportar equipajes y pasajeros.	Se realizara un conteo de la cantidad de aviones que aterrizan y despegan del Aeropuerto.	Cantidad de despegue y aterrizo de aviones.	Calidad de ruido Ambiental	Ruido

Fuente: Elaboración Propia

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: Está compuesta por las zonas críticas circundantes al aeropuerto.

Para determinar la población de las estaciones de monitoreo de ruido de los centros urbanos circundantes al aeropuerto se seleccionaron áreas representativas como son los distritos afectados como Whanchac y San Sebastián de acuerdo a la fuente de generación de ruido (extensión de pista de aterrizaje 3.52 km x 45 m) que producen los aviones al despegar y aterrizar como describe en la Tabla N° 3.

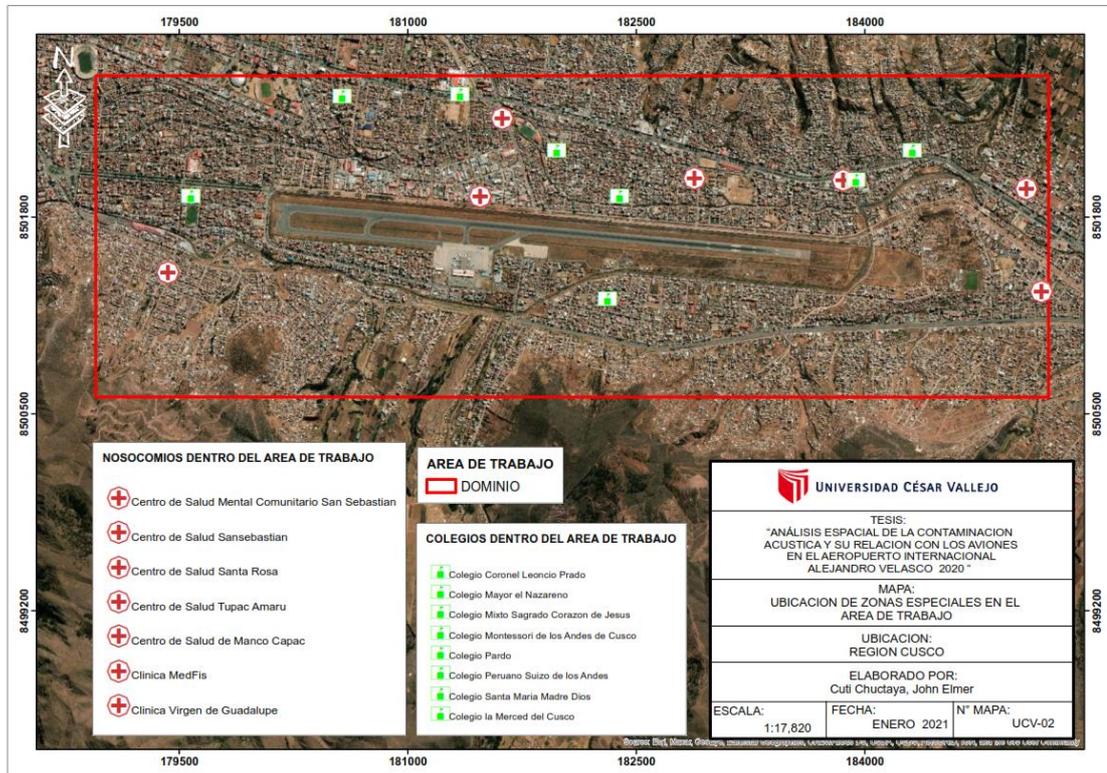
Tabla 3. Ubicación de zonas críticas urbanas circundantes al Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

Distrito	Ubicación
San Sebastián	Av. La Costanera con Av. Fernando Belaunde Terry
	Av. Pacifico con calle México
	Av. La Costanera con Calle. Aeropuerto
	Av. La Costanera con Au. Surimana
	Vía Expresa con Calle Inglaterra
	Vía Expresa con Tomas Tuyro Tupac
	Calle. Mariscal Castilla con Loreto.
Wanchaq	Vía Expresa con Calle República de Ecuador
	Au. Velasco Ástete con Av. Jorge Chávez.
	Calle Coronel Alfredo Mendiivil Duarte con Calle Daniel Estrada Pérez

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 6 se muestra el mapa con las zonas críticas urbanas próximos al Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

Figura 6: Mapa con zonas críticas próximos al Aeropuerto Alejandro Velasco Astete



Fuente: Google Earth

Muestra: 10 puntos críticos

Se seleccionaron un total de 10 estaciones distribuidos en los distritos San Sebastián y Whanchac circundantes al aeropuerto, se eligieron las áreas más representativas bajo el criterio de zonas generadoras de ruido ambiental por flujo de aviones que sobrevuelan las zonas residenciales de la ciudad del Cusco. Se identificaron y se asignaron 10 zonas críticas donde se realizó la ubicación puntual con un GPS.

Tabla 4: Estaciones críticas seleccionadas

Distrito	Estación	Ubicación	E/N	Coordenadas UTM	Zonificación según ECA
S a n S e b a s t i a n	Estación 1	Av. La costanera con Av. Fernando Belaunde Terry	E	182670.26 m E	Residencial
			N	8501380.46 m S	
	Estación 2	Av. Pacifico con calle México	E	182815.35 m E	Residencial
			N	8501107.98 m S	
	Estación 3	Av. La Costanera con calle Aeropuerto	E	183849.00 m E	Residencial
			N	8501279.00 m S	
	Estación 4	Av. La costanera con Av. Surimana	E	184419.00 m E	Residencial
			N	8501286.00 m S	
	Estación 5	Vía Expresa con Calle Inglaterra	E	183803.00 m E	Residencial
			N	8501680.00 m S	
	Estación 6	Vía Expresa con Tomas Tuyro Tupac	E	182454.00 m E	Residencial
			N	8501802.00 m S	
	Estación 7	Calle Mariscal castilla con Loreto.	E	181903.00 m E	Residencial
			N	8502262.00 m S	
W a n c h a q	Estación 8	Vía Expresa con Calle República de Ecuador	E	181142.00 m E	Residencial
			N	8501924.00 m S	
	Estación 9	Av. Velasco Astete con Av. Jorge Chávez.	E	180068.00 m E	Residencial
			N	8501845.00 m S	
	Estación 10	Calle Coronel Alfredo Menvivil Duarte con Calle Daniel Estrada Pérez	E	180813.00 m E	Residencial
			N	8501564.00 m S	

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Mapa con puntos críticos próximos al Aeropuerto Alejandro Velasco Astete



Fuente: Google Earth

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Técnicas de la investigación

Para recolectar datos en el campo para la contaminación acústica se utilizó la técnica de observación. Hernández et al. (2010), refiere que son datos que se pueden visualizar ya que ocurre en un tiempo efectivo distribuyendo y determinando hechos dentro de un esquema, los problemas que se van a analizar en un determinado tiempo.

Instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación se utilizaron la Ficha de observación, es en ella que se registraron los datos numéricos de ruido. El otro instrumento fue el Sonómetro integrado para medir el ruido, debidamente calibrado y certificado.

Las características de este sonómetro están descritas en la tabla 6. El certificado de calibración se detalla en el anexo 5.

Tabla 5. Características específicas del equipo de medición

EQUIPO	DESCRIPCION
Marca	Extech
Modelo	407730
Tipo	2
Certificado de calibración	N°CE-0170-2017

Fuente: Conasin Cusco S.R.L

Tabla 6. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

N°	ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	Resultado
1	Reconocimiento del área	Flujo de aviones	Observación	Google Earth, Cámara Fotográfica (ANEXO 4)	Imagen satelital, Fotografías
2	Ubicación de puntos de muestreo	Áreas Urbanas circundante al Aeropuerto	Observación	GPS (ANEXO 4)	Puntos de muestreo Ubicado
3	Medición de Arribos y Aterrizajes de aviones	Áreas Urbanas circundante al Aeropuerto	Observación	Sonómetro, trípode, Ficha de campo y GPS (ANEXO 4)	Datos de LAeqT
4	Cantidad de flujo de aviones	Flujo de aviones	Observación	Calculadora, Excel (4)	Dato de arribos y aterrizajes

Fuente: Elaboración Propia

Validez y confiabilidad

En la tabla N° 7 se detalla la evaluación de los tres expertos en materia ambiental, ellos opinaron el porcentaje de validación con un 91% validez.

Tabla 7. Opinión de los expertos de instrumentos de investigación.

Experto	DNI	Especialista del experto	% de validación: opinión
Zuñiga Negrón Juan José	23989604	Ing. Ambiental	88%
John A. Paucar Ancco	46625928	Ing. Ambiental	92%
Irving J. Lizarraga Isla	46625928	Ing. Ambiental	87.2%
PROMEDIO			89%

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procesamiento de la información

Procedimiento para el programa de monitoreo

Para la recolección de información se utilizó la siguiente tabla N°8 donde se muestra las estaciones monitoreadas como los distritos, estaciones, ubicaciones exactas, coordenadas exactas y zonificación según ECA ruido.

Tabla 8: Estaciones monitoreadas

Distrito	Estación	Ubicación	E/N	Coordenadas UTM	Zonificación según ECA
S a n S e b a s t i a n	Estación 1	Av. La costanera con Av. Fernando Belaunde Terry	E	182670.26 m E	Residencial
			N	8501380.46 m S	
	Estación 2	Av. Pacifico con calle México	E	182815.35 m E	Residencial
			N	8501107.98 m S	
	Estación 3	Av. La Costanera con calle Aeropuerto	E	183849.00 m E	Residencial
			N	8501279.00 m S	
	Estación 4	Av. La costanera con Av. Surimana	E	184419.00 m E	Residencial
N			8501286.00 m S		
Estación 5	Vía Expresa con Calle Inglaterra	E	183803.00 m E	Residencial	
		N	8501680.00 m S		
Estación 6	Vía Expresa con Tomas Tuyro Tupac	E	182454.00 m E	Residencial	
		N	8501802.00 m S		
Estación 7	Calle Mariscal castilla con Loreto.	E	181903.00 m E	Residencial	
		N	8502262.00 m S		
W a n c h a q	Estación 8	Vía Expresa con Calle República de Ecuador	E	181142.00 m E	Residencial
			N	8501924.00 m S	
	Estación 9	Av. Velasco Astete con Av. Jorge Chávez.	E	180068.00 m E	Residencial
			N	8501845.00 m S	
	Estación 10	Calle Coronel Alfredo Menvil Duarte con Calle Daniel Estrada Pérez	E	180813.00 m E	Residencial
			N	8501564.00 m S	

Fuente: Elaboración propia

Estación de monitoreo

Las estaciones de monitoreo se ubicaron en puntos críticos específicamente en intersecciones de zonas residenciales, libres de objetos que interfieran en la toma de muestras, se utilizaron los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental de ruido, horario diurno (Tabla 9).

Tabla 9. *Parámetros utilizados de los Estándares de Calidad Ambiental para ruido.*

ESTANDARES NACIONALES DE CALIDAD PARA RUIDOS	
Zona de aplicación	Horario Diurno
Zona de Protección especial	50 dBA
Zona Residencial	60 dBA
Zona Comercial	70 dBA
Zona Industrial	80 dBA
Zona Critica	Más de 80 dBA a cualquier hora

Fuente: Manual de Derecho Ambiental (Andaluz Westricher, 2014)

a) Materiales y equipos utilizados

- 1 Sonómetro integrador de tipo 1, Marca SPER SCIENTIFIC, Modelo 840015. Cumple con las Normas IEC 651, Clase 1.
- 1 trípodes de 1.5 metros
- Sistema de posicionamiento global (GPS).
- Cámara Fotográfica
- Calculadora
- 1 Laptop
- Ficha de campo
- Material de escritorio

b) Etapa de medición

Una vez identificadas las estaciones, se realizó mediciones en los diez puntos establecidos, los procedimientos seguidos se muestran a continuación:

- Ausencia de precipitación (Anexo 7)

- La instalación de Sonómetro
- Uso de GPS para el reconocimiento de coordenadas
- Identificación de la zona específica de los puntos de medición
- Ubicación del trípode a una altura de 1.5m
- Instalación del sonómetro y inclinado de 70° a 80° grados con respecto al plano horizontal paralelo al suelo, formando un ángulo orientado hacia la salida o despegue de aviones.
- Se mantiene una distancia prudente entre el sonómetro y cualquier objeto que interfiera en la alteración de las mediciones.
- Se programa el tiempo de medición de 60 segundos en cada aterrizaje y arribo de aviones.

3.6 Método de análisis de datos

Recojo de datos

Los monitoreo del estudio se realizó del 05 al 14 de noviembre de 2020, y el segundo y tercer monitoreo se realizaron del 1 al 20 de diciembre del 2020. Todas las medidas se hicieron durante el día, de acuerdo al cronograma de horario de vuelos del aeropuerto.

Tabla 10. Cronograma de monitoreo

FECHAS DE MONITOREOS				
Ubicación de Monitoreo	Puntos de monitoreo	Fecha (Muestra 1)	Fecha (Muestra 2)	Fecha (Muestra 3)
Av. La costanera con Av. Fernando Belaunde Terry	Punto 1	05/11/2020	01/12/2020	11/12/2020
Av. Pacifico con calle México	Punto 2	06/11/2020	02/12/2020	12/12/2020
Av. La Costanera con Av. Surimana.	Punto 3	07/11/2020	03/12/2020	13/12/2020
Vía Expresa con Calle Inglaterra	Punto 4	08/11/2020	04/12/2020	14/12/2020
Vía Expresa con Tomas Tuyro Tupac	Punto 5	09/11/2020	05/12/2020	15/12/2020
Av. Perú con Prolongación Túpac Amaru.	Punto 6	10/11/2020	0/12/2020	16/12/2020
Vía Expresa con Calle Republica de Ecuador	Punto 7	11/11/2020	07/12/2020	17/12/2020

Av. Velasco Astete con Av. Jorge Chávez.	Punto 8	12/11/2020	08/12/2020	18/12/2020
Calle Coronel Alfredo Mendivil Duarte con Calle Daniel Estrada Perez.	Punto 9	13/11/2020	09/12/2020	19/12/2020
Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.	Punto 10	14/11/2020	10/12/2020	20/12/2020

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar las mediciones de ruido generados por el flujo de aviones se asignaron tres muestras: la muestra 1 se realizó entre el 05 de noviembre del 2020 hasta el 14 de noviembre del mismo año, la muestra 2 se realizó entre el 01 de diciembre del 2020 hasta el 10 de diciembre del mismo año, la muestra 3 se realizó entre el 11 de diciembre del 2020 hasta el 20 de diciembre del mismo año, eligiendo estas fechas representativas como muestras, para el respectivo monitoreo se tomó en consideración la escases de precipitación tal como nos indica la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 1996-1,2008 ,donde se detalla el grafico de precipitación de la fecha 05 de noviembre del 2020 hasta el 20 de diciembre del mencionado año. Todas las mediciones se realizaron de lunes a domingo en horario diurno (8:00 am a 17:00) de acuerdo al cronograma de horario de vuelos del aeropuerto mencionado. Los horarios diurnos de vuelos del aeropuerto se realizaron de acuerdo al horario diurno ECA ruido que es 60 dBA. Se utilizó el sonómetro para el registro del nivel de presión sonora instantáneo en unidades de decibeles (dBA) con ponderación A y modo Fast, con el cual se obtiene en forma directa el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente con Ponderación A (LAeqT), para tomar las mediciones el sonómetro mantiene una altura de 1.5 metros con el micrófono omnidireccional exactamente como se apunta el micrófono a la fuente del ruido. Para el registro del flujo de aviones se realizó un conteo de aviones en el horario diurno de 8 am a 17 pm donde el conteo se llevó por cada despegue y arribo de aviones. En el Anexo 3 se puede presenciar el registro de arribo y despegue de aviones en el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete de la ciudad del Cusco. Previa calibración del equipo se realiza el tiempo de registro de las mediciones, ya que fue en 15 segundos para cada medida de arribo y

despegue de flujo de aviones. Para luego registrarlo en las fichas de campo de monitoreo de ruido ambiental Anexo 3 basándome en el protocolo de monitoreo de ruido ambiental.

Técnicas estadísticas usadas

Se utilizó el programa Rstudio para evaluar cómo el ruido (dB) varía en los estados del avión (Despegue y arribo), distritos (Sal Lorenzo y Whanchaq) y puntos de monitoreo (E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 y E10), se ajustaron modelos lineales mixtos (MLM) con pruebas post-hoc de Tukey. Los modelos se establecieron utilizando una distribución de error Gaussiana con una función de identidad Link-log (se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para calcular la normalidad de los datos). Para explicar la posible falta de independencia entre los datos de ruido, se incluyó al estado de avión, puntos de muestreo y distrito como un factor aleatorio. Todos los análisis se realizaron utilizando el software R-Project (R Development Core Team 2015); para el MLM usamos las librerías lme4, effects y lmerTest (Bates et al.2015; Kuznetzova y Brockhoff 2015), para los modelos lineales los paquetes nls2 y ggplot2 (Greenwell y Schubert 2014; Wickham 2016), finalmente para la serie temporal aplicamos el paquete plyr (Hadley 2011).

Para la descripción de la variable se usaron Gráficos de barras, la prueba de Turkey (Vara, 2010 pág. 347).

Análisis espacial de la contaminación sonora

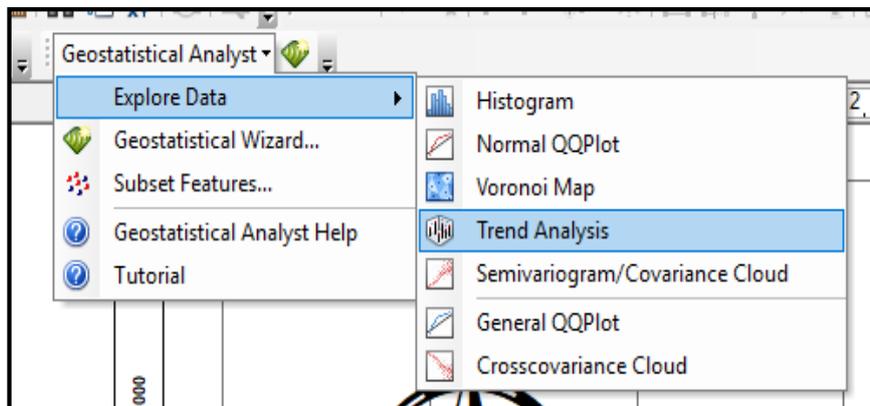
Para el análisis espacial se trabajó con la extensión ArcGIS Geostatistical Analyst, esta brinda la capacidad de modelado de superficies utilizando métodos geoestadísticos. Las herramientas que proporciona están completamente integradas con los entornos de modelado SIG y permiten a los profesionales SIG generar modelos de interpolación y evaluar su calidad antes de utilizarlos en cualquier análisis posterior.

Las herramientas proporcionadas en la extensión ArcGIS Geostatistical Analyst se agrupan en dos categorías:

- La barra de herramientas Geostatistical Analyst brinda acceso a una serie de gráficos Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA).
- El Asistente de geoestadística (también se accede a través de la barra de herramientas) guía a los analistas a través del proceso de creación y evaluación de un modelo de interpolación.

Para el presente estudio se realizó el análisis espacial de la contaminación sonora y parque automotor en Exploratory Spatial Data Analysis con su Herramienta Trend Analysis.

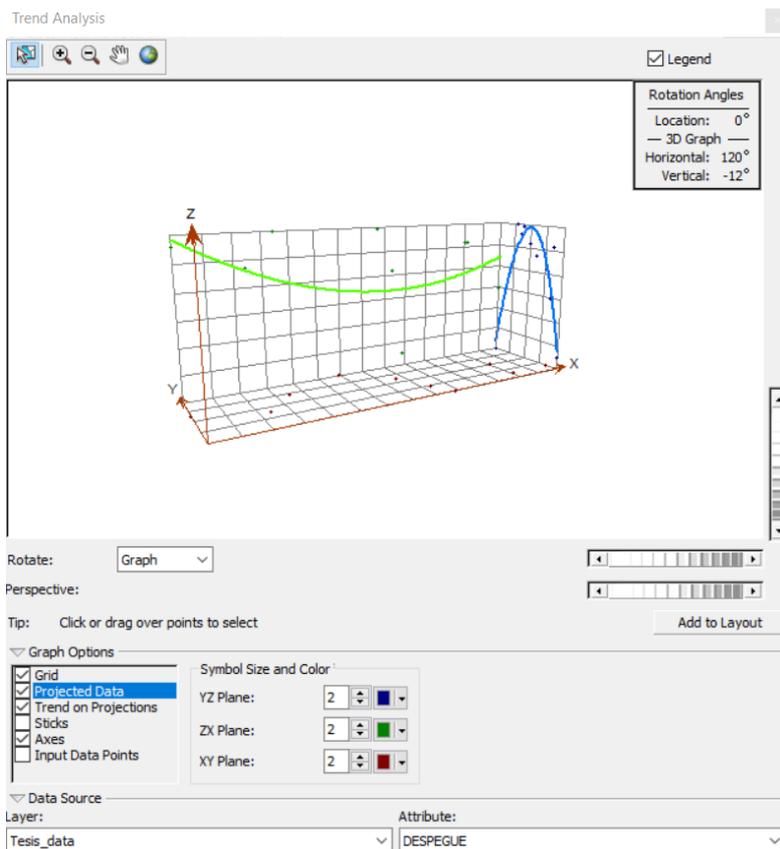
Figura 8 : Exploratory Spatial Data Analysis



Fuente: Elaboración propia

El instrumento Trend Analysis provee una perspectiva en 3D de los datos. Siendo este el análisis espacial de la contaminación sonora, indicándonos la tendencia que sigue esta distribución en la línea verde de Oeste a este y la línea azul de norte a sur.

Figura 9 : Herramienta de Trend Analysis



Fuente: Elaboración propia

Parte de un análisis espacial de la contaminación sonora es también realizar mapas de distribución espacial de la contaminación sonora. El Asistente de geoestadística guio el análisis a través del proceso de creación y evaluación de un modelo de interpolación.

En el presente estudio de monitoreo el LAeqT se realizó alrededor del Aeropuerto. Para el presente estudio se realizó la medición en diez estaciones de ruido. Sin embargo, debido a su costo y practicidad, las estaciones de monitoreo no se pueden colocar en todas partes. El análisis geoestadístico proporciona herramientas que permiten las predicciones óptimas al examinar las relaciones entre todos los puntos de muestra y producir una superficie continua niveles de presión sonora y de probabilidades de que se excedan los valores del ECA para ruido. La distribución de los puntos de monitoreo y valores mayores se encuentran alrededor del aeropuerto, mientras los menores valores pertenecen a las estaciones que se encuentra alejadas del aeropuerto. Se puede visualizar en la siguiente Figura 10

Figura 10 : Distribución de estaciones



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente los datos fueron pasados en formato shape con el nombre Tesis_data.shp en ArcGis.

Figura 11: Tabla de atributos Tesis_data.shp

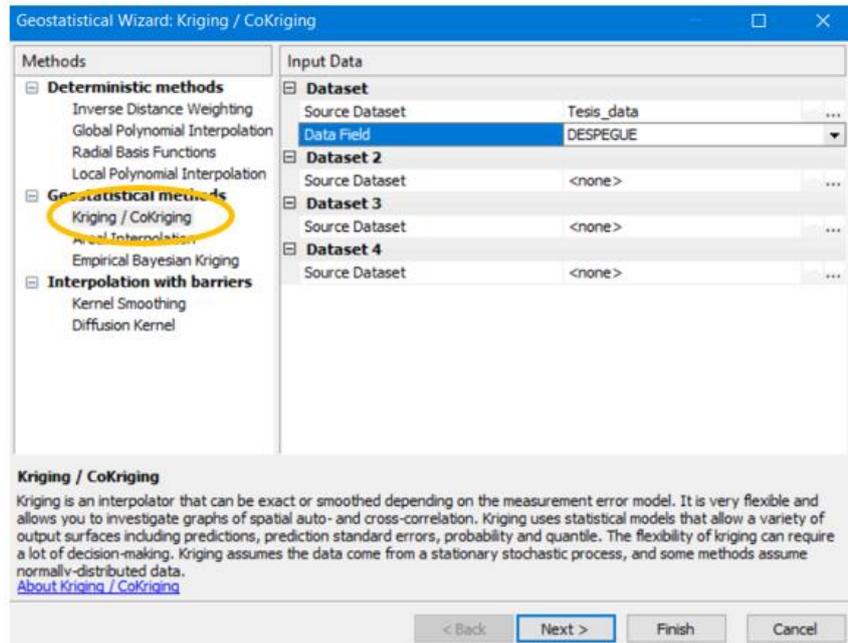
FID	Shape *	X	Y	ESTACION	DESPEGUE	ARRIBO	RUI_PRO
0	Point	182670.26	8501380.46	E1	81.5	79.5	80.5
1	Point	182815.35	8501107.98	E2	67.4	56.1	61.75
2	Point	183849	8501279	E3	85.2	81.8	83.5
3	Point	184419	8501286	E4	76.8	73.3	75.05
4	Point	183803	8501680	E5	85.4	82.1	83.75
5	Point	182454	8501802	E6	88.1	76.8	82.45
6	Point	181903	8502262	E7	65.5	55.8	60.65
7	Point	181142	8501924	E8	88.4	77.6	83
8	Point	180068	8501845	E9	86.8	73.8	80.3
9	Point	180813	8501564	E10	83.5	72	77.75

Fuente: Elaboración propia

El protocolo que se describe a continuación usa, por tanto, las herramientas propias del Software ArcGIS. Para la distribución espacial de la contaminación sonora en los diferentes tiempos, se trabajó con análisis geoestadístico y su herramienta Geostatistical Wizard, como primer paso se seleccionó el método

de interpolación kriging y el archivo de datos de interpolación que es Tesis data con sus campos de datos a interpolar (Despegue, Arribo y Rui_pro).

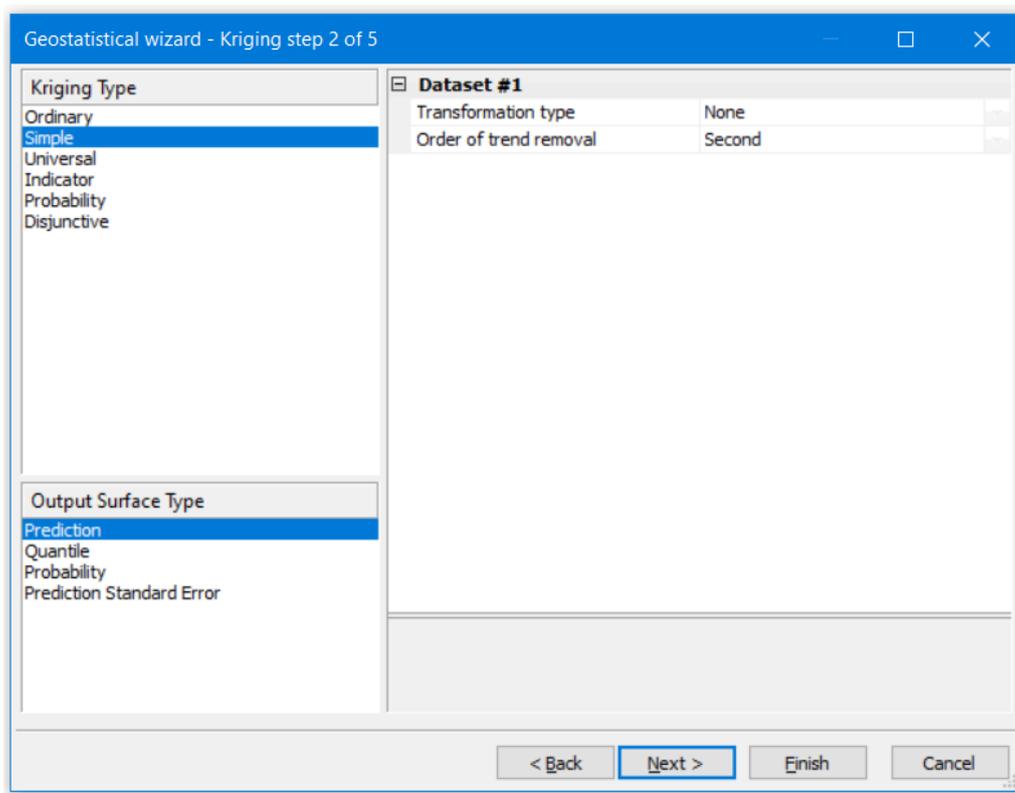
Figura 12: Cuadro de dialogo de selección de método geoestadístico



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se selecciona Ordinary (kriging) y el tipo de salida de Prediction, esto se realiza en el cuadro de diálogo predeterminado por ArcGis. Ya que los datos son paramétricos no se realiza ninguna transformación, se removerá la tendencia de segundo orden.

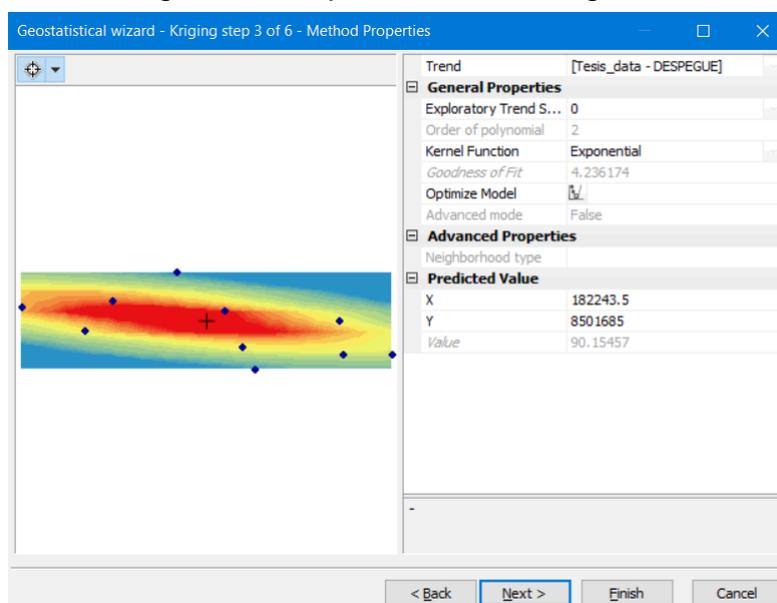
Figura 13: Cuadro de dialogo de selección de selección de tipo de Kriging y tipo de salida



Fuente: Elaboración propia

En esta caja de diálogo, se evalúa la relación espacial entre los distintos puntos medidos en el área de estudio, y se hace a través de dos herramientas: el Semivariograma y la Covarianza.

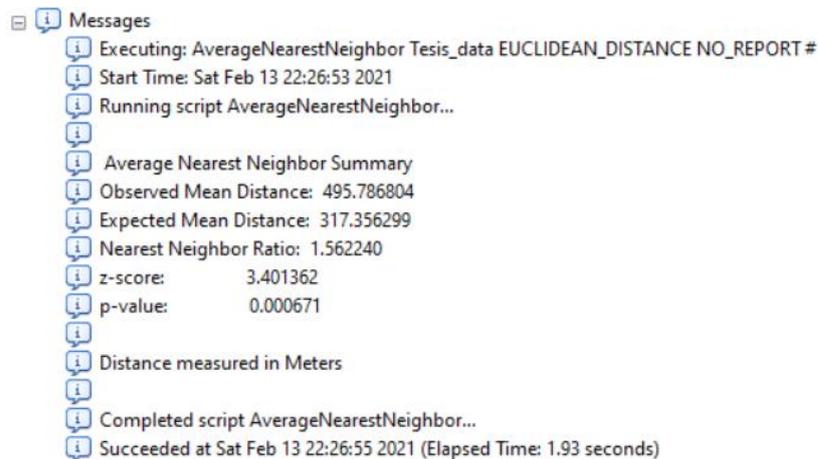
Figura 14: Mapeo de tendencia global



Fuente: Elaboración propia

Para conocer la distancia promedio entre los puntos muestreados se sugiere correr la herramienta ubicada el grupo de herramientas *herramienta Average Nearest Neighbor*. se puede observar que la distancia Media Observada es 495.786804, este valor que para este caso se redondeó a 495 metros, y se asignó en el campo correspondiente.

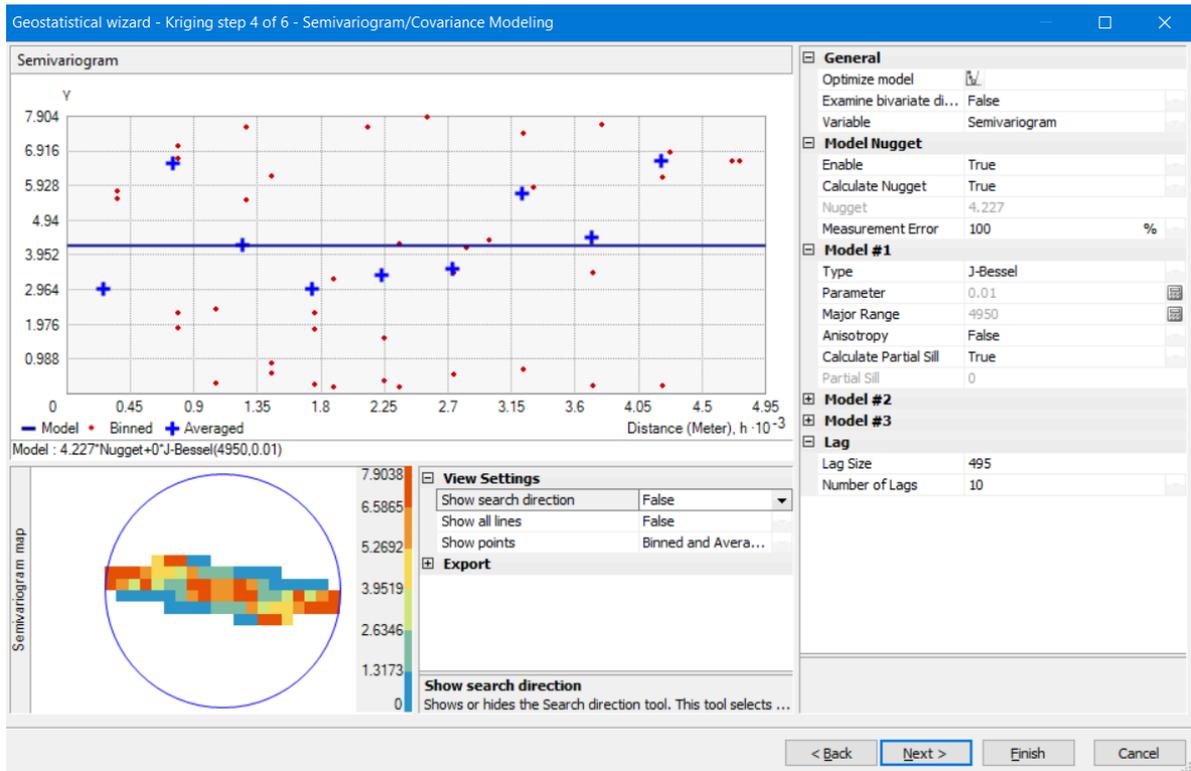
Figura 15: Cuadro de diálogo con los valores de distancia promedio.



Fuente: Elaboración propia

Semivariograma: el semivariograma dibuja la autocorrelación espacial (la relación estadística) de los puntos observados. El semivariograma usa un principio básico de la geografía: “las cosas más cercanas en el espacio se parecen más entre sí”, de tal manera que los puntos que están más cerca generalmente tendrán una diferencia cuadrática más pequeña que aquellos más alejados, lo cual ayuda a cuantificar la autocorrelación. El computador calcula la distancia y la varianza de cada par de puntos de la muestra, los agrupa, y luego grafica la distancia promedio y la varianza promedio de cada par de puntos de la muestra. El modelo o función es ajustado a través de los grupos de puntos trazados.

Figura 16: Caja de diálogo para la visualización del semivariograma



Fuente: Elaboración propia

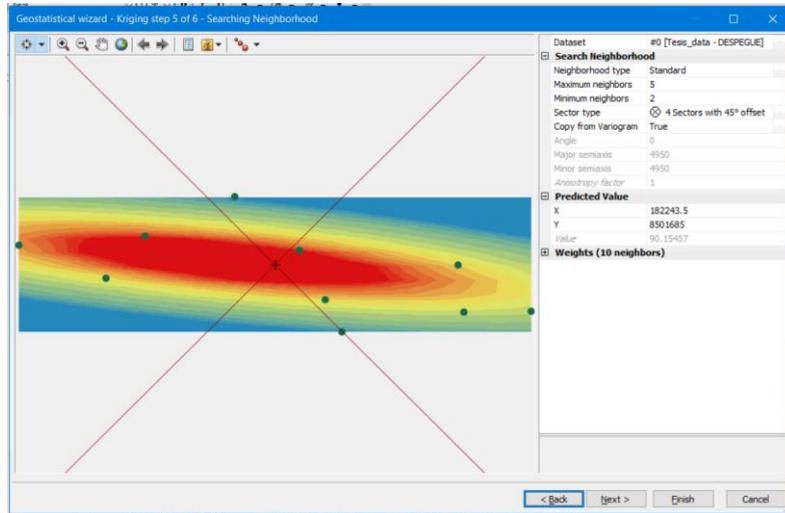
Tabla 11. Parámetros de modelos

Despegue	
MODELO	J-Bessel
Pepita	4.227
Rango Max	4950
Meseta	0
Arribo	
MODELO	
Pepita	8.9509
Rango Max	4950
Meseta	0
Ruido Promedio	
MODELO	
Pepita	5.0848
Rango Max	4950
Meseta	0

Fuente: Elaboración propia

Continuando con la interpolación se limitó los datos utilizados al definir una elipse para encerrar los puntos que se utilizan para predecir un valor en una ubicación no medida.

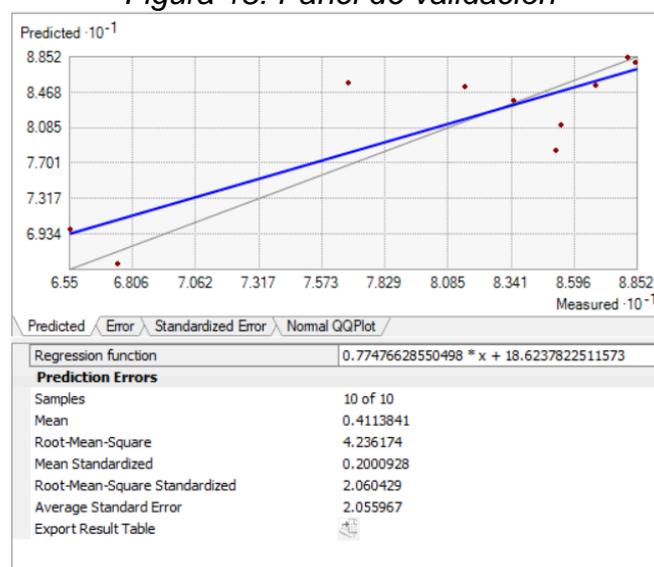
Figura 17: Cuadro de dialogo Searching Neighborhood



Fuente: Elaboración propia

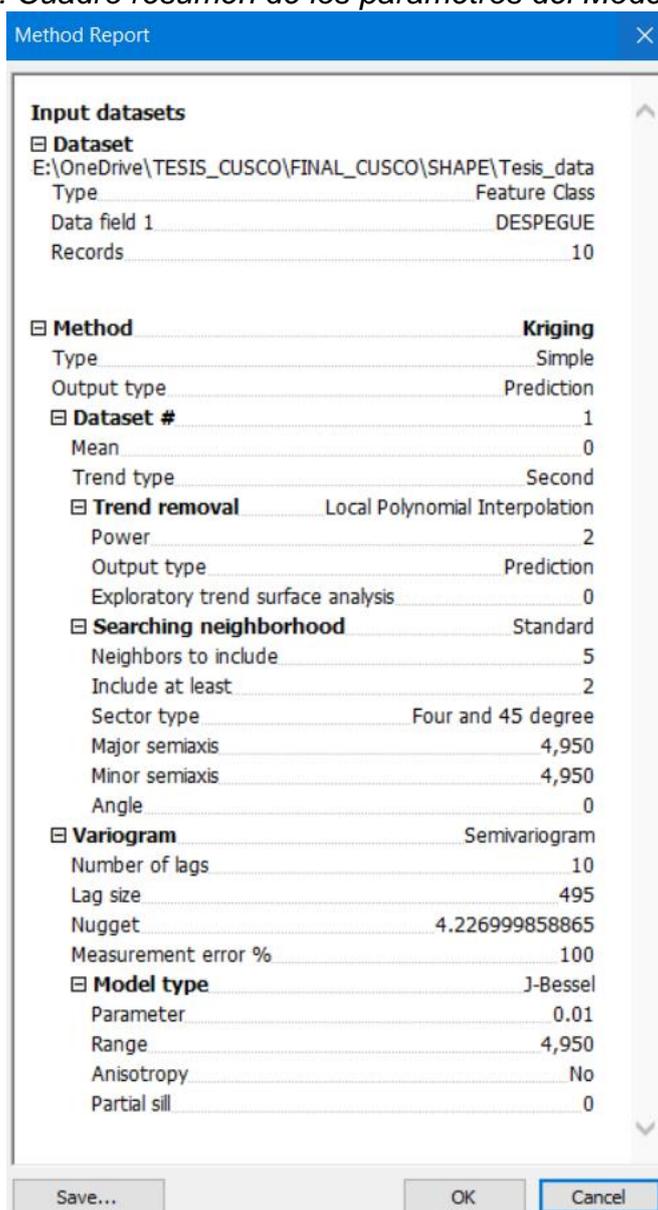
El objetivo de la validación cruzada es ayudar a tomar una decisión informada sobre qué modelo proporciona las predicciones más precisas. Le da una idea de qué tan bien el modelo predice los valores desconocidos. Usando el Analizador de geoestadística. Esto nos permitió tomar una decisión informada sobre qué modelo proporciona predicciones más precisas de los niveles de presión sonora según las estadísticas de validación cruzada.

Figura 18: Panel de validación



Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Cuadro resumen de los parámetros del Modelo utilizado



Fuente: Elaboración propia

3.7 Aspectos éticos

Los datos descritos en el presente proyecto de tesis se adquirieron por medio de información propia, así como documentación física y virtual; la guía constante de asesores altamente preparados, toda la información es genuina, se recopilaron de fuentes fiables es preciso señalar que siempre se ha procedido teniendo en cuenta los principios éticos y la formación en valores, además contribuimos en la mejora y disminución de los impactos generados siendo más amigable con el ambiente, esto le suma un importe añadido al trabajo de tesis

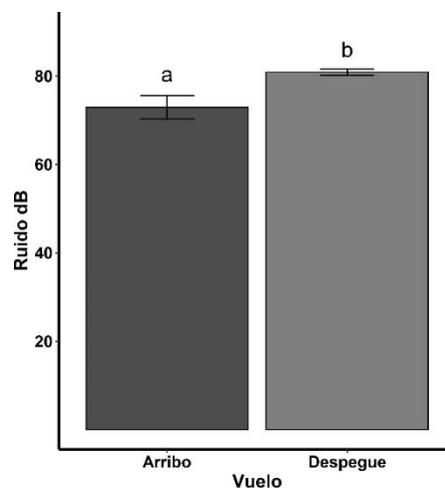
IV. RESULTADOS

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Evaluación de los Niveles de contaminación acústica circundantes al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete

Los niveles de perturbación sonora diurna en el aeropuerto fueron monitoreados en diez estaciones distribuidas en las zonas residenciales del distrito de San Sebastian y Whanchaq. En la Figura 20, se muestra las diferencias de los decibeles en dos estados dinámicos de los aviones (arribo y despegue), evidenciándose que los aeroplanos generan mayor nivel de perturbación acústica en estado de despegue (80.85 ± 0.66) respecto del arribo (72.89 ± 2.62) (Tabla 12).

Figura 20: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de arribo y aterrizaje de aviones.



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Letras diferentes representa diferencias estadísticas al $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey después del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). Las barras de error representan los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 12. Comparaciones de ruido en el proceso de arribo y despegue de aviones

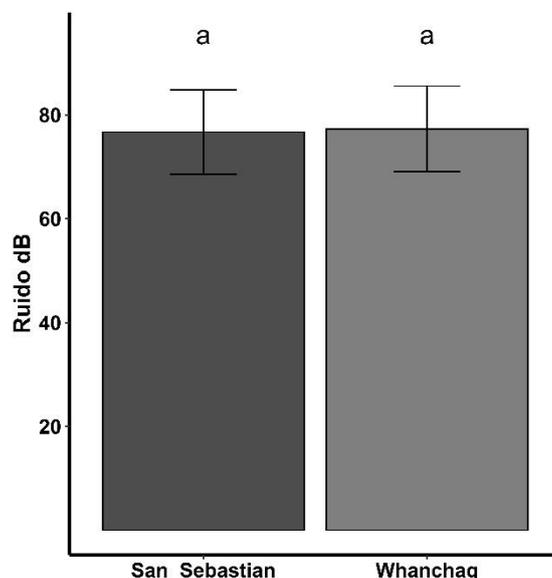
Estado de Avión	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)	
Arribo	72.89	2.6271	10.3322	27.75	4.84E-11	***
Despegue	80.85	0.6695	50	11.89	3.47E-16	***

Fuente: Elaboración Propia

*Nota: ; Los asteriscos indican parametros significativos: “ * ” $p \leq 0.05$; “ ** ” $p \leq 0.01$; and “ *** ” $p \leq 0.001$.*

Por otro lado, los resultados de la Figura 21 indican que no existe diferencias estadísticas de la perturbación sonora entre los dos distritos evaluados (San Sebastian 76.67 ± 4.19 ; Whanchaq 77.303 ± 2.06) (Tabla 13).

Figure 21: Comparación de los decibeles (dB) en las zonas residenciales de San Sebastián y Whanchaq.



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Letras similares representa similitudes estadísticas al $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey después del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). Las barras de error representan los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 13. Comparaciones de ruido entre los distritos de San Sebastián y Whanchaq

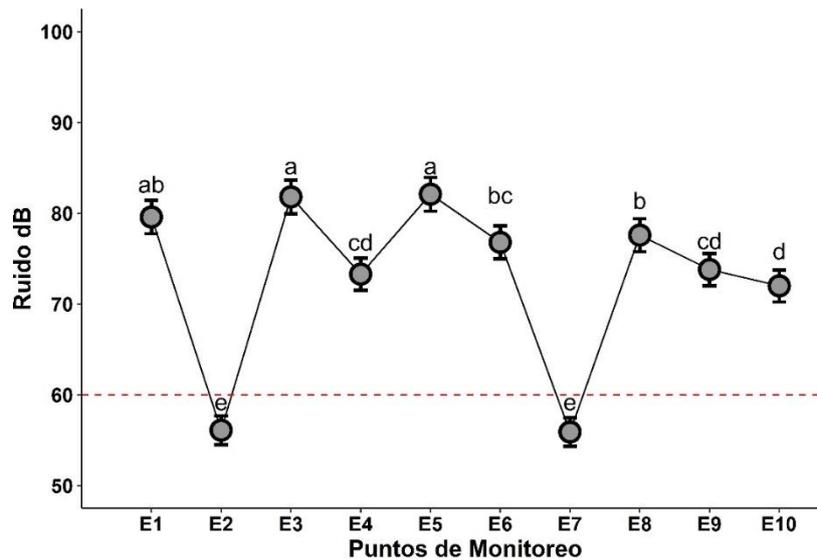
Distrito	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
San Lorenzo	76.679	4.1965	5.0206	18.272	8.72E-06
Whanchaq	77.303	2.6051	58.285	0.239	0.812

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Se consideró datos de arribo y despegue; Los asteriscos indican parámetros significativos: “*” $p \leq 0.05$; “**” $p \leq 0.01$; and “***” $p \leq 0.001$.

Se aplicaron modelos lineales generalizados mixtos, para estimar las diferencias de presión sonora entre los diferentes puntos de monitoreo cuando los aviones se encuentran en proceso de arribar. Los resultados de la Figura 19, muestran que las estaciones de monitoreo E2 y E7, se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles (dB 60) para residencia. Por otra parte, las estaciones E1, E3 y E5 presentan los máximos niveles de perturbación sonora alcanzando los mayores valores que oscilan entre 79 y 82 Db (Tabla 14).

Figura 22: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de arribo entre los 10 puntos de monitoreo.



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Letras diferentes representa diferencias estadísticas al $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey después del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). Las barras de error representan los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 14: Comparaciones de ruido entre puntos de monitoreo en el estado de arribo de los aviones

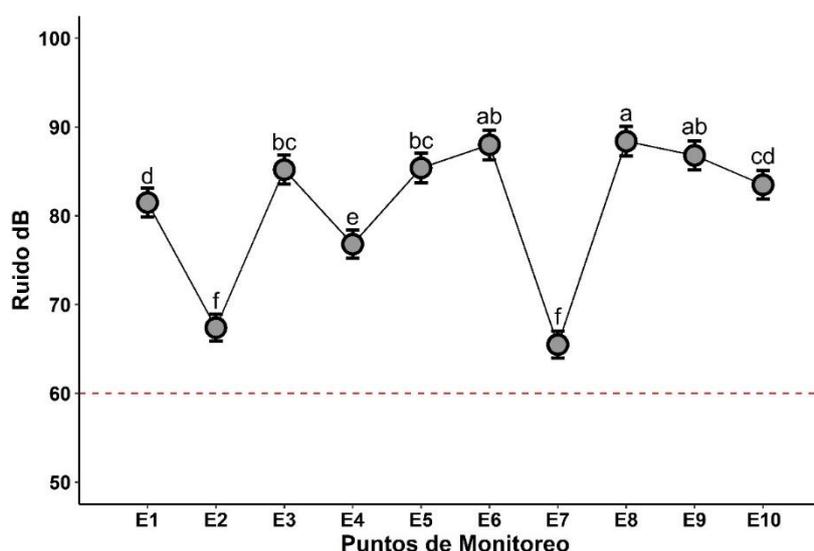
Estaciones	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)	
E1	79.6	0.839	415.163	< 2.00E-16	***
E2	56.1	0.592	-23.438	< 2.00E-16	***
E3	81.8	0.863	1.857	0.0634	.
E4	73.3	0.773	-5.472	4.46E-08	***
E5	82.1	0.865	2.075	0.038	*
E6	76.8	0.81	-2.374	0.0176	*
E7	55.9	0.589	-23.718	< 2.00E-16	***
E8	77.6	0.818	-1.679	0.0932	.
E9	73.8	0.778	-5.046	4.51E-07	***
E10	72	0.76	-6.671	2.54E-11	***

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Los asteriscos indican parámetros significativos: “*” $p \leq 0.05$; “**” $p \leq 0.01$; and “***” $p \leq 0.001$.

En la Figura 20, se muestra las diferencias de los decibelios entre los puntos de monitoreo en el despegue de aviones. En las 10 estaciones las tendencias de ruido son superiores a los 60 dBA. Sin embargo, los puntos de monitoreo E2 (67.4 ±0.511) y E7 (65.5 ±0.496) mostraron los valores más bajos. Por otra parte, en los puntos de muestreo E8 (88.4 ±0.67) y E9 (86.8 ±86.8) ubicadas en el distrito de Whanchaq se encontraron los valores más altos (Tabla 15).

Figura 23: Comparación de los decibeles (dB) en el proceso de despegue entre los 10 puntos de monitoreo.



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Letras diferentes representa diferencias estadísticas al $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey después del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). Las barras de error representan los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 15: Comparaciones de ruido entre puntos de monitoreo en el estado de despegue de los aviones.

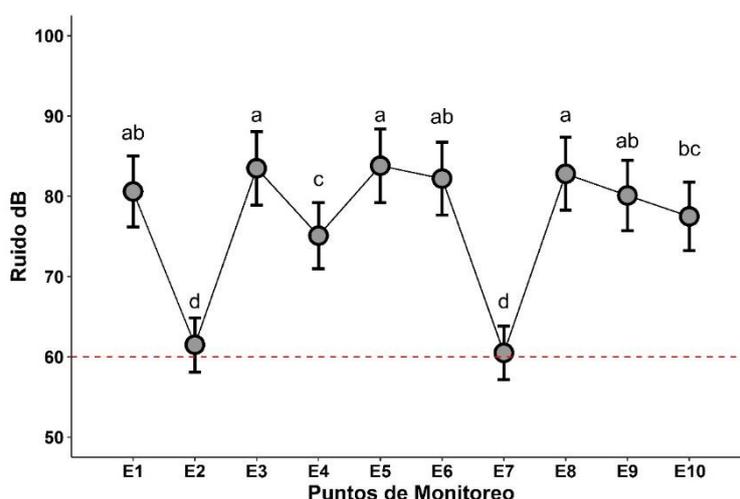
Estaciones	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)	
E1	81.5	0.617	581.346	< 2.00E-16	***
E2	67.4	0.511	-17.659	< 2.00E-16	***
E3	85.2	0.645	4.149	3.34E-05	***
E4	76.8	0.582	-5.51	3.59E-08	***
E5	85.4	0.647	4.441	8.97E-06	***
E6	88	0.667	7.241	4.46E-13	***
E7	65.5	0.496	-20.376	< 2.00E-16	***
E8	88.4	0.67	7.664	1.80E-14	***
E9	86.8	0.658	5.959	2.54E-09	***
E10	83.5	0.632	2.265	0.0235	*

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Los asteriscos indican parámetros significativos: “*” $p \leq 0.05$; “**” $p \leq 0.01$; and “***” $p \leq 0.001$.

Finalmente, se evaluó las diferencias del ruido en los puntos de monitoreo considerando los momentos de arribo y despegue. En la Figura 24, se muestra que los puntos de monitoreo E2 y E7 ubicados en el distrito de San Sebastián presentan los niveles más bajo de ruido. Asimismo, se encuentran en el margen de los límites permisibles (60 dB) para ECA residencial. Por otro lado, los puntos de monitoreo E1, E3, E5, E6, E8 y E9, no mostraron diferencias estadísticas significativas y mantienen niveles de ruido que oscilan entre 80 y 83.8 Db (Tabla 16).

Figura 24: Comparación de los decibeles (dB) entre los 10 puntos de monitoreo (Se consideró todos los datos que incluye arribo y despegue).



Fuente: Elaboración Propia

Nota: Letras diferentes representa diferencias estadísticas al $p \leq 0.05$ según la prueba de Tukey después del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). Las barras de error representan los intervalos de confianza del 95%.

Tabla 16: Comparación de los decibeles (dB) entre los 10 puntos de monitoreo

Estaciones	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)	
E1	80.6	4.42	79.937	< 2.00E-16	***
E2	61.5	3.38	-13.877	< 2.00E-16	***
E3	83.5	4.58	1.841	0.06555	.
E4	75.1	4.12	-3.642	0.00027	***
E5	83.8	4.6	2.006	0.04486	*
E6	82.2	4.51	1.047	0.295	
E7	60.5	3.32	-14.755	< 2.00E-16	***
E8	82.8	4.55	1.429	0.15306	
E9	80.1	4.4	-0.318	0.75022	
E10	77.5	4.26	-1.971	0.04874	*

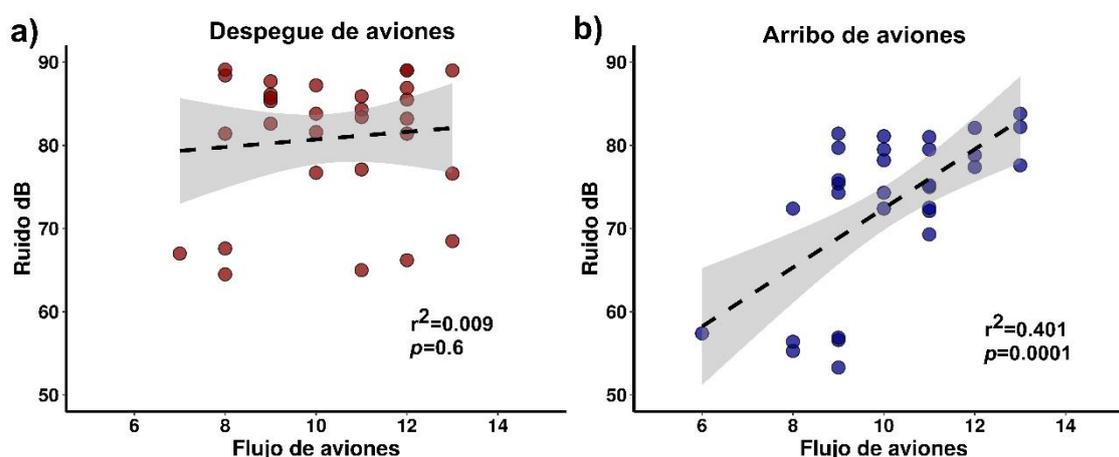
Fuente: Elaboración Propia

Se consideró todos los datos que incluye arribo y despegue); Los asteriscos indican parámetros significativos: “*” $p \leq 0.05$; “***” $p \leq 0.01$; and “****” $p \leq 0.001$.

4.2. Relación de los aviones sobre los niveles de presión sonora.

Para analizar la relación de la contaminación sonora y el flujo de aviones se utilizó modelos lineales generalizados. Se consideraron 30 datos de arribo y despegue respectivamente. En la Figura 25 a, se muestra que no hay correlación entre el flujo de aviones y el ruido en proceso de despegue, presentando un coeficiente de determinación r^2 de 0.009 y un p -value = 0.6 (Tabla 17). Contrario a ello, en la Figura 25 b el proceso de arribo presento un coeficiente de determinación de 0.401 y un p -value = 0.0001 (Tabla 17), esto en cierto grado indica que existe una dependencia lineal positiva entre el flujo de aviones y el ruido en proceso de aterrizaje.

Figura 25: Correlación de flujo de aviones y ruido.



Fuente: Elaboración Propia

Nota: A) Correlación en estado de Despegue. B) Correlación en estado de arribo. La banda de color plomo indica el 95% de los límites de confianza.

Tabla 17: Correlación entre el flujo de aviones y los decibeles (dB)

Estado de avion	Parametro	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	R ²
Despegue	Intercepto	80.857	1.499	53.95	<2e-16 ***	0.0095
	Scale (Aviones)	0.808	1.524	0.53	0.6	
Arribo	Intercepto	72.897	1.326	54.964	<2e-16 ***	0.4015
	Scale (Aviones)	5.95	1.349	4.411	0.0001 ***	

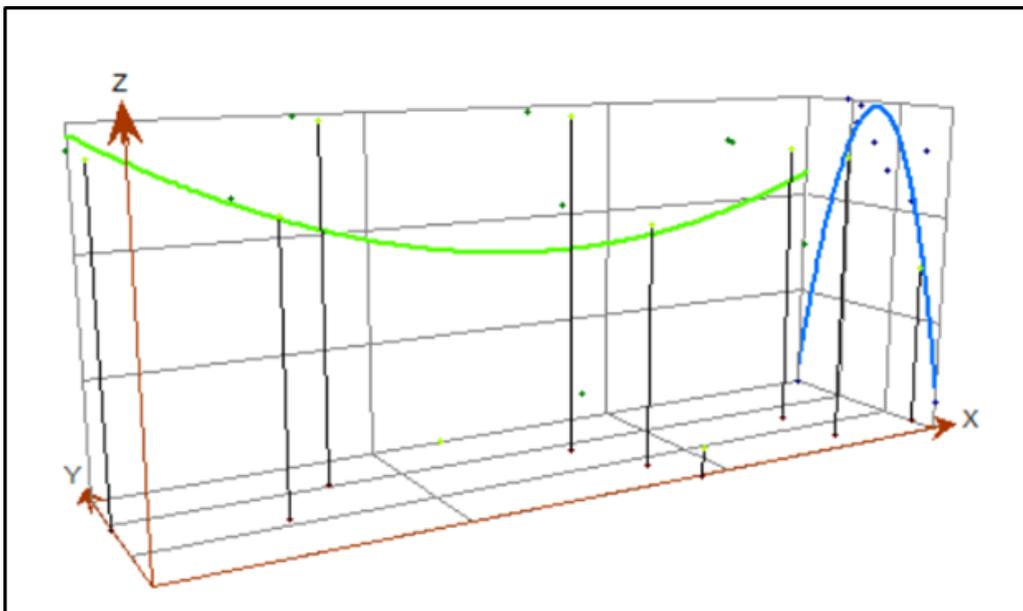
Fuente: Elaboración Propia

Los asteriscos indican parámetros significativos: “ * ” $p \leq 0.05$; “ ** ” $p \leq 0.01$; and “ *** ” $p \leq 0.001$.

4.3. Análisis de la Distribución espacial de la contaminación sonora y flujos de aviones de despegue.

En la figura 26, la línea de tendencia de contaminación sonora (color verde indica la tendencia de OESTE - ESTE) en la zona de estudio, se observa que incrementa los niveles de ruido para este flujo de aviones de OESTE A ESTE, esto sucede porque los aviones al momento de despegar inician desde el oeste y mantienen los niveles de ruido hasta terminar la pista de despegue, esto se puede observar en la medición de las estaciones, E9=86.8, E8=88.4, E6=88.1, E5=85.4, Asimismo, en la figura 26 la línea de tendencia de contaminación sonora (color azul indica la tendencia de SUR - NORTE) en la zona de estudio, el cual nos demuestra como este tiene un ascenso de sur llegando al centro del aeropuerto a los niveles más altos y descendiendo al norte como se puede observar en las estaciones E2=67.4 , E1=81.5 , E6=88.1 , E7=65.5. los niveles de ruido tienen una tendencia de reducir de forma elipse ya que comienza del centro con niveles altos y este va descendiendo mientras se aleja del aeropuerto. El mapa de distribución espacial de contaminación sonora para el horario de la mañana se puede visualizar en el Anexo 9 (Mapa N° 3).

Figura 26: Muestra la tendencia de las direcciones en despegue

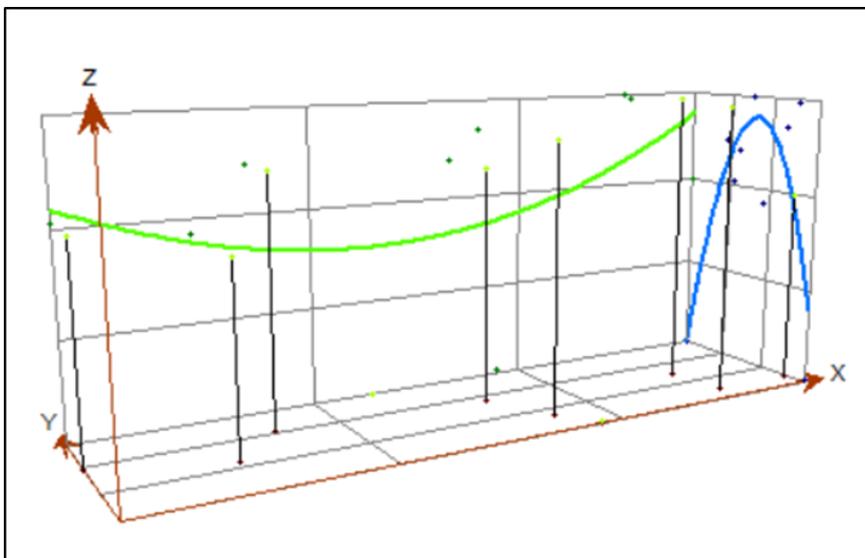


Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la Distribución espacial de la contaminación sonora y flujos de aviones de arribo.

En la figura 27, la línea de tendencia de contaminación sonora (color verde indica la tendencia de OESTE - ESTE) en la zona de estudio, se observa que incrementa los niveles de ruido para este flujo de aviones es de ESTE A OESTE, esto sucede porque los aviones al momento de legar desde del este emiten altos niveles de ruido hasta terminar de frenar en la pista, sucediendo que al terminar de frenar reduce los niveles de ruido, esto se puede observar en la medición de las estaciones, E9=73.8, E8=77.6, E10=72. Mientras que en la parte de llegada de la pista se registraron niveles de ruido altos en las estaciones E5=82.1, E3=81.8, E1=79.5. Asimismo, en la figura 27 la línea de tendencia de contaminación sonora (color azul indica la tendencia de SUR - NORTE) en la zona de estudio, el cual nos demuestra como este tiene un ascenso de sur llegando al centro del aeropuerto a los niveles más altos y descendiendo al norte como se puede observar en las estaciones E2=56.1, E1=79.5, E6=76.8, E7=55.8, los niveles de ruido tienen una tendencia de reducir de forma elipse ya que comienza por la parte la pista de aterrizaje y este va descendiendo mientras se aleja de este punto de llegada. El mapa de distribución espacial de contaminación sonora para le horario de la mañana se puede visualizar en el Anexo 10 (Mapa N° 4).

Figura 27: Muestra la tendencia de las direcciones en arribo

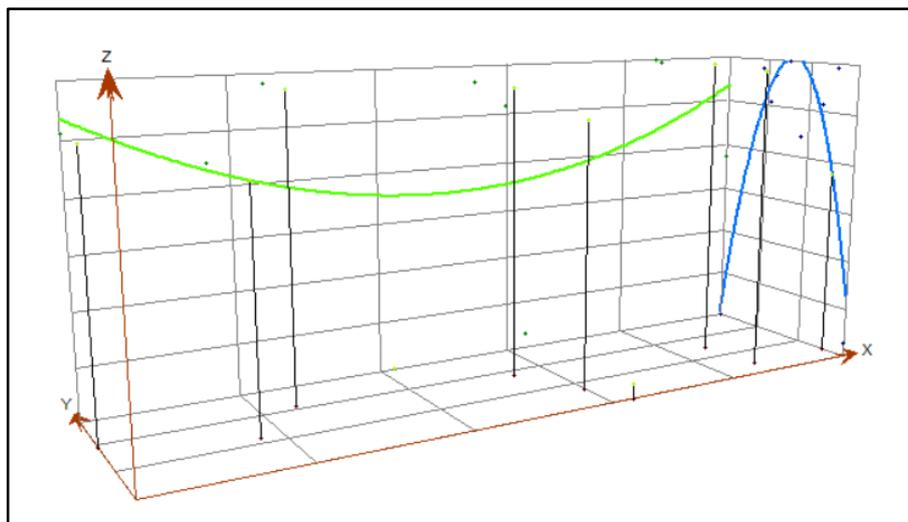


Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la Distribución espacial de la contaminación sonora y flujos de aviones de ruido promedio.

En la figura 28, la línea de tendencia de contaminación sonora (color verde indica la tendencia de OESTE - ESTE) en la zona de estudio, se observa que el ruido promedio se mantiene durante toda la pista de aterrizaje, pero se observa que en el espacio que se tiene al este de la pista de aterrizaje se elevan los niveles de ruido, esto sucede porque los aviones al momento de llegar desde del este emiten altos niveles de ruido hasta terminar de frenar en la pista, sucediendo que al terminar de frenar reduce los niveles de ruido, esto se puede observar en la medición de las estaciones, E9=80.3, E8=83, E6=82.45, E5=83.75, E3=83.5, E1=80.5, en la figura 28 la línea de tendencia de contaminación sonora (color azul indica la tendencia de SUR - NORTE) en la zona de estudio, el cual nos demuestra como este tiene un ascenso de sur llegando al centro del aeropuerto a los niveles más altos y descendiendo al norte como se puede observar en las estaciones E2=61.75, E1=80.5, E6=82.45, E7=60.65, los niveles de ruido tienen una tendencia de reducir de forma elipse desde el centro del aeropuerto hacia todas las direcciones mientras se aleja de este. El mapa de distribución espacial de contaminación sonora para el horario de la mañana se puede visualizar en el Anexo 11 (Mapa N° 5)

Figura 28: Muestra la tendencia de las direcciones en ruido promedio



Fuente: Elaboración Propia

V. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alterna general que establece que existe relación positiva entre la contaminación cáustica y la calidad de vida en los puntos críticos de Barranco. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Salazar, M (2015) en su tesis que tiene como título “La influencia del ruido ambiental en el nivel de estrés de las personas de la zona Residencial, Urb. Zarate-San Juan de Lurigancho 2015”, quien señala que el ruido ambiental que se genera en la zona residencial, influye en el nivel de estrés de manera moderada de acuerdo al análisis estadístico Salazar demostró que 44 personas sufren un nivel alto de estrés que se representa en el 54%, ello es acorde con lo que en esta investigación se halla.

En lo que respecta a la relación entre la intensidad de ruido y la calidad de vida, aceptamos la hipótesis alterna que establece que si existe relación, en el Grafico N°9 se muestra la intensidad de ruido más alto en el R3 y para el monitoreo nocturno, así también estos resultados guardan relación con lo que sostiene Benavente, K (2013) en su tesis “Determinación del mayor factor y el nivel de contaminación sonora que se percibió en el distrito de San Juan de Lurigancho, 2013”, quien señala que el monitoreo de ruido para el turno noche superaron los estándares de calidad ambiental en zona residencial debido a la actividad recreativa.

En lo que respecta a la relación de la frecuencia de ruido y la calidad de vida aceptamos la hipótesis alterna que establece que existe relación en todas las frecuencias planteadas para el ruido Salazar, M (2015) tiene los datos del nivel de ruido más alto en la Frecuencia de 1 k Hz, siendo su objetivo determinar mayor intensidad de ruido en el tiempo de frecuencia, sin embargo para la presente investigación cuenta con que las intensidades de ruido son relacionadas y altas en todas las frecuencias.

VI. CONCLUSIONES

Al evaluar los niveles de presión sonora (LAeqT) en la zona de estudio se determinó que el arribo de aviones representa 80 % de los puntos monitoreados superan en su totalidad el estándar de calidad ambiental para ruido y un 100 % en despegue del avión de las estaciones muestreadas superando los estándares de calidad ambiental para ruido en zonas residenciales, concluyendo que existe contaminación acústica circundantes al aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

Las zonas críticas por arribo y despegue de aviones se ubicaron en Av. La costanera con Av. Fernando Belaunde Terry, Av. La Costanera con Call. Aeropuerto, Av. La costanera con Av. Surimana, Vía Expresa con Calle Inglaterra, Vía Expresa con Tomas Tuyro Tupac, Vía Expresa con Calle Republica de Ecuador, Av. Velasco Astete con Av. Jorge Chávez, Calle Coronel Alfredo Mendivil Duarte con Calle Daniel Estrada Pérez como consecuencia de que están ubicados cerca al aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

No existe una relación significativa entre el nivel de contaminación de sonora y los aviones comerciales, por lo que podemos decir que el número de arribo y aterrizaje no influye positivamente en los niveles de presión sonora continua equivalente (LAeqT), y esto se contrasta con los análisis de regresión lineal que van desde 0.32 (C.P. media) a 0.78 (C.P. muy fuerte) en lo estudiado.

VII. RECOMENDACIONES

Se debe considerar el presente trabajo de investigación, para elaborar estrategias de gestión para la reducción de la contaminación sonora en los distritos de San Sebastián y Wanchaq, estas estrategias deberían ser formuladas juntamente con el MINAM, MPH, DIRESA Y DRTC JUNIN.

Se recomienda que el presente estudio sea repetido, cada cierto tiempo por Los distritos de San Sebastián y Wanchaq con el fin que se obtenga mapas actualizados de la contaminación sonora y así poder crear y fomentar talleres, capacitaciones y poder realizar labores de fiscalización ambiental

Se recomienda hacer un estudio más detallado, que proporcione más información sobre los niveles de ruido ambiental circundantes al aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

Se recomienda hacer un estudio más detallado, que proporcione más información sobre la distribución espacial de los niveles de ruido ambiental circulantes al aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete.

REFERENCIAS

A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke. **Fink, Daniel. 2019.** San Diego, CA : s.n., 2019, Acoustical Society of America, Vol. XXXIX.

A new definition of noise: noise is unwanted and/or harmful sound. Noise is the new 'secondhand smoke'. **Basner, M. 2017.** 87, 2017, Noise & Health, Vol. XIX, págs. 41-50.

Acoustic Glossary. 2020. [En línea] 2020. [Citado el: 21 de Enero de 2021.] <https://www.acoustic-glossary.co.uk/sound-power.htm>.

Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. **Moral, Francisco Jesús. 2004.** 1, Enero de 2004, Ecosistemas, Vol. XII, pág. 0.

Bruel & Kjaer. 2020. [En línea] 21 de Octubre de 2020. [Citado el: 28 de Enero de 2021.] <https://www.bksv.com/en/Knowledge-center/blog/articles/sound/what-is-a-sound-level-meter>.

Córdova, Anthony. 2011. *Impacto Social del Ruido en Comunidades Adyacentes al Aeropuerto Internacional Francisco Secada Vigneta, en Iquitos.* Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú : 2011.

Cuba, Alicia. 2018. *Contaminación sonora vehicular en los distritos de cusco, Wanchaq y San Sebastián de la provincia de Cusco.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú : 2018.

Dictionary.com. 2015. [En línea] 28 de Marzo de 2015. [Citado el: 28 de Enero de 2021.] <https://www.dictionary.com/browse/aircraft>.

Esri Oficial Distributor. 2020. Plataforma ArcGis. [En línea] 2020. [Citado el: 27 de Enero de 2021.] <https://www.sigsa.info/productos/esri/plataforma-arcgis/analisis-espacial>.

Falagán, Manuel Jesus. 2008. *Higiene industrial Manual practico Tomo 2.* Madrid : Fundación Luis Fernández Velasco, 2008.

Geostatística. **Gallardo, A. 2006.** 2006, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente, págs. 1-11.

Henao, Fernando. 2007. *Riesgos Físicos I Ruido, vibraciones y presiones anormales.* s.l. : Ecoe Ediciones Ltda, 2007.

Hernández-Sampieri, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar. 2014. *Metodología de la investigación.* Sexta. Mexico : Mc Graw Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

Interpolatin methods comparison. **Caruso, C y Quarta, F. 1998.** 12, 1998, Computer Math, Vol. 35, págs. 109-126.

Larenas, Nicolas. 2018. nLarenas. [En línea] 17 de Julio de 2018. [Citado el: 28 de Enero de 2021.] <https://www.nlarenas.com/2018/07/aeropuertos-internacionales-alejandro-velasco-astete-y-chinchero-de-cusco/>.

Lechuga, Ana María. 2017. *Contaminación sonora en los distritos de Santiago y Wanchaq de la Provincia del Cusco.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú : 2017.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2015. *Instrumentos basicos para la la fiscalizacion ambiental.* Lima : Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2015.

Organización de Aviación Civil Internacional. 2017. ICAO Environment. [En línea] 27 de Abril de 2017. [Citado el: 28 de Enero de 2021.] <https://www.icao.int/environmental-protection/pages/noise.aspx>.

OSITRAN. 2016. *Desempeño del Aeropuerto Internacional Teniente FAP Alejandro Velasco Astete del Cusco.* Lima : s.n., Agosto de 2016.

Puerta, Ronald, Rengifo, Juan y Bravo, Nino. 2011. *ArcGis Basico 10.* Tingo Maria : Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2011.

Salazar, M. 2015. *Influencia del ruido ambiental en el nivel de estrés de las personas de la zona Residencial, Urb. Zarate-San Juan de Lurigancho 2015.* Lima, 2015. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú : 2015.

Sparrow, V. 2019. *Aviation Noise Impacts White Paper.* 2019.

Viamonte, Oscar Vicente. 2018. *Evaluación de la Contaminación Acústica Producida por los Aviones en el Aeropuerto de la Ciudad de Juliaca.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú : 2018.

Woodford, Chris. 2020. Explainthatstuff. [En línea] 24 de Agosto de 2020. [Citado el: 27 de Enero de 2021.] <https://www.explainthatstuff.com/howplaneswork.html>.

Zambrano, Luis Enrique. 2018. *La Contaminación Acústica Y Su Relación con la Capacidad Auditiva de las Tripulaciones del Batallón de Aviones N° 811-Callao, 2017.* Instituto Científico y Tecnológico del Ejército, Lima, Perú : 2018.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

TÍTULO	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE 1
"Análisis espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete, 2020"	¿cuál es la distribución espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete??	El objetivo general fue determinar la distribución espacial de la contaminación acústica y su relación con los aviones en el aeropuerto internacional Alejandro Velasco.	los aviones que despegan y aterrizan en el aeropuerto generan altos niveles de contaminación sonora	Contaminación Acústica
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	
	¿Cuáles son los niveles de contaminación acústica circundantes al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete?	Identificar los niveles de contaminación acústica circundantes al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete.	Enunciado de Los aviones que despegan y aterrizan superan los estándares de calidad ambiental para ruido .	VARIABLE 2
	¿Cuáles son las zonas más críticas de la contaminación acústica cercanos al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete?	Identificar las zonas de influencia más críticas de contaminación acústica cercanos al aeropuerto internacional Alejandro Velasco Astete.	Los aviones que despegan y aterrizan en el aeropuerto contaminan acústicamente a las zonas críticas.	
¿Cuál es la influencia de los aviones sobre los niveles de presión sonora?	Determinar si hay influencia de los aviones sobre los niveles de presión sonora.	Influye los aviones sobre los niveles de presión sonora..	Avión comercial	

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO																	
FICHA DE CAMPO												FECHA					
NUMERO DE ESTACION				DISTRITO				NUMERO DE VUELOS									
UTM				ZONIFICACION				CODIGO DE FOTOGRAFIAS									
HORARIO DIURNO																	
N°	DATE	TIEMPO	DATE	HORA	DATE	N°	DATE	TIEMPO	DATE	HORA	DATE	N°	DATE	TIEMPO	DATE	HORA	DATE
1° PUNTO						1° PUNTO						1° PUNTO					
2° PUNTO						2° PUNTO						2° PUNTO					
3° PUNTO						3° PUNTO						3° PUNTO					
4° PUNTO						4° PUNTO						4° PUNTO					
5° PUNTO						5° PUNTO						5° PUNTO					
6° PUNTO						6° PUNTO						6° PUNTO					
7° PUNTO						7° PUNTO						7° PUNTO					
8° PUNTO						8° PUNTO						8° PUNTO					
9° PUNTO						9° PUNTO						9° PUNTO					
10° PUNTO						10° PUNTO						10° PUNTO					
11° PUNTO						11° PUNTO						11° PUNTO					
12° PUNTO						12° PUNTO						12° PUNTO					
13° PUNTO						13° PUNTO						13° PUNTO					
14° PUNTO						14° PUNTO						14° PUNTO					
15° PUNTO						15° PUNTO						15° PUNTO					
16° PUNTO						16° PUNTO						16° PUNTO					
17° PUNTO						17° PUNTO						17° PUNTO					
18° PUNTO						18° PUNTO						18° PUNTO					
19° PUNTO						19° PUNTO						19° PUNTO					
20° PUNTO						20° PUNTO						20° PUNTO					
21° PUNTO						21° PUNTO						21° PUNTO					
22° PUNTO						22° PUNTO						22° PUNTO					
23° PUNTO						23° PUNTO						23° PUNTO					
24° PUNTO						24° PUNTO						24° PUNTO					
OBSERVACIONES																	




**RUYNING JESUS
LIZARRAGA BALA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CP N° 22145**


**RUYNING JESUS
LIZARRAGA BALA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CP N° 22145**




**JUAN JOSE ZOLA NEGRON
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CP N° 22145**

Anexo 3: Certificado de calibración del sonómetro



Laboratorio de Acústica

Informe de Calibración

LAC - 008 - 2020

Página 1 de 4

Expediente	1037633	<p>Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	Consultoria y Asesoría Integral Cusco S.R.L.	
Dirección	Av. Micaela Bastidas 609, Oficina 201	
Instrumento de Medición	SONOMETRO	
Marca	SPER SCIENTIFIC	
Modelo	840015	
Clase	1 (*)	
Número de Serie	I.480865	
Fecha de Calibración	2020-03-02	

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

Responsable del área	Responsable del laboratorio
	
	
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología

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

Anexo 4: Validación de instrumentos de investigación



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: ZÚÑIGA NEGRÓN JUAN JOSÉ
 5.2. Cargo e institución donde labora: ESPECIALISTA AMBIENTAL - CENTRO DE INVESTIGACIÓN CARIÑO
QUÍMICO Y GESTIÓN AMBIENTAL - UNICAVC
 5.3. Especialidad del validador: INGENIERO AMBIENTAL
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluar:
 5.5. Autor(A) de instrumentos:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	regular 21-40%	buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					85
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					85
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos técnicos científicos.					90
8. COHERENCIA	Entre los ítems, indicadores, y dimensiones.					95
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						88%

III. PROMEDIO DE VALORIZACION: 88%

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

X

Lima, 01 de NOVIEMBRE del 2020



EDUCACIÓN DEL PERÚ
 CONSEJO DE PROFESIONES
 Ing. Juan José Zúñiga Negron
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP 201154

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 22989604. Telf. 985752082



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Lizarraga Isla Irving Jesus
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Modelor - Consultora Gestech
- 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluar:
- 5.4. Autor(A) de Instrumentos:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	regular 21-40%	buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					86
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					91
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					83
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					85
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.					85
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, y dimensiones.					87
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						87.2

III. PROMEDIO DE VALORIZACION: 87.2.%

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

X

Lima, 10 de Febrero del 2021


 IRVING JESUS
 LIZARRAGA ISLA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. OIP N° 221450
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI N° 45395876 Telf. 902533140

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

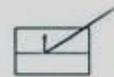
5.1. Apellidos y Nombres: Pavlov Amcco, John A. (ING. AMBIENTAL)
 5.2. Cargo e institución donde labora: GUBIERNO REGIONAL DE APURÍMAC
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluar:
 5.4. Autor(A) de Instrumentos:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	regular 21-40%	buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					92%
2. OBJETIVIDAD	Esta expresado en conductas observables.					92%
3. ACTUALIDAD	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					92%
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					92%
5. SUFICIENCIA	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					92%
6. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					92%
7. CONSISTENCIA	Basados en aspectos teóricos científicos.					92%
8. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores, y dimensiones.					92%
9. METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					92%
10. PERTINENCIA	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					92%
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						92%

III. PROMEDIO DE VALORIZACION: 92 %

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.



Lima, 05 de noviembre del 2023

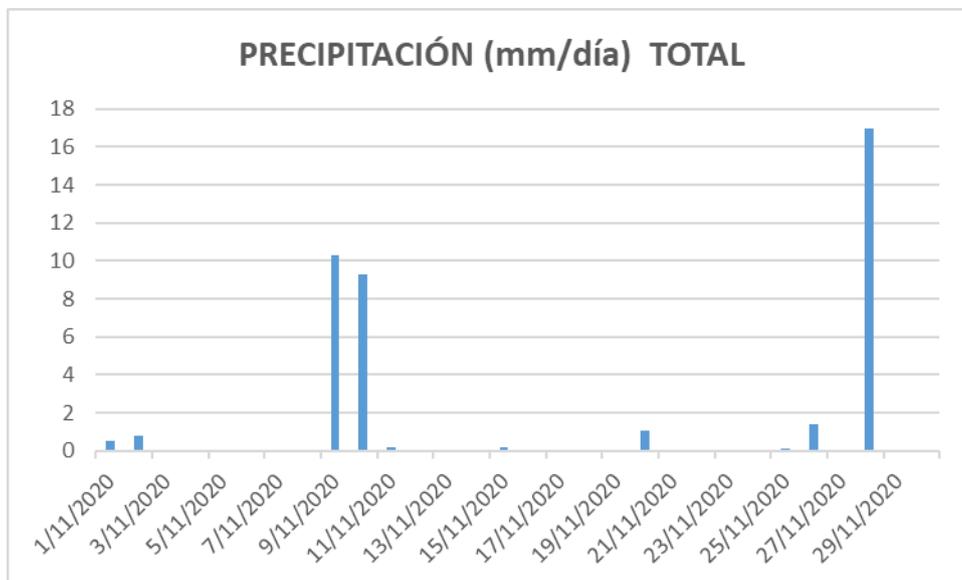

 JOHNNY PAVLOV AMCCO
 ING. AMBIENTAL OMA
 CUP. 220787

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

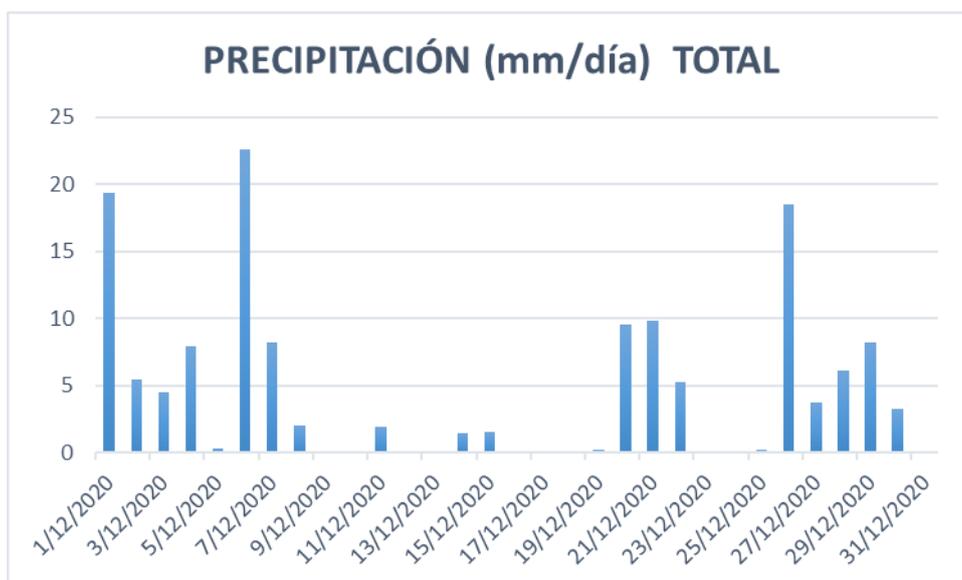
DNI N° 46625122, Tel. 942767786

Anexo 5: Gráficos de precipitaciones

Gráficas de precipitaciones de los meses de noviembre y diciembre del 2020



Fuente: SENAMHI / DRD



Fuente: SENAMHI / DRD

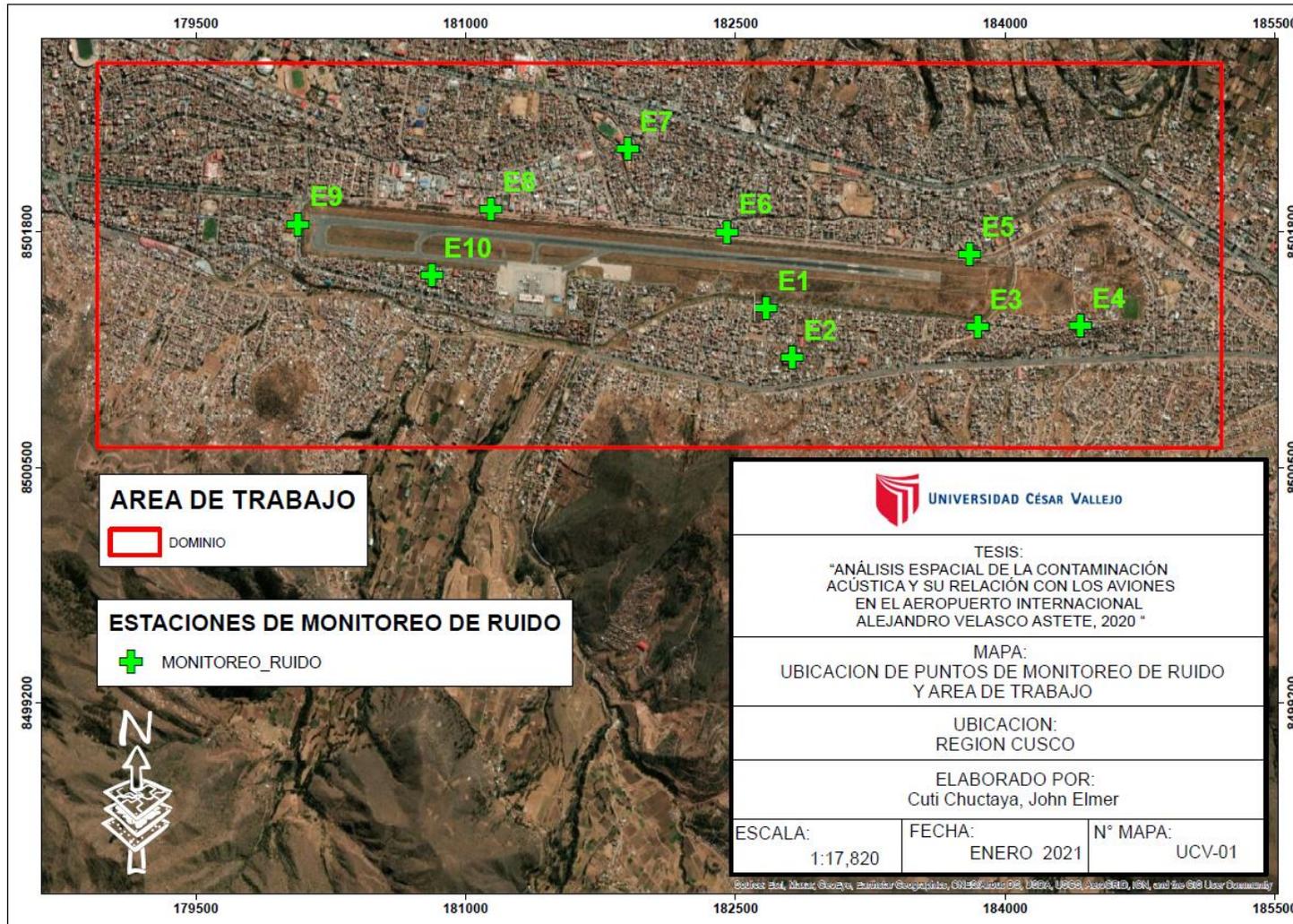
Anexo 6: Puntos de muestreo

MUESTRA	FECHA	DISTRITO	ESTACION	COORDENADAS		RUIDO		CANTIDAD	
				E	N	\bar{X} DESPEGUE	\bar{X} ARRIVO	\bar{X} DESPEGUE	\bar{X} ARRIVO
MUESTRA 1	05/11/2020	SAN SEBASTIAN	E1	182670.26 m E	8501380.46 m S	81.4	79.5	12	10
	06/11/2020		E2	182815.35 m E	8501107.98 m S	68.5	55.3	13	8
	07/11/2020		E3	183849.00 m E	8501279.00 m S	84.3	82.1	11	12
	08/11/2020		E4	184419.00 m E	8501286.00 m S	76.7	72.4	10	8
	09/11/2020		E5	183803.00 m E	8501680.00 m S	82.6	81	9	11
	10/11/2020		E6	182454.00 m E	8501802.00 m S	89	75.4	13	9
	11/11/2020		E7	181903.00 m E	8502262.00 m S	67	57.4	7	6
	12/11/2020	WHANCHAQ	E8	181142.00 m E	8501924.00 m S	89	78.8	12	12
	13/11/2020		E9	180068.00 m E	8501845.00 m S	87.7	75	9	11
	14/11/2020		E10	180813.00 m E	8501564.00 m S	83.2	69.3	12	11
MUESTRA 2	01/12/2020	SAN SEBASTIAN	E1	182670.26 m E	8501380.46 m S	81.4	79.7	8	9
	02/12/2020		E2	182815.35 m E	8501107.98 m S	67.6	56.6	8	9
	03/12/2020		E3	183849.00 m E	8501279.00 m S	85.5	81.1	12	10
	04/12/2020		E4	184419.00 m E	8501286.00 m S	77.1	72.4	11	10

	05/12/2020	WHANCHAQ	E5	183803.00 m E	8501680.00 m S	85.3	83.8	9	13
	06/12/2020		E6	182454.00 m E	8501802.00 m S	86.1	77.4	9	12
	07/12/2020		E7	181903.00 m E	8502262.00 m S	64.5	53.3	8	9
	08/12/2020		E8	181142.00 m E	8501924.00 m S	87.2	78.2	10	10
	09/12/2020		E9	180068.00 m E	8501845.00 m S	86.9	74.3	12	9
	10/12/2020		E10	180813.00 m E	8501564.00 m S	83.8	74.3	10	10
MUESTRA 3	11/12/2020	SAN SEBASTIAN	E1	182670.26 m E	8501380.46 m S	81.6	79.5	10	11
	12/12/2020		E2	182815.35 m E	8501107.98 m S	66.2	56.4	12	8
	13/12/2020		E3	183849.00 m E	8501279.00 m S	85.7	82.2	9	13
	14/12/2020		E4	184419.00 m E	8501286.00 m S	76.6	75.2	13	11
	15/12/2020		E5	183803.00 m E	8501680.00 m S	88.4	81.4	8	9
	16/12/2020		E6	182454.00 m E	8501802.00 m S	89	77.6	12	13
	17/12/2020		E7	181903.00 m E	8502262.00 m S	65	56.9	11	9
	18/12/2020	WHANCHAQ	E8	181142.00 m E	8501924.00 m S	89.1	75.8	8	9
	19/12/2020		E9	180068.00 m E	8501845.00 m S	85.9	72.1	11	11
	20/12/2020		E10	180813.00 m E	8501564.00 m S	83.4	72.5	11	11

Fuente: Elaboración propia

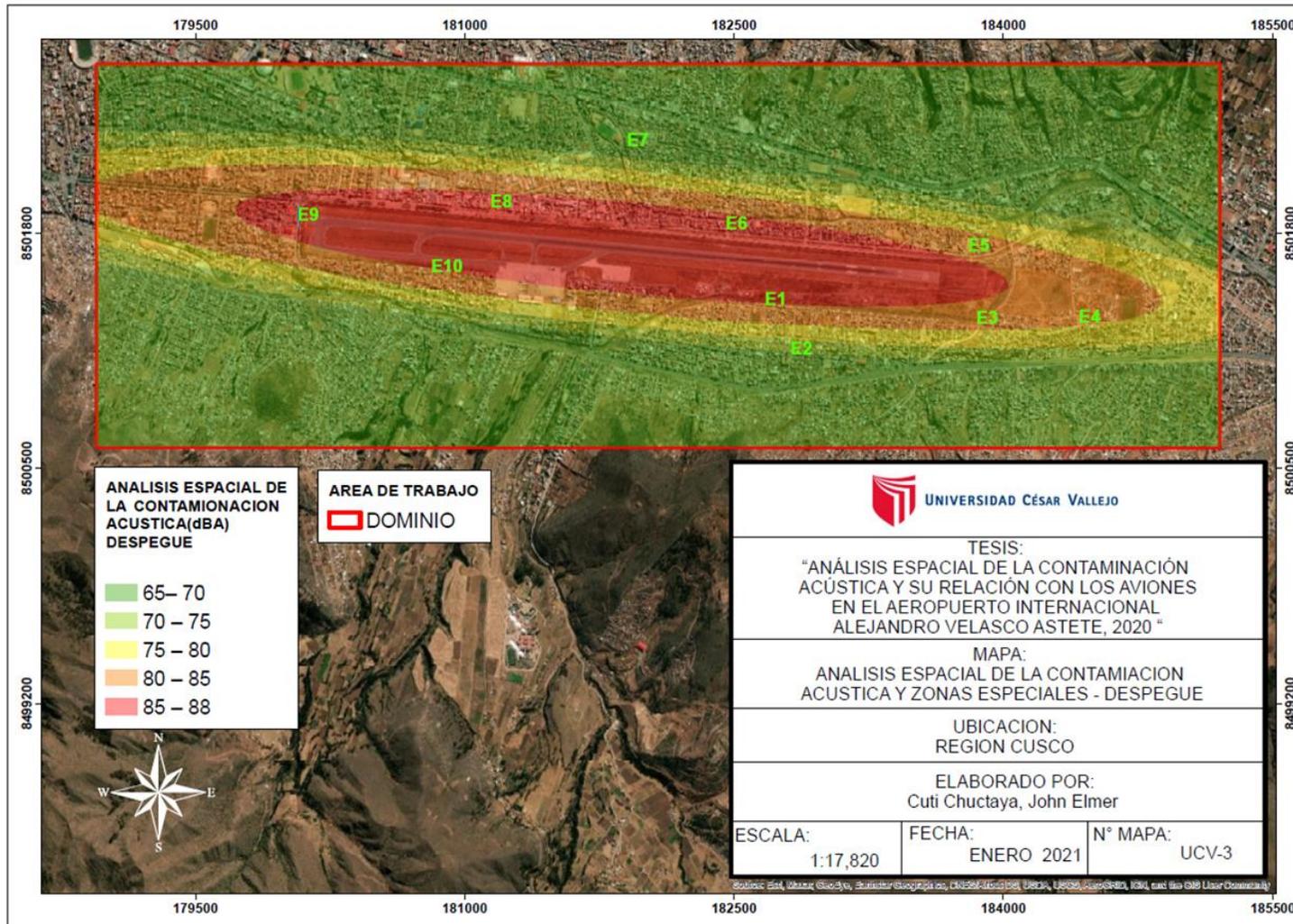
Anexo 7: Mapa N°1 Ubicación de puntos de monitoreo de ruido y áreas de trabajo



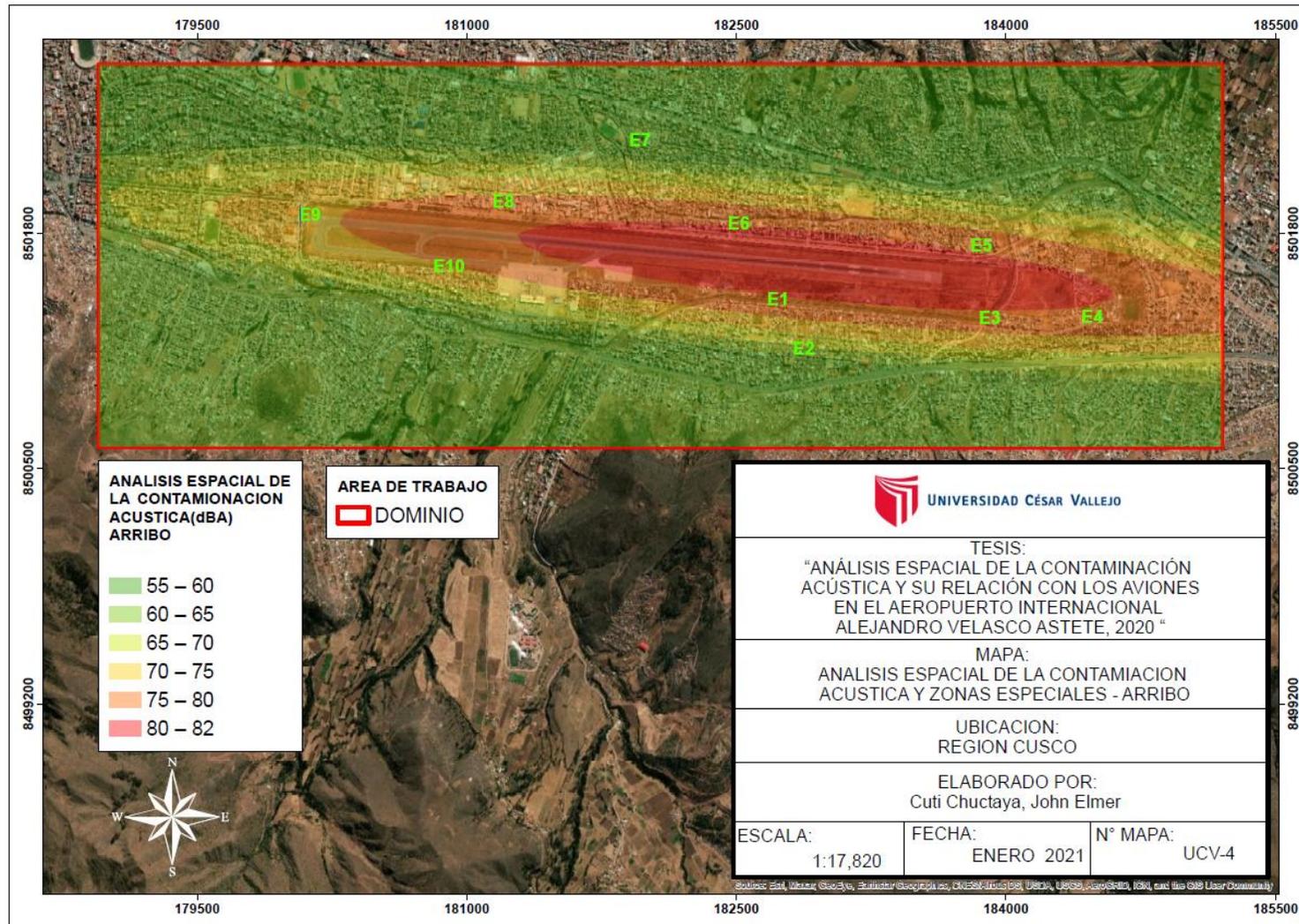
Anexo 8: Mapa N°2 Ubicación de zonas especiales en el área de trabajo



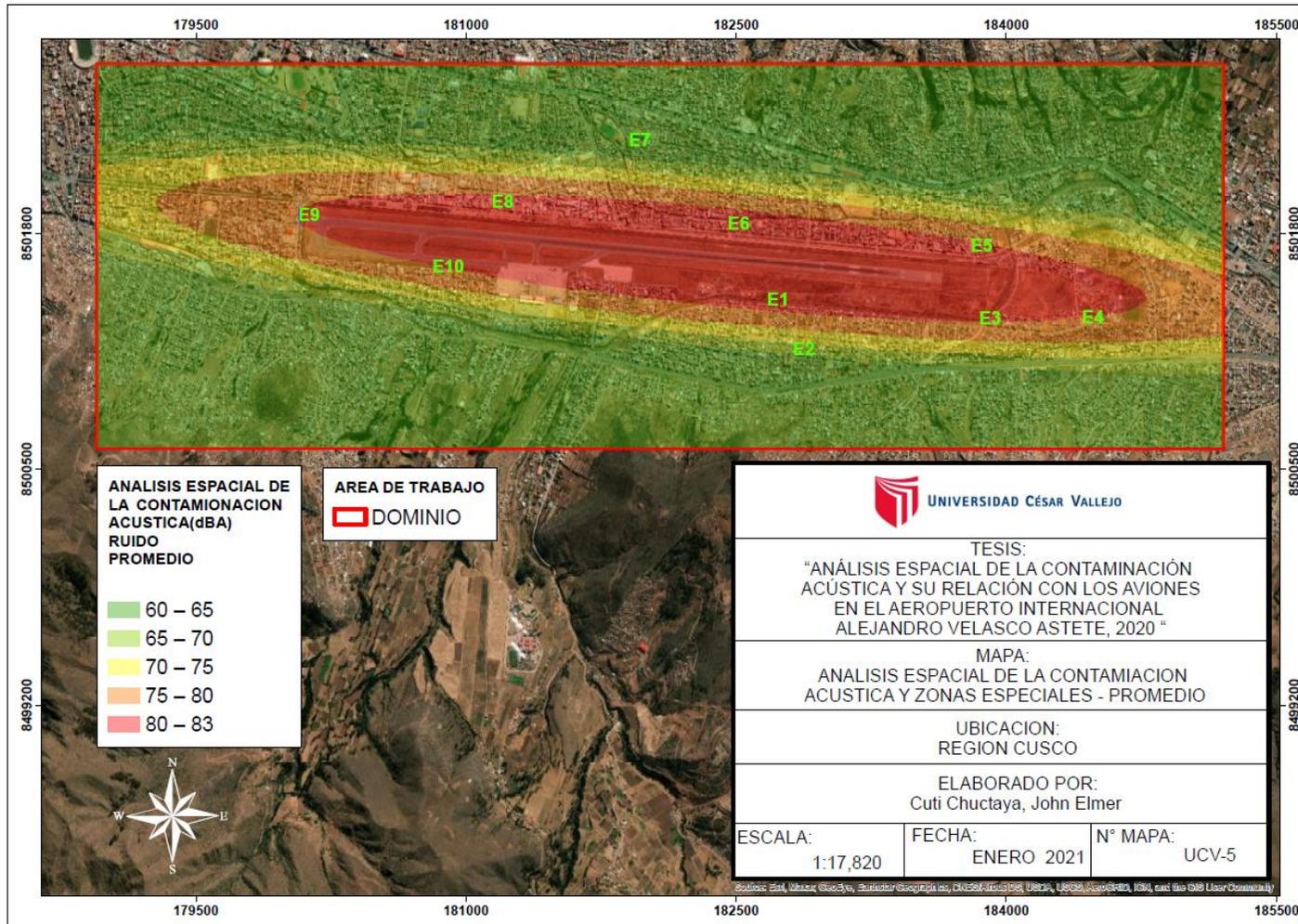
Anexo 9: Mapa N°3 Análisis de Contaminación Acústica y zonas especiales de aviones en despegue



Anexo 10: Mapa N°4 Análisis de Contaminación Acústica y zonas especiales de aviones en arribo



Anexo 11: Mapa N°5 Análisis de Contaminación Acústica y zonas especiales promedio

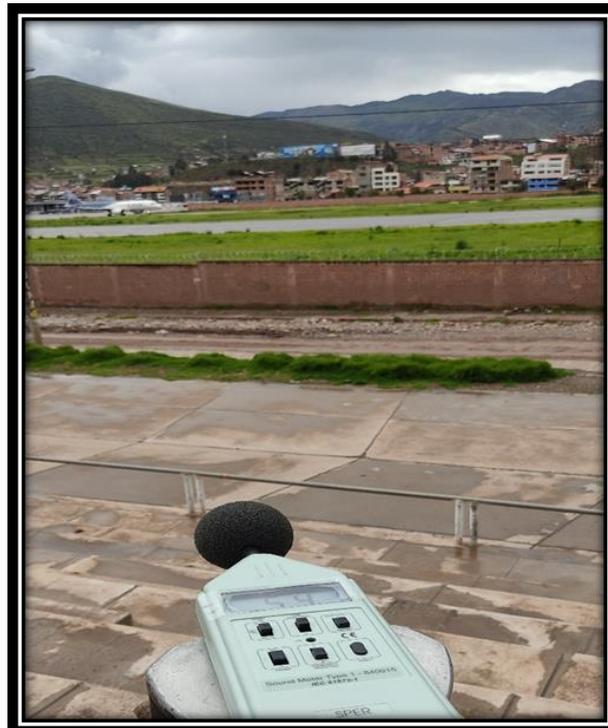


Anexo 12: Panel Fotográfico

a. Fotografía del Sonómetro



b. Monitoreo en las estaciones establecidas



c. Monitoreo de las estaciones establecidas con Sonómetro con respectivo protector de precipitación.





Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CUTI CHUCTAYA JOHN ELMER, estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "ANÁLISIS ESPACIAL DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA Y SU RELACIÓN CON LOS AVIONES EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL ALEJANDRO VELASCO ASTETE, 2020", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
CUTI CHUCTAYA JOHN ELMER DNI: 44787701 ORCID 0000-0003-4824-199X	