

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**



**TESIS**

**MODELAMIENTO KRIGING DEL DECIBELIO EN MAPAS TEMÁTICOS DE  
LAS FESTIVIDADES CULTURALES DE LA REGIÓN DE PUNO, 2016**

**PRESENTADA POR:  
GROVER MARÍN MAMANI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**



**TESIS**

**MODELAMIENTO KRIGING DEL DECIBELIO EN MAPAS TEMÁTICOS DE  
LAS FESTIVIDADES CULTURALES DE LA REGIÓN DE PUNO, 2016**

**PRESENTADA POR:  
GROVER MARÍN MAMANI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

  
.....  
Dr. OSCAR ELOY LLANQUE MAQUERA

PRIMER MIEMBRO

  
.....  
Dr. VLADIMIRO IBAÑEZ QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO

  
.....  
Ph.D. JUAN MARCOS ARO ARO

ASESOR DE TESIS

  
.....  
Dr. WALDO ERNESTO VERA BEJAR

Puno, 14 de noviembre de 2018

**ÁREA:** Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

**TEMA:** Contaminación acústica de bandas de músicos expresado como kriging.

**LÍNEA:** Impacto tecnológico y ambiental.

## DEDICATORIA

*A mi esposa Milagros por su apoyo incondicional a mi querido hijo Ghael del Piero, que son mi principal motivo por el cual lucho todos los días.*

*Dedico a mis queridos padres Esteban y Eladia Elsa a mi hermano Ronald con todo mi cariño, y mi profundo agradecimiento por su apoyo incondicional que hace de mí cada día un mejor ser humano.*

*A la memoria eterna de mi querido hermano Rubén y mis abuelos Jacinto y Gerardo que velan espiritualmente por el bienestar de toda mi familia, y darme la seguridad completa de que no estoy solo cuando me sienta abatido por mis problemas.*

## AGRADECIMIENTOS

- Hacer extensible mi gran sincero agradecimiento a la Escuela de Post grado de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial medida al Doctorado en Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, y a su calificada plana docente que me ha guiado en el campo del saber y consolidación científica.
- Agradezco además a todos y cada uno de aquellos quienes pusieron un granito de arena colaborando para culminar con éxito este proyecto; Dr. Waldo Ernesto, Vera Bejar por su orientación y tiempo donado generosamente en cada una de las facetas dentro del desarrollo y avances de este trabajo de investigación.
- A las siguientes instituciones que contribuyeron al trabajo de investigación en especial a la municipalidad provincial de Puno, a la municipal provincial de Juliaca, por las facilidades proporcionadas.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1

**CAPÍTULO I****MARCO TEORICO**

1.1 Bases teóricas.....	2
1.1.1 Sonido.....	2
1.1.2 Ruido.....	2
1.1.3 Clases de ruidos.....	3
1.1.4 Niveles de ruido.....	3
1.1.5 Sistemas de medición del ruido.....	3
1.1.6 El sonido como molestia y sus posibilidades de medición.....	4
1.1.7 Efectos en la salud y el bienestar.....	4
1.1.8 Los sistemas de información geográfica .....	5
1.1.9 Análisis geoestadístico .....	5
1.1.10 Los mapas de ruidos.....	6
1.1.11 Generalidades sobre el kriging .....	7
1.1.12 Kriging ordinario .....	8
1.1.13 Kriging universal .....	8
1.1.14 Gráficos de semivariograma.....	9

	<b>Pág.</b>
1.1.15 Toma de muestras kriging .....	9
1.2 Antecedentes de investigación .....	9
1.3 Normatividad .....	13
1.3.1 Estándares internacionales.....	13
1.3.2 Estándares nacionales .....	14

## **CAPÍTULO II**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1 Identificación del problema. ....	15
2.2 Enunciado del problema .....	16
2.2.1 Pregunta General. ....	16
2.2.2 Pregunta Específicas.....	16
2.3 Justificación. ....	16
2.4 Objetivos .....	17
2.4.1 Objetivo general .....	17
2.4.2 Objetivos específicos.....	17
2.5 Formulación de hipótesis .....	17
2.5.1 Hipótesis general .....	17
2.5.2 Hipótesis específicos .....	18

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 Lugar de estudio.....	19
3.2 Población .....	19
3.3 Muestra .....	20
3.4 Descripción de métodos por objetivos específicos .....	21
3.4.1 Objetivo 1: evaluar el comportamiento del decibelio.....	21
3.4.2 Objetivo 2: identificación del modelamiento kriging.....	22
3.4.3 Objetivo 3: elaboración del mapa de comportamiento vertical dB(A).....	24

	<b>Pág.</b>
3.5 Instrumento y materiales.....	24
3.5.1 Sonómetro CASELLA CEL 6X0. ....	25
3.5.2 GPS Garmin eTrex 30 .....	26
3.6 Operacionalización de variables .....	26
 <b>CAPÍTULO III</b>  	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1 Evaluar el comportamiento del decibelio .....	27
4.1.1 Prueba estadística .....	28
4.1.2 Contrastación de hipótesis .....	29
4.2 Identificar el modelamiento kriging con más confiabilidad de decibelio.....	30
4.2.1 Prueba estadística .....	31
4.3 Elaborar el mapa temático de comportamiento vertical (z) del decibelio .....	35
4.3.1 Prueba estadística .....	38
CONCLUSIONES .....	42
RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
1.	Rango de niveles de ruido ciudades del Perú.....	9
2.	OMS Valores de ruido permisible .....	14
3.	Estándares Nacionales de calidad ambiental para ruido .....	14
4.	Estaciones de monitoreo parada virgen de la Candelaria .....	20
5.	Estaciones de monitoreo parada carnaval de Juliaca .....	21
6.	Instrumentos y materiales .....	24
7.	Especificaciones Técnicas Sonómetro .....	25
8.	Especificaciones Técnicas GPS .....	26
9.	Promedios LAeq de Puno y Juliaca .....	27
10.	Descriptivos de Puno y Juliaca .....	28
11.	Comparación de medias de monitoreo Puno y Juliaca .....	29
12.	Resultantes de predicción de los modelos matemáticos .....	31
13.	Ecuaciones de modelos matemáticos .....	32
14.	Descriptivos del análisis de residuales Puno y Juliaca .....	34
15.	Comportamiento LAeq vertical dB(A) puntual PVVCP Puno .....	36
16.	Comportamiento LAeq vertical dB(A) puntual PCJ Juliaca.....	37
17.	Operacionalización de variables .....	54
18.	Supuesto de normalidad.....	57
19.	Supuesto de igualdad de varianzas.....	58
20.	Prueba t student para muestras independientes.....	59
21.	Resultado de predicciones por modelo .....	59
22.	Análisis de residual regresión lineal .....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Análisis de tendencia LAeq .....	30
2. Predicción estándar de error de mapa .....	33
3. Predicción estándar de error de mapa .....	33
4. Análisis de tendencia LAeq vertical .....	38
5. Zonificación vertical dB(A) .....	39
6. Sonómetro CASELLA CEL 6X0.....	53
7. GPS Etrex 30.....	53
8. Predicción horizontal para dB(A) parada Candelaria Puno .....	61
9. Predicción horizontal para dB(A) parada carnaval Juliaca.....	62
10. Predicción vertical para dB(A) parada Candelaria Puno .....	63
11. Predicción error vertical para dB(A) parada Candelaria Puno .....	64
12. Predicción vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca .....	65
13. Predicción error vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca .....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Instrumentos de medición .....	53
2. Operacionalización de variables .....	54
3. Informe de laboratorio .....	55
4. Pruebas estadísticas .....	57
5. Predicción horizontal para dB(A) parada Candelaria Puno .....	61
6. Predicción horizontal para dB(A) parada carnaval Juliaca .....	62
7. Predicción vertical para dB(A) parada Candelaria Puno .....	63
8. Predicción error vertical para dB(A) parada Candelaria Puno .....	64
9. Predicción vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca .....	65
10. Predicción error vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca .....	66

## RESUMEN

La contaminación acústica afecta la calidad de vida en todo el mundo. El origen puede deberse a diversas causas, siendo una de las actividades culturales las que son parte de la identidad étnica de la región Puno. El objetivo fue determinar el modelamiento espacial del decibelio en mapas temáticos analizando las ecuaciones Kriging en la parada veneración de la Virgen de la Candelaria en Puno y la parada del carnaval de Juliaca. Las mediciones se realizaron con el método vial y la rejilla en la ciudad de Puno y Juliaca, con 56 puntos de monitoreo y cuatro indicadores donde el promedio  $L_{min}$  es  $74,72 \pm 4,42$  dB(A) Puno y  $72,14 \pm 4,56$  dB(A) Juliaca,  $L_{max}$  es  $108,16 \pm 6,18$  dB(A) Puno y  $104,83 \pm 7,57$  dB(A) Juliaca,  $L_{Apk}$  es  $125,32 \pm 9,36$  dB(A) Puno y  $122,48 \pm 10,37$  dB(A) Juliaca,  $L_{Aeq}$  es  $93,668 \pm 5,529$  dB(A) Puno y  $90,443 \pm 6,420$  dB(A) Juliaca, se determinó que la exposición a dichas actividades culturales es mucho más nociva que el tráfico rodado en hora pico. Los mapas ajustados al modelo J – Bessel muestran coherencia gráfica y un nivel de confianza superior al 95% para el  $L_{Aeq}$  de Puno y Juliaca, los mapas verticales muestran la exposición a contaminación acústica alcanza los 20 metros de altura. La exposición prolongada a actividades culturales en la región es de alto riesgo para la salud auditiva de los espectadores, necesitándose medidas de control de emisiones y monitoreo constante, además de restringir las horas de exposición.

**Palabras Claves:** Acústica, J-Bessel, Mapa vertical, Ruido y Virgen de la candelaria

## ABSTRACT

Noise pollution affects the quality of life around the world. The origin can be due to diverse causes, being one of the cultural activities those that are part of the ethnic identity of the region Puno. The objective is to determine the spatial modeling of the decibel in thematic maps analyzing the Kriging equations in the stop of the Virgin of the Candelaria in Puno and the stop of the carnival of Juliaca. The measurements were made with the road method and the grid in the city of Puno and Juliaca, with 56 monitoring points and four indicators where the average  $L_{min}$  is  $74, 72 \pm 4.42$  dB(A) Puno and  $72.14 \pm 4.56$  dB(A) Juliaca,  $L_{max}$  is  $108.16 \pm 6.18$  dB(A) Puno and  $104.83 \pm 7.57$  dB(A) Juliaca,  $L_{Apk}$  is  $125.32 \pm 9.36$  dB(A) Puno and  $122.48 \pm 10.37$  dB(A) Juliaca,  $L_{Aeq}$  is  $93.668 \pm 5.529$  dB(A) Puno and  $90.443 \pm 6.420$  dB(A) Juliaca, it is determined that exposure to such cultural activities is more harmful than road traffic at peak time. The maps adjusted to the model J - Bessel show graphical coherence and a confidence level higher than 95% for the  $L_{Aeq}$  of Puno and Juliaca, the vertical maps show the exposure to noise pollution reaches 20 meters high. Prolonged exposure to cultural activities in the region is a high risk to the hearing health of viewers, requiring emission control measures and constant monitoring, as well as restricting exposure hours.

**Keywords:** Acoustics, J-Bessel, Vertical Map, Noise and Virgin of Candelaria

## INTRODUCCIÓN

En la región de Puno, se presenta un alto índice de contaminación ambiental de ruidos, producto de las actividades culturales y religiosas, sobre todo en las festividades de la Virgen de la Candelaria desarrollada en la ciudad de Puno y los carnavales de Juliaca que son las más grandes festividades de la región; cuyos ruidos son producidos por las bandas musicales, los cuales han provocado un desequilibrio ambiental.

El trabajo se ha realizado a través de la aplicación de las técnicas geo estadísticas y métodos matemáticos dentro del rango kriging, en un conjunto de mediciones hechas en la ciudad de Puno y Juliaca para la estimación del método y determinar los niveles de contaminación acústica en mapas temáticos.

Dentro de este marco, la investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I, contempla el planteamiento del problema y su respectiva formulación, así mismo el enunciado de los objetivos y la justificación de la investigación

El Capítulo II, se aboca al marco teórico, y dentro de ello, los antecedentes del estudio, bases teóricas, normatividad y la formulación de las hipótesis.

El Capítulo III, describe la metodología del estudio, iniciando con el ámbito de estudio, población y muestra, descripción de métodos por objetivos específicos, instrumentos y materiales y operacionalización de variables

El Capítulo IV, describe los resultados y discusión del estudio, iniciando con los resultados por objetivos haciendo uso de geoestadística y métodos matemáticos dentro del rango kriging

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Bases teóricas

##### 1.1.1 Sonido.

El sonido es un proceso físico, producto de la vibración de superficies los cuales son convertidos en impulsos eléctricos para su percepción. La variación de la presión del aire en una superficie puede ser detectada por el oído humano, pudiendo ser descrito mediante parámetros físicos, principalmente la intensidad y la frecuencia o mediciones empíricas como LAeq dB(A), siendo las áreas urbanas los principales contenedores y productores de sonido. (López, 1997; Olague, Wenglas y Duarte, 2016).

##### 1.1.2 Ruido.

El sonido es cualquier variación de la presión en el aire que puede ser detectada por el oído humano. Por definición, el ruido es un sonido no deseado y molesto. El ruido es el resultado de la combinación de sonidos de una sola frecuencia o tonos puros, y tiene un espectro de frecuencia continuo, de amplitud y longitud de onda irregulares. (Bruel y Kjaer, 2007). Este fenómeno sonoro formado por vibraciones irregulares en frecuencia período, ciclo o herzt y amplitud por segundo, con distintos timbres, dependiendo del material que los origina. (Mínguez, 2002). La sucesión de compresiones y enrarecimientos que provoca la onda acústica al desplazarse por el medio hace que la presión existente fluctúe en torno a su valor de equilibrio; estas variaciones de presión actúan sobre la

membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido. (Laforga, 2000).

### 1.1.3 Clases de ruidos.

Bruel y Kjaer, (2007) menciona en su trabajo “nociones acústicas” realizada en Mexico DF, las clases de ruidos presentes en el entorno urbano que se describen a continuación:

- a. Ruido Continuo: El ruido continuo se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción. Para determinar el nivel de ruido es suficiente medir durante unos pocos minutos.
- b. Ruido Intermitente: Es producido cuando hay maquinaria que opera en ciclos, o cuando pasan vehículos aislados o aviones, el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente. Para medir este tipo de eventos se hace de manera continua durante la duración del mismo.
- c. Ruido Impulsivo: Proveniente de impactos o explosiones, es breve y abrupto.

### 1.1.4 Niveles de ruido.

Berglund y Lindvall, (1995); Zamorano *et al*, (2015) se usa los indicadores de contaminación acústica que se describen a continuación:

- a. Nivel instantáneo ( $L_p$ ): Nivel de presión acústica que se registra en un instante de medición. También se denomina SPL (Sound Pressure Level).
- b. Nivel Sonoro Continuo Equivalente ( $L_{Aeq}$ ): Representa la energía acústica que contiene el ruido en un determinado tiempo.
- c. Nivel máximo ( $L_{max}$ ): Es el nivel sonoro más alto que se registra durante un período de tiempo.
- d. Nivel mínimo ( $L_{min}$ ): Es el menor nivel sonoro que se registra durante un intervalo de tiempo.

### 1.1.5 Sistemas de medición del ruido

Los niveles de ruido que tienen que ver mucho con la cultura de los pueblos. Sin duda alguna los perjudicados con estas medidas serían los países del sur de Europa, en los que tanto las tardes como las noches tienen un significado especial para el ocio, que se traduce en un aumento de los niveles de ruido. (Martín, 2000).

El LAeq es una medida que se ha generalizado y se utiliza habitualmente en todos los países que miden las condiciones acústicas, (Barti, 2002). Para entender el factor duración en la medición estadística de la exposición al ruido, se ha introducido la magnitud de nivel de presión acústica equivalente, cuya expresión se corresponde con el LAeq. Su cálculo mide el nivel constante de ruido, con el mismo contenido de energía que la variación acústica de la señal acústica calculada. (Aagesen, 2002).

#### **1.1.6 El sonido como molestia y sus posibilidades de medición.**

El sonido puede ser clasificado como ruido cuando daña el mecanismo auditivo, cuando causa en el cuerpo otros efectos que son dañinos para la salud y la seguridad, quita el sueño y no deja descansar, interrumpe la conversación u otras formas de comunicación, cuando molesta e irrita. La complejidad de la respuesta subjetiva, el perceptivo, lejos de la preocupación de los estudios técnicos y psicofísicos por identificar las características físicas del sonido como los atributos más relevantes, centra su atención en los procesos psicológicos de interpretación y atribución de significados, especialmente sociales y culturales, en relación a las preferencias acústicas. (Baron, 1970; Amphoux, 1991; Bressane, Satie, Caram y Frutuoso, 2016).

La capacidad para medir el grado de molestia. Existen varios factores que hacen que el ruido sea molesto, unos de carácter psicológico o personal y otros de carácter físico. Si entre los primeros se incluye la hora del día en que se produce el suceso, la actividad que está realizando el receptor, la relación entre el receptor y el productor del ruido, el nivel de temor que el ruido produce, el sentido de la inevitabilidad y la situación temporal de la fuente; entre las características físicas habría que incluir el nivel sonoro, la frecuencia del sonido, su duración, la periodicidad y su predictibilidad, la naturaleza tonal y la naturaleza impulsiva. (Ruiz, 2002; Bressane, Satie, Caram y Frutuoso, 2016).

#### **1.1.7 Efectos en la salud y el bienestar**

Es la subjetividad, siempre dentro de un determinado marco sociocultural, la que modula la percepción de los parámetros físicos de un sonido o del ambiente urbano sonoro, bien como aceptable o deseable. Uno de los efectos más



importantes del ruido producido en urbes es el estrés o estado de tensión que repercute negativamente en la salud, provocando trastornos gastrointestinales y el aumento de la presión arterial. (Agencia del Medio Ambiente de la Consejería Ambiental de Madrid, 1993; Venegas *et al.*, 2013).

La exposición puntual superiores a 120 dB(A), producen dolor intenso, inflamación del oído interno y otros efectos dañinos sobre el órgano del oído. Si se somete a una persona a niveles de ruido superiores a 135 dB(A), es probable que se produzca un trauma acústico o una ruptura del tímpano, que es un efecto frecuente cuando se trata de ruidos impulsivos. (Velasco, 2000).

La posibilidad de que el ruido ambiental provoque efectos negativos sobre la salud humana lo que ha estimulado en gran medida las investigaciones en este campo, de manera que la mayoría de los estudios se han centrado en conocer cuáles son los niveles de contaminación acústica del medio ambiente y en qué medida afectan a la salud y al bienestar de las personas. (García y Garrido, 2003; Bressane, Satie, Caram y Frutuoso, 2016).

### **1.1.8 Los sistemas de información geográfica**

Esta nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Se enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones; pero todas coinciden en que se trata de un sistema integrado para trabajar con información espacial con regresión logística múltiple, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones. Como “Sistema de Información” se entiende la unión de la información y herramientas informáticas para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información incluye la posición en el espacio. (Burrough, 1990; Goodchild, 1994; Peña, 2006; Aceves *et al.*, 2016).

### **1.1.9 Análisis geoestadístico**

Permiten modelar las estructuras de relación espacial en funciones denominadas variogramas o covariogramas, y posteriormente, con la información que se extrae de tales funciones se realizan interpolaciones espaciales en los métodos

denominados kriging. El modelamiento de variables medidas en diferentes sitios de una región con continuidad espacial y que presentan alguna estructura de correlación espacial, con el desarrollo de los análisis geoestadísticos, incrementándose su uso en diferentes disciplinas científicas como la minera, geología, ecología, ciencias ambientales. Los análisis geoestadísticos convencionales contemplan una serie de pasos, la aplicación a áreas de las ciencias naturales se ha incrementado en estos últimos años sobre todo para la validación de mapas por variabilidad espacial de datos. (Cressie y Majure, 1995; Garbanzo, Aleman, Alvarado y Enríquez, 2017).

Obteniendo en lo posible un modelo de variograma teórico (esférico, exponencial, gaussiano, circular, entre otros que están disponibles), el cual es usado en la interpolación de la variable en los sitios no muestreados. Muestra una formulación general que permite la modelización de todas estas posibilidades. Sea  $s$  una localización cualquiera del espacio Euclideo  $d$ -dimensional  $R^d$  (en general  $d = 2$ , aunque no necesariamente), suponga que se está interesado en analizar un determinado fenómeno de interés que toma un valor aleatorio  $Z(s)$  en cada localización  $s$ . Si ahora se permite que  $s$  varíe sobre un determinado conjunto  $D \subseteq R^d$ , se tendrá el proceso aleatorio  $\{Z(s), s \in D\}$ , que es el objeto de estudio de la estadística espacial. La geoestadística estudiaría aquellos fenómenos en los que el índice espacial  $s$  varíe de forma continua sobre toda la región de estudio (Cressie, 1993)

#### **1.1.10 Los mapas de ruidos.**

Los mapas acústicos son sólo una herramienta válida para el control y mejora de los niveles sonoros ambientales, la información que proporciona resulta de una gran utilidad tanto para considerar la consiguiente planificación urbana como para orientar con pleno fundamento la lucha contra el ruido ambiental. (García, 1998). Una nueva metodología para el desarrollo de mapas: el sistema consiste en una serie de vehículos, dotados de instrumentación acústica y sistemas de localización geográfica, que siguiendo recorridos especialmente establecidos a lo largo de la ciudad, realizan mediciones acústicas del ambiente exterior durante un tiempo predeterminado. (Perera, 2002; Campello, Peral, Campillo y Velasco, 2017).

Un mapa estratégico de ruido es una herramienta diseñada para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada debido a la existencia de distintas fuentes acústicas. Las principales capas que existen en un modelo geométrico son las que contienen: curvas de nivel, obstáculos, taludes, plataformas, fuentes de ruido, viaductos, edificios, etc. es decir, cualquier elemento que tenga efectos en la propagación y recepción del ruido. (García y Garrido, 2003; Ausejo, 2009).

### 1.1.11 Generalidades sobre el kriging

Royle *et al.*, (1981) y Burrough, (1986) indica que el Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores  $z$ . A diferencia de otros métodos de interpolación en el conjunto de herramientas de Interpolación, utilizar la herramienta Kriging en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores  $z$  antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida. El método kriging es similar al de IDW en que pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones. La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada de los datos:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Donde:

$Z(s_i)$  = el valor medido en la ubicación  $i$

$\lambda_i$  = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación

$s_0$  = la ubicación de la predicción

$N$  = la cantidad de valores medidos

En IDW, la ponderación,  $\lambda_i$ , depende exclusivamente de la distancia a la ubicación de la predicción. Sin embargo, con el método kriging, las ponderaciones están basadas no solo en la distancia entre los puntos medidos y la ubicación de la predicción, sino también en la disposición espacial general de los puntos medidos.

Para utilizar la disposición espacial en las ponderaciones, la correlación espacial debe estar cuantificada. Por lo tanto, en un kriging ordinario, la ponderación,  $\lambda_i$ , depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción. (Giraldo, Pacheco y Orosco, 2017).

### 1.1.12 Kriging ordinario

En Yang (2018) en su trabajo spatial prediction using Kriging ensemble, menciona la importancia de rescatar el concepto original en general y más utilizado de los métodos kriging y es el predeterminado. Presupone que el valor medio constante es desconocido. Esa es una presuposición razonable a menos que haya una razón científica para rechazarla (McBratney, y Webster, 1986). El estimador Kriging Ordinario puede predecirse como una combinación lineal de las  $n$  variables aleatorias así:

$$\begin{aligned} Z^*(u_0) &= \lambda_1 Z(u_1) + \lambda_2 Z(u_2) + \dots + \lambda_n Z(u_n) \\ &= \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} Z(u_{\alpha}) \end{aligned}$$

### 1.1.13 Kriging universal

Presupone que hay una tendencia de invalidación en los datos, por ejemplo, un viento prevaleciente, y puede modelarse a través de la función determinística polinómica (Oliver, 1990; Yang, 2018). Esta función polinómica se resta de los puntos medidos originalmente y la autocorrelación se modela a partir de los errores aleatorios. Una vez que el modelo se ajusta a los errores aleatorios y antes de realizar una predicción, se vuelve a sumar la función polinómica a las predicciones para obtener resultados significativos. El kriging universal solo se debe utilizar si se conoce una tendencia en los datos y se puede dar una justificación científica para describirla. El predictor Kriging Universal se define como:

$$Z^*(u_0) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} Z(u_{\alpha})$$

### 1.1.14 Gráficos de semivariograma

Kriging es un procedimiento complejo que requiere de un mayor conocimiento sobre las estadísticas espaciales que lo que se puede abarcar en este tema. Antes de utilizar este método, debe comprender profundamente sus principios básicos y evaluar la adecuación de sus datos para realizar un modelo con esta técnica (Heine, 1986).

### 1.1.15 Toma de muestras kriging

La toma de muestras da la información de lo que ocurre en cada punto. Sin embargo, no da información acerca de la relación que pueda existir entre dichos puntos (Press *et al.*, 1988; Yang, 2018). Se requiere de una forma precisa de estimar valores en puntos intermedios o en el caso de bloques, por ejemplo, estimar el promedio sobre el bloque. La precisión del estimador usado depende de varios factores, el número de muestras tomadas, la calidad de la medición en cada punto y las ubicaciones de las muestras en la zona.

## 1.2 Antecedentes de investigación

A nivel nacional las experiencias son muy pocas solo la OEFA - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2011) la tabla 1, muestra sus trabajos desarrollados a lo largo del país estableciendo el rango de los niveles de ruido en algunas ciudades del Perú fueron:

Tabla 1

*Rango de niveles de ruido ciudades del Perú*

Ciudad	Nivel	Nº Puntos
Lima metropolitana	69.6 dB(A) a 81.7 dB(A)	39
Maynas	71.0 dB(A) a 81.1 dB(A)	47
Coronel Portillo	71.9 dB(A) a 81.1 dB(A)	44
Huancayo	66.6 dB(A) a 77.5 dB(A)	39
Cusco	66.8 dB(A) a 75.7 dB(A)	29
Huánuco	68.7 dB(A) a 79.2 dB(A)	30
Tacna	63.3 dB(A) a 79.4 dB(A)	24

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) 2011.

Las experiencias internacionales muestran un simple conteo de datos con un análisis descriptivo muy elemental, los niveles de ruido están por encima de los establecimientos oficialmente como máximos, encontrando valores de los 80 a 100 dB(A), el principal

productor de ruido es el tránsito vehicular, los autobuses superan los 100 dB(A). (Williams y McCrae, 1995).

Después de una temporada de análisis se expone que en la ciudad de Curitiba Brasil, El nivel de ruido equivalente en valores LAeqT, en 02 horas de medición para 1000 Ubicaciones repartidas en las zonas urbanas de la ciudad, se ha encontrado que 93.3% de las ubicaciones de muestra durante los niveles sonoros equivalentes del día son más de 65 dB(A), y el 40,3% de la cantidad total de localizaciones medidas durante el día son valores extremadamente altos, más 75 dB(A). (Zannin, 2002)

Tras el silencioso incremento de este problema la (FHWA - Federal Highway Administration, 2004). En la unión europea un alrededor de 40% de la población está expuesta al ruido del tránsito con un nivel de presión sonora que excede 55 dB(A) en el día y 20% están expuestas a más de 65 dB(A), 30% de la población están expuesto durante la noche con un nivel de presión sonora que excede 55 dB(A).

El análisis espacial del ruido con los modelos geoestadísticos ha demostrado que la interpolación de datos no muestrales, y muestran los errores de interpolación dependen de una interacción compleja entre la autocorrelación de las muestras, la disposición espacial y sus valores. El método de evaluación de la exactitud de los mapas utilizando el error omisión, ha demostrado ser muy eficiente para la realización de auditorías en los datos (Barreto-Neto, y Barros da Silva, 2004).

El problema se globalizo y tomo con más importancia en Brasil En la zona de Curitiba, el nivel de ruido promedio (LAeq) se encuentra en el centro (zona acústicamente sin control) fue de 72,9 dB(A) y la zona acústicamente controlada fue de 53.3 dB(A) un análisis multivariado factorial generando tres indicadores estadísticos la percepción del tiempo y la percepción de las fuentes de ruido y los trastornos atípicos (Paz, 2005).

Los efectos de este problema muestran que la de pérdida de la audición fue de 28.5%, con un intervalo de confianza del 95% de 25.05 - 32.27%, de acuerdo al análisis multivalente (regresión logística), en correlación con el sexo, la edad, la asignación sector de la ciudad, y la exposición laboral al ruido. (Barbosa y Cardoso, 2005). El estudio de la variabilidad espacial teniendo en cuenta las unidades de mapa en el caso del suelo, era un método válido de estudiar la variabilidad espacial local. Unidad de mapeo del suelo es uno de los principales factores que afectan la variabilidad espacial de Cu, Zn, Pb y Cd

concentraciones en el suelo. Teniendo en cuenta la unidad en mapa de suelos podrían describir mejor la variabilidad espacial local y la distribución espacial en zona alta concentración. (Wu *et al.*, 2008).

La metodología general para superar la restricción geoestadística en la homogeneidad de la región de predicción, fue la combinación con sistemas de información geográfica que permite el uso de distancias a los objetos relevantes como covariables, los mapas de ruido en las zonas urbanas se benefician de esta metodología ya que los edificios y otras obras de infraestructura urbana son restricciones relevantes en el flujo de ruido. (Lopez-Quelez, y Muños, 2009).

En el área metropolitana Kuwait. En las calles locales / colector, el ruido oscilo entre 56.0 a 79.2 dB(A) y 55.3 a 76.4 dB(A), en calles arteriales, 62,3 a 89.2 dB(A) y 59.6 a 78.9 dB(A), y en autopistas, 66.7 a 94.8 dB(A) y 64.9 a 89.1 dB(A) durante horas punta que hace suponer un impacto significativo en la calidad de vida (Aziz *et al.*, 2012).

Las fuentes generadoras de ruido, el tráfico rodado era la principal fuente de ruido segundo de fábrica/maquinas. Una encuesta de salud reportó alrededor del 52% de la población sufrida de irritación frecuente. 46% encuestado sintió la hipertensión, y el 48,6% que se observó perdida de sueño debido a la contaminación acústica. Nueva Delhi. (Agarwal y Swami, 2011).

Los resultados obtenidos aplicando el método de interpolación no presentan variaciones significativas. Sin embargo, al observar los mapas construidos con IDW se evidencia que no hay coherencia entre el comportamiento del ruido descrito por el modelo y el existente en la zona de estudio los mapas obtenidos con kriging, se puede apreciar que los niveles más altos encontrados se deben a las vías principales (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo y Rendon, 2012; Henríquez *et al.*, 2012).

El método probabilístico kriging con un modelo de tendencia (KT) genera modelo digital de elevación (MDE) más precisos que los métodos de interpolación determinísticos (IDW, ANUDEM) y kriging ordinario (OK). No obstante, no es posible establecer que métodos probabilísticos de interpolación generan MDE más precisos que métodos determinísticos, ya que el MDE con el EMC más alto fue generando usando OK (Paredes *et al.*, 2013).

Estudios actuales muestran nuevas metodologías y procesos geoestadísticos de análisis, son útiles en la caracterización de la contaminación acústica ambiental. Además, en la administración urbana y la planificación, mapas de ruido es una herramienta muy útil para generar información sobre los impactos ambientales, lo que permite la visualización de la contaminación acústica en el paisaje urbano (Zannin *et al.*, 2013).

Los parámetros geoestadísticos del análisis espacial y predicción de mapas de ruido, con la aplicación del método Kriging y el modelo hole efecto es el mejor instrumento geoestadístico de predicción y confiabilidad para dB(A) que resulto 93,1 % dB(A) en la mañana, 94,7 % dB(A) en el día y 86.9 % dB(A) en la noche para el dB(A). (Argota, Marín y Marín 2017).

Se han mostrado tras estudios que en los espacios públicos dejando de lado el tráfico la fuente de ruido principal es la gente gritando en la calle, pero no es la única razón del ruido. la técnica soundwalker permite diagnosticar los problemas de ruido en una zona de ocio tomando sólo una medida fácil, rápido y barata. Sin embargo, medidas de tiempo largos dan resultados más precisos en puntos específicos. (Ballesteros *et al.*, 2014).

Se identificó que los procesos espaciales donde se desenvuelven los ruidos, indican que en las pequeñas ciudades son más ruidosas que las grandes ciudades. La mayoría de ellos se desarrolló en la noche y tienen niveles de ruido superiores a 85 dB(A), por lo que hay muchas personas que pueden ser afectados y sufren efectos sobre la salud, como perturbaciones del sueño (Ballesteros, Fernandez, Flindell, y Ballesteros, 2015).

El ruido del tráfico rodado en Guangzhou se calcula usando los datos del GPS, y el algoritmo está optimizado de tres maneras. Datos de SIG se utilizan para construir los mapas de ruido de tráfico durante el día y por la noche. La precisión del algoritmo optimizado se verifica, y de la contaminación del ruido del tráfico se analiza mediante la realización de un experimento de monitorización de ruido. Por lo tanto, el algoritmo optimizado se demuestra que es precisa y eficaz. (Cai *et al.*, 2015).

Gracias a la física se muestran avances en varias experiencias en la geoestadística, el método kriging ordinario para el monitoreo de distribución de energía es lo suficientemente rápido para el seguimiento en línea puede ser utilizado junto con un algoritmo de optimización, Más pruebas que hay que hacer para garantizar que el kriging



ordinario realiza lo suficientemente bien en términos de distribución de energía reconstrucción. (Peng, Wang, y Li, 2014).

Otra experiencia muestra la frequency of the ionosphere (foF2) proporcionados tanto por el método both the Kriging (KG) y neural network (NN) con el funcionamiento del modelo vertical de ionosphere. Los resultados indican que tanto el KG y los métodos de NN son las herramientas adecuadas para el modelado mapa foF2. (Jiang *et al.*, 2015).

Por otro lado, se ha analizado distintas experiencias en que el método de interpolación kriging multi-Gauss para la evaluación del tonelaje, la cantidad de metal. La comparación entre resultados obtenidos por el Concentration – Volume (C-V) el modelado fractal basado en la Ordinary multi-Gaussian kriging (OMK) y Simple multi-Gaussian kriging (SMK) estima los datos, revela que la varianza de diferentes zonas mineralizadas es similar (Afzal *et al.*, 2015; Lark, 2015).

En el campo ambiental, si en el futuro un nuevo estudio de la contaminación por Cd en la región necesita ser hecho, el diseño de la muestra puede desarrollarse a partir de los resultados del análisis geoestadístico. La utilidad de estas técnicas también puede ser reforzada en los factores, tales como: número y distribución de muestras que representa el real grado de contaminación (Yang, Wu, y Christakos, 2015).

En la actualidad la geoestadística por el método de interpolación, kriging, exploro los resultados que fueron beneficiosos e interesantes. El método proporcionó un conjunto denso de estimaciones sobre el sitio que podría ser representada como una visual para entender la fluctuación rápida visto en el recurso solar en ciertos momentos del año. (Monger *et al.*, 2016).

### **1.3 Normatividad**

#### **1.3.1 Estándares internacionales**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55 dB(A) (A) como límite superior deseable al aire libre. En la tabla 2, se ha sugerido que niveles de ruido Inferiores a 70 dB(A) durante las 24 horas del día, no produciría deficiencias auditivas. Para los ruidos Imprevistos se propone que el nivel de presión acústica (NPS) nunca debe exceder los 140 dB(A) para adultos y 120 dB(A) para niños.

Tabla 2

*OMS valores de ruido permisible*

<b>Ambientes</b>	<b>dB(A) (A)</b>
Viviendas	50dB(A)
Escuelas	35dB(A)
Discotecas	90dB(A) x 4horas
Conciertos, Festivales	100dB(A) x 4horas
Comercio y Trafico	70dB(A)

Fuente: OMS GINEBRA 1996.

### 1.3.2 Estándares nacionales

El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido establece los niveles máximos de ruido en el ambiente, En la tabla 3, ha considerado como parámetro el nivel de presión acústica continuo equivalente con ponderación A y toma en cuenta zonas de aplicación y horarios.

Tabla 3

*Estándares nacionales de calidad ambiental para ruido*

<b>Zonas de aplicación</b>	<b>Horario diurno (7:01 a 22:00)</b>	<b>Horario nocturno (22:01 a 7:00)</b>
Zona de protección especial	50dB(A)	40dB(A)
Zona residencial	60dB(A)	50dB(A)
Zona comercial	70dB(A)	60dB(A)

Fuente: D.S 085-2003 PCM.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema.

La contaminación acústica es un problema relativamente nuevo y es generado por sonidos ambientales que dependiendo de su amplitud y tono, se transforman en ruidos, este fenómeno espacial tiene un comportamiento totalmente heterogéneo en relación a su ubicación en el espacio, la localización conceptual es sencilla, el ruido es una consecuencia directa de cualquier actividad humana que al superar los límites máximos permisibles y estar expuestos a periodos prolongados afectan directamente a la salud. Las actividades culturales que son causantes de niveles de ruidos no determinados, abarcan una temporalidad significativa en el periodo anual puesto que está compuesta de diferentes actividades culturales, tales como la festividad Virgen de la Candelaria que es la más importante de Latinoamérica, carnavales de Juliaca el más extenso del Perú, entre otros.

Los mapas temáticos de ruido se han convertido en un instrumento esencial para la caracterización y zonificación del grado de contaminación acústica en las ciudades del mundo. La información obtenida de los mismos, permite a los entes gubernamentales tomar decisiones con relación a la planificación y gestión del territorio, estableciendo niveles máximos de acuerdo a los usos del suelo, para la elaboración de los mapas existen diferentes metodologías que permiten la construcción de las curvas de ruido. Usualmente, se realizan mediciones in situ de ruido ambiental que posteriormente, al aplicar técnicas de interpolación, se estiman valores desconocidos a partir de los registros realizados. Actualmente los métodos geoestadísticos son los más usados, en muchas áreas de estudio y la aplicación al campo acústico ambiental podría mejorar la comprensión de este

fenómeno espacial, pudiéndose identificar dentro de un amplio rango de ecuaciones del modelo kriging, los que se basan en la auto-correlación espacial de los puntos para la predicción y generación de superficies continuas, la posibilidad de ampliar las aplicaciones del kriging a la predicción de superficies verticales (sección vertical de ruido) no se ha experimentado, por ende se desarrolló el estudio del modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos de las festividades culturales de la Región de Puno, 2016.

## **2.2 Enunciado del problema**

### **2.2.1 Pregunta General.**

¿Cómo es el modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos de las festividades culturales de la Región Puno, 2016?

### **2.2.2 Pregunta Específicas.**

- i. ¿Cuál es el comportamiento del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016?
- ii. ¿Cuál es el modelamiento kriging más adecuado para el análisis del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016?
- iii. ¿Cuál es el mapa temático de comportamiento vertical ( $z$ ) del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016?

## **2.3 Justificación.**

El presente trabajo de investigación es de mucha importancia, puesto que el modelamiento kriging del decibelio para mapas temáticos es una temática nueva e inédita para actividades culturales en su simbolización espacial en la festividad Virgen de la Candelaria Puno y el carnaval de Juliaca. En la actualidad, organizaciones gubernamentales (Municipalidad, Gobierno Regional, Ministerio del Ambiente, Ministerio de Cultura, OEFA) carecen de mapas temáticos con modelamiento tipo kriging para analizar el comportamiento del decibelio horizontal y vertical por lo que sigue siendo un problema latente, desconocido, sin valores referentes y de constante crecimiento, generando problemas urbanos, sociales, ambientales de ordenamiento y salud como el

incremento de fatiga, estrés, molestias auditivas, debido a la variedad de modelos matemáticos que se apliquen a un indicador ambiental.

En tal razón, es preciso estudiar y proponer el presente proyecto de investigación, el cual es un precedente que proporciona una base de datos original e inédita en la actualidad que contribuirá a entender en verdadera magnitud el problema actual, ubicando las zonas en metros cuadrados, con nueva metodología de predicción, con alta confiabilidad, que ayudaran a la prevención y control de ruidos en mapas temáticos; además de identificar la dispersión del decibelio de forma vertical. En consecuencia, fue prioritario realizar el presente proyecto de investigación a fin de beneficiar a la población puneña y la región, a su vez la UNA-Puno y la Escuela de Posgrado de la misma, a nivel metodológico, para la mejora de los espacios públicos que los alberga.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo general**

Determinar el modelamiento del decibelio en mapas temáticos analizando las ecuaciones Kriging para el dB(A) con un alto porcentaje de confiabilidad, de las festividades culturales de la Región Puno, 2016

### **2.4.2 Objetivos específicos**

- i. Evaluar el comportamiento del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.
- ii. Identificar el modelamiento kriging con más confiabilidad para el análisis del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.
- iii. Elaborar el mapa temático de comportamiento vertical (z) del decibelio en la festividad de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.

## **2.5 Formulación de hipótesis**

### **2.5.1 Hipótesis general**

El modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos será de tendencia cuadrática y superiores al límite máximo permisible, con un porcentaje de

confiabilidad aceptable en el modelo hole effect para el dB(A). en la festividad de la virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.

### **2.5.2 Hipótesis específicos**

- i. El comportamiento del ruido en mapas temáticos será superior a 60 decibelios ocasionado en las festividades de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.
- ii. El modelamiento kriging con un 90% de confiabilidad en mapas temáticos será el hole effect para el dB(A). en las festividades de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.
- iii. El comportamiento vertical del decibelio será por propagación esférica de una fuente puntual en relación del nivel de potencia acústica y la presión sonora originada en un punto alejado a una distancia  $r$  obtendremos para los mapas transversales de ruido en las festividades de la Virgen de Candelaria de Puno y el Carnaval de Juliaca, 2016.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Lugar de estudio.

El área de influencia de los efectos ambientales sonoros producto de elementos de las actividades culturales, permite determinar la zona del presente trabajo de investigación, que se realizó en inmediaciones céntricas de la ciudad de Puno y Juliaca, puesto que son las ciudades más importantes del departamento de Puno y están ubicadas en la UTM WGS 84 zona 19 S. La ubicación de ciudad de Puno está ubicada entre las coordenadas geográficas 15°50'15" Latitud Sur y 70°01'18" Longitud Oeste a una altura de 3819 msnm. y la ciudad de Juliaca se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas es de 15°29'24" de Latitud Sur y 70°08'00" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich a una altura de 3824 msnm. En general el clima de Puno y Juliaca es frío y seco, al ubicarse a orillas del lago el clima es templado por la influencia del lago. Las precipitaciones pluviales son anuales que duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías; y el resto del año es la época de estiaje. La temperatura es muy digna, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 21°C y una mínima de -22 C. (SENAMI)

#### 3.2 Población

Según Romeu *et al.*, (2006) indica que la evolución de los métodos para la elaboración de mapas de ruido han cambiado en función a la extensión urbana donde se plantea el trabajo de investigación el método de rejilla o tráfico será determinado por la delimitación urbana del estudio, por ende, la población son las tramas urbanas donde se desarrollan festividades culturales más importantes de la región Puno, la festividad Virgen de la

Candelaria y el carnaval de Juliaca, donde interactúan las variables espaciales coordenadas (X, Y, Z), y los decibelios (dB). El área de influencia de los efectos ambientales sonoros producto de actividades culturales en la parada de la festividad Virgen de la Candelaria determina el espacio físico del trabajo de investigación, que tiene un área de 13 811 854,67 m<sup>2</sup>. El área de influencia de la parada del carnaval Juliaqueño, tiene un área de 23 811 954,6668 m<sup>2</sup>.

### 3.3 Muestra

Se usó la metodología de la rejilla de (Ausejo, 2009) para establecer la muestra en una grilla de 100 x 100 metros, las zonas públicas donde se desarrollaron actividades por la festividad Virgen de la Candelaria de Puno y el carnaval de Juliaca, para establecer los puntos de muestreo se usó el método de viales de (Romeu *et al.*, 2006) esta metodología consiste en identificar las vías que van a ser ocupadas por actividades ya sean de tráfico o alguna distinta asumiendo que las jerarquías de ruidos serán las mismas, en función a este sentido, la muestra se obtuvo de las vías que conformaban el recorrido de los conjuntos y comparsas musicales en la festividad de la virgen de candelaria Puno y el carnaval de Juliaca, con un tamaño muestral de 28 puntos de monitoreo plano por ciudad, para el modelo vertical se calcularon 112 puntos por ciudad con un nivel de confianza de 90% y un error de estimación de 10% máximo, estas referidas al protocolo nacional de monitoreo de ruido, que establece metodologías, técnicas y procedimientos para elaborar las mediciones de niveles de ruido, la distribución se detalla en la tabla 4 y 5.

Tabla 4

*Estaciones de monitoreo parada Virgen de la Candelaria*

Est.	Coordenadas UTM 19S Datum WGS 84		Est.	Coordenadas UTM 19S Datum WGS 84	
	Este	Norte		Este	Norte
1	391034.89	8248199.69	15	390600.20	8249317.06
2	391030.40	8248300.10	16	390499.47	8249290.68
3	391024.64	8248399.38	17	390400.18	8249267.66
4	391022.29	8248499.25	18	390300.41	8249243.19
5	391043.87	8248599.98	19	390200.64	8249221.13
6	391017.97	8248699.27	20	390100.40	8249199.55
7	391013.66	8248799.04	21	390000.15	8249180.36
8	391009.34	8248899.28	22	390002.55	8249099.30
9	391000.71	8248999.53	23	390043.80	8248999.53
10	390968.57	8249098.82	24	390085.53	8248898.80
11	390932.12	8249199.07	25	390100.40	8248799.04
12	390895.18	8249298.83	26	390000.15	8248783.69
13	390800.21	8249362.63	27	389900.38	8248763.54
14	390699.96	8249339.13	28	389899.42	8248699.27



Tabla 5

*Estaciones de monitoreo parada carnaval de Juliaca*

Est.	Coordenadas UTM 19S Datum		Est.	Coordenadas UTM 19S Datum	
	WGS 84			WGS 84	
	Este	Norte		Este	Norte
1	379322.27	8284793.15	15	378906.65	8285842.84
2	379293.90	8284863.36	16	378875.75	8285925.54
3	379262.50	8284939.20	17	378851.36	8285993.12
4	379233.35	8285016.71	18	378821.17	8286062.77
5	379204.11	8285089.68	19	378795.11	8286143.28
6	379176.28	8285160.12	20	378762.67	8286211.70
7	379145.94	8285238.62	21	378682.15	8286428.00
8	379116.90	8285313.69	22	378615.42	8286591.60
9	379085.71	8285390.64	23	378592.70	8286667.93
10	379058.62	8285463.18	24	378534.19	8286757.67
11	379026.04	8285537.24	25	378330.91	8286736.24
12	378989.57	8285618.81	26	378156.99	8286779.35
13	378960.53	8285695.43	27	378173.63	8286859.87
14	378936.19	8285774.51	28	378245.78	8287131.96

La distribución espacial de estaciones de monitoreo se encuentra dentro del mapa de predicción en total 56 muestras planas y 224 muestras verticales de predicción.

### 3.4 Descripción de métodos por objetivos específicos

Para el desarrollo de los objetivos han utilizado normatividad nacional e internacional de monitoreo en ruidos y la contrastación de hipótesis se usó estadística, método exploratorio para la confiabilidad de datos y ubicación de puntos de concentración por la festividad Virgen de la Candelaria Puno y el carnaval de Juliaca, con el software IBM SPSS statistics 22 y geoestadística método kriging para la predicción de la zonificación de ruidos con el software ArcGIS 10.3 basados en (Ausejo, 2009) y modificados al caso de contaminantes acústicos en festividades culturales regionales de Puno.

#### 3.4.1 Objetivo 1: evaluar el comportamiento del decibelio

a. Método: En (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo y Rendon, 2012), estable la metodología general para la recolección de información, por ende, se ha modificado para nuestro caso de investigación con el siguiente detalle: la frecuencia de lectura en cada uno de los puntos de monitoreo será de 1 hora en de 7:30 a 8:30 a.m. - 12:30 a.m. a 1:30 p.m y a 8:30 p.m a 9:30 p.m., tomando valores cada 5 minutos, además considerar 10 minutos adicionales para desplazarse el equipo y ubicarlo en otro punto. Cada toma de datos se realizan por un tiempo de 60 minutos, en este periodo se monitorearan 4 puntos, entre los meses de

diciembre de 2015 a febrero 2016, el instrumento de medición, el dosímetro será colocado en un trípode a una altura de 1, 5, 20, 50 y 100 metros del nivel del suelo y el ángulo formado por el dosímetro y el plano de trípode será de 45° aproximadamente, con una radio de seguridad de 60 centímetros, y a 1 metro mínimo de construcciones y elementos que obstruyan las ondas sonoras. La ubicación espacial a través del GPS las coordenadas UTM y altitud de los puntos de monitoreo.

b. Análisis: En (Murillo *et al.*, 2012) establece el análisis de datos son el dB(A) en función sus datos espaciales, para la generación de una altimetría, para lo cual usaremos el Kriging ordinario del valor de la variable regionalizada  $Z(s_0)$  en el punto  $s_0$  a partir de los valores que toma la variable en las estaciones de monitoreo situadas en los puntos  $s_i$  viene dada por la fórmula;

$$p(z, s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(s_i)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Dónde  $\lambda_i$  son los coeficientes para cada valor observado de la variable en el punto  $s_i$ , con la condición de que la suma de todos ellos sea igual a 1 para que la estimación no tenga sesgo (Esri, 2011).

### 3.4.2 Objetivo 2: identificación del modelamiento kriging

a. Método: En (Paredes, Salinas, Martínez y Jiménez, 2013) establece la metodología de uso a través de la geoestadística los resultados del monitoreo se modelarán para ver el comportamiento planimétrico del dB(A) en formatos de motores de cálculo compatibles, se georreferenciará los puntos de muestreo en un sistema de información geográfica para la construcción y digitalización de una base de datos gráfica para sobre poner los resultados de la investigación en el catastro urbano de la ciudad de Puno y Juliaca.

b. Análisis: En (Paredes, Salinas, Martínez y Jiménez, 2013) establecen la comparación de método de interpolación a través de la geoestadístico se establece 3 pasos, análisis exploratorio de datos donde se hará un análisis de frecuencia en

un histograma, para calcular el coeficiente de variación, obteniendo la gráfica Q-Q Plot de datos teóricos y reales, la ubicación espacial de muestra a través del análisis de tendencia para la obtención del orden de las ecuaciones y generar un mapa de voronoi. Análisis estructural de datos, se compara los modelos de kriging (Esri, 2011), en la ecuación siguiente:

$$p(z, s_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(s_i)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

La variable regionalizada  $Z(s_0)$  en el punto  $s_0$  a partir de los valores que toma la variable en las estaciones de monitoreo situadas en los puntos  $s_i$ . y compara los siguientes modelos:

**Modelo esférico:** Dónde  $\gamma(h)$  es la semivarianza en el intervalo de distancia  $h$ , y  $a$  es el rango (Ao). Este modelo tiene un comportamiento lineal a distancias de separación pequeñas, cerca del origen, pero se va aplanando a mayores distancias y alcanza el sill en la distancia  $a$ . (Esri, 2011)

$$\gamma(h) = \left\{ 1.5 * \frac{h}{a} - 0.5 * \left(\frac{h}{a}\right)^3 \quad sth \geq a \right\}$$

**Modelo exponencial:** Este modelo tiende a alcanzar en sill asintóticamente. El rango  $a$  es definido como la distancia a la cual el valor del variograma alcanza el 95% del sill. (Esri, 2011)

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(\frac{-3h}{a}\right)$$

**Modelo gaussiano:** El modelo Gaussiano tiende a alcanzar, al igual que el exponencial, el sill asintóticamente, y el rango se define como la distancia a la cual el variograma alcanza el 95% del sill. (Esri, 2011)

$$\gamma(h) = 1 - \exp\left(\frac{-3h^2}{a^2}\right)$$

**Modelo lineal:** Dónde  $C_0$  es el nugget y  $b$  la pendiente de la recta. (Esri, 2011).

$$\gamma(h) = C_0 + bh$$

### 3.4.3 Objetivo 3: elaboración del mapa de comportamiento vertical dB(A)

a. Método: En (Paredes, Salinas, Martínez y Jiménez, 2013) a través de la geoestadística del resultado del monitoreo se modelaran por cota que en función a una razón de cada 5 metros se calcularan matemáticamente los valores en las cotas 5, 20, 50 y 100 metros para ver el comportamiento altimétrico del dB(A), como control de usar los datos con el sonómetro a dichas altitudes para hacer los ajustes de las fórmulas matemáticas, los puntos de monitoreo se georreferenciaran en un sistema de información geográfica y construir una base de datos gráfica. Mapear los resultados de la investigación en el seccionamiento de los recorridos de las paradas.

b. Análisis: En (Paredes, Salinas, Martínez y Jiménez, 2013) A través de la geoestadístico se establece 3 pasos, análisis exploratorio de datos donde se hará un análisis de frecuencia en un histograma, para calcular el coeficiente de variación, obteniendo la gráfica Q-Q Plot de datos teóricos y reales, la ubicación espacial de muestra a través del análisis de tendencia para la obtención del orden de las ecuaciones y generar un mapa de voronoi. Análisis estructural de datos, se compara los modelos de kriging.

## 3.5 Instrumento y materiales.

Para la recolección de datos se han utilizado los siguientes Insumos y materiales detallados en la tabla 6.

Tabla 6

### *Instrumentos y materiales*

<b>Instrumento o material</b>	<b>Objetivo o variable a medir</b>
Sonómetro	Nivel de ruido (decibelio dB(A)).
Trípode	Fijar sonómetro.
GPS	Coordenadas (UTM).
Fluxómetro	Distancia (m).
Cronometro	Tiempo (minuto).
Cámara fotográfica	Entorno (unidad).
Computador	Área zonas (mapa).

### 3.5.1 Sonómetro CASELLA CEL 6X0.

En el manual de operario CASELLA CEL 6X0 HB3340-01 menciona características del instrumento de medida, que sirve para medir niveles de presión sonora (dB), el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. El equipo cuenta con las características que se muestran en la tabla 7, ver imagen en Anexo 1.

Tabla 7

#### *Especificaciones técnicas del sonómetro*

Especificaciones técnicas	
Rango total de medición	20 a 140dB(A) RMS (rango único), 143,0dB(A) pico
Ponderaciones de frecuencia RMS	simultáneas A, C y Lineal (Z)
Ponderaciones de frecuencia Pico	simultáneas A, C y Lineal (Z)
Ponderaciones en tiempo:	simultáneas Lento, Rápido e Impulso
Ponderaciones de amplitud	Q3, Q4 y Q5 (Q4 y Q5 aplicables a Lavg sólo)
Umbrales	70 a 90 (dB(A)) en pasos de 1dB(A) (aplicable a Lavgsólo)
Umbral de ruido	< 33 dB(A) (A) clase 2
Sesiones almacenadas	100
Pantalla	TFT a color con 320 x 240 pixeles
Información de calibración	Almacena la fecha, hora y nivel
Seguridad	bloqueo mediante teclado
Alimentación	3 baterías x AA alcalinas
Alimentación externa	9-14V CC a 250mA por conector de 2,1mm
Duración de las baterías	11 horas con luz posterior encendida 20 horas con luz posterior apagada
Montaje en trípode	Toma Whitworth de 1/4"
Dimensión en mm	72 x 229 x 31
Peso	295 g
Conexión con PC	USB 2.0
Pantalla	LCD gráfico de 96 x 26 píxeles
Normas Aplicables	IEC 60651 - 1979, IEC 60804 - 2000, IEC 61672 - 2002, ANSI S1.4 -1983 (R2006), ANSI S1.43 - 1997 (R2007)
Filtros de octavas (sólo el modelo CEL-620B/2/K1):	IEC 61260 clase 0, ANSI S1.11-2004
Parámetros medidos	
CEL-620A/2/K1	LXY, LXYmax, LXYmin, LXeq, LXpeak, Lavg, LC-LA, LXIeq, LTM3, LTM5, LAE
CEL-620B/2/K1	LXY, LXYmax, LXYmin, LXeq, LXpeak, Lavg, LC-LA, LXIeq, LTM3, LTM5, LAE
Octavas	LXY, LXeq, LXYmax

Fuente: Manual de usuario CASELLA CEL 6X0 HB3340-01

### 3.5.2 GPS Garmin eTrex 30

En el manual del usuario GPS Garmin eTrex 30 menciona las características del sistema de posicionamiento global con navegador GPS, tienen la capacidad de proporcionar coordenadas en cualquier punto sobre la superficie de la Tierra con precisión más o menos 3 metros, una de las ventajas particulares es que no requiere una línea visual libre entre puntos de observación, y el equipo puede trabajar de día o de noche, en todo tiempo, sin afectarse por lluvia niebla o nieve. En la investigación se ha utilizado un GPS Garmin eTrex 30, cuyas características se muestran en la tabla 8, ver imagen en Anexo 1.

Tabla 8

#### *Especificaciones técnicas GPS*

Especificaciones técnicas	
2000 entrada de puntos	Pantalla de 256 colores
200 rutas de 200 puntos cada una.	Duración de pila: 25 horas
10,000 puntos en trayectorias	Opción de fotonavegación. *
Calculo de Áreas	Información de Sol y Luna.
Antena de Alta sensibilidad	Visualiza fotos por su gran capacidad es el mejor de los eTrex.
24 canales GPS + GLONASS	Ideal para verificaciones topográficas.
Altímetro Electrónico	Ayudas en topografía con necesidad de información de cota, ya que posee este sensor y puede ser calibrado.
Compás Electrónico en 3 ejes	Amplia memoria de 1.7Gb la cual expande la capacidad de los puntos en track al ser configurada.
1.7Gb de memoria interna acepta microSD	

Fuente: Manual del usuario GPS Garmin eTrex 30

### 3.6 Operacionalización de variables

Variable Independiente: Comportamiento espacial del ruido en las festividades culturales de la Región Puno, 2016. En el Anexo 2 se ve la operacionalización de variables y la matriz de consistencia.

Variable Dependiente: Modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos las festividades culturales de la Región Puno, 2016. En el Anexo 2 se ve la operacionalización de variables y la matriz de consistencia.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Evaluar el comportamiento del decibelio

Para evaluar el comportamiento espacial del decibelio se recurrió a monitoreo ambiental del ruido, con base en los trazados y recorridos de la parada de veneración a la Virgen de la Candelaria en Puno (PVVCP) y La parada del carnaval de Juliaca (PCJ), establecidos dentro de su red urbana céntrica de cada ciudad programadas y elaboradas por las federaciones de folklore y municipalidades correspondientes para cada ciudad. Se han ubicado los puntos de monitoreo en el recorrido de la veneración de la Virgen de la candelaria y en el carnaval de Juliaca desarrollados el 8 y 15 de febrero, a través del análisis estadístico de las 56 muestras distribuidas en 56 estaciones de monitoreo en la ciudad de Puno y Juliaca las que están georreferenciadas a través de GPS Navegador con un rango de error de 2 metros de diámetro. Las variables obtenidas con el instrumento (sonómetro) fue certificado por la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, dio como resultado las unidades de medida  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$ , de los cuales se hizo el análisis correspondiente que se muestra en la tabla 9, el que más se aplica a este estudio es el nivel sonoro equivalente ( $L_{Aeq}$ ) que toma muestras cada 0,5 segundos durante un periodo de 5 minutos por cada estación, con un global de 16800 muestras por ciudad para este estudio, los resultados obtenidos con el sonómetro se muestran en el Anexo 3.

Tabla 9

*Promedios  $L_{Aeq}$  de Puno y Juliaca*

Parámetro	$L_{Aeq}$ Puno	Min	Max	$L_{Aeq}$ Juliaca	Min	Max
Media	93,668	91,524	95,812	90,443	87,953	92,932
Desviación estándar	5,5298	-	-	6,4205	-	-
Error medio cuadrático	1,0450	-	-	1,2134	-	-

La tabla 9, muestra los promedios en el recorrido de la PVVCP 2016, el análisis exploratorio de datos para el LAeq como indicador principal en (Aagesen, 2002; Barti, 2002) en PVVCP muestra la media de  $93,668 \pm 5,529 \text{ dB(A)}$  y PCJ con una media de  $90,443 \pm 6,420 \text{ dB(A)}$  ambos resultados superan los límites máximos permisibles establecidos por la (OEFA, 2011) estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Margaritis y Kang, 2017) los datos obtenidos en los mapas de ruido conglomerados en 25 núcleos urbanos de ciudades Europeas, la exposición a la banda de ruido más baja es de  $70 \text{ dB(A)}$ , ello es acorde con los resultados de este estudio, que muestra que esta problemática es global.

#### 4.1.1 Prueba estadística

Para el análisis de las variables se ha utilizado el paquete estadístico SPSS v.22. De las 56 muestras tomadas en las ciudades de Puno y Juliaca para el modelamiento geoestadístico analizaremos la media en la tabla 10.

Tabla 10

*Descriptivos de Puno y Juliaca*

Parámetro	Media	Mín	Max	DE*	EEM**
Lmax Puno	108,168	105,770	110,565	6,1830	1,1685
Lmin Puno	74,729	73,013	76,444	4,4239	0,8360
Lapk Puno	125,321	121,688	128,955	9,3694	1,7707
Lmax Juliaca	104,836	101,898	107,774	7,5764	1,4318
Lmin Juliaca	72,146	70,376	73,917	4,5668	0,8630
Lapk Juliaca	122,489	128,447	134,588	10,3712	0,1960

\* Desviación estándar, \*\* Error estándar de la media

En la tabla 10 se muestra la producción de ruidos en la PVVCP en su variable Lmax, muestra una media de  $108,168 \pm 6,183 \text{ dB(A)}$ , en la PCJ la media es de  $104,836 \pm 7,576 \text{ dB(A)}$ , estos resultados guardan relación con (Trombetta, Belisario y Alves, 2002) estudio realizado en Curitiba – Brasil, con una muestra de 1000 puntos de monitoreo distribuido en toda la ciudad. el valor máximo monitoreado (Lmax) en el LAeq fue de  $85 \text{ dB(A)}$  producto de tráfico rodado, en nuestro estudio el principal emisor fueron los conjuntos de danzarines y bandas de musico, en comparación con (Trombetta, Belisario y Alves, 2002) las actividades culturales generan mayor contaminación acústica que el tráfico rodado.

Además, la media de Lmin dB(A) para la PVVCP es  $74,729 \pm 4,423 \text{ dB(A)}$  y  $72,146 \pm 4,566 \text{ dB(A)}$  para PCJ esto muestra que el valor mínimo de nuestro



trabajo se acerca al valor máximo de (Trombetta, Belisario y Alves, 2002) siendo mucho más peligrosa la exposición a la PVVCP y PCJ que al tráfico rodado. Con respecto a la media de LA<sub>pk</sub> dB(A) para PVVCP 125,321 ± 9,369 dB(A) y 122,489 ± 10,371 dB(A) para la PCJ cuyas consecuencias a su exposición muy son reverás en mujeres embarazadas y personas de la tercera edad como los sostiene (Auger, Duplaix, Bilodeau y Smargiassi, 2018), las pruebas en el Anexo 4.

#### 4.1.2 Contrastación de hipótesis

En la tabla 11 se muestra, la comparación de medias entre las variables monitoreadas L<sub>max</sub>, L<sub>min</sub>, LA<sub>pk</sub>, LA<sub>eq</sub> tomadas en Puno y Juliaca.

Tabla 11

*Comparación de medias de monitoreo Puno y Juliaca*

Variable	Media	Error estándar	t	p
LA <sub>eq</sub> Puno	93,6680	1,045	2,014	0,049
Juliaca	90,4430	1,213		
L <sub>max</sub> Puno	108,168	1,168	1,803	0,077
Juliaca	104,836	1,431		
L <sub>min</sub> Puno	74,7290	0,836	2,149	0,036
Juliaca	72,1460	0,863		
LA <sub>pk</sub> Puno	125,321	1,770	1,072	0,288
Juliaca	122,489	1,960		

En la tabla 11 se observa, que en la Puno y Juliaca el índice sonoro máximo (L<sub>max</sub>) y el índice sonoro pico con ponderación A (LA<sub>pk</sub>) no tienen diferencia significativa, sin embargo, el índice de sonoro mínimo (L<sub>min</sub>) y el nivel sonoro continuo equivalente ponderado A (LA<sub>eq</sub>) correspondiente al monitoreo tiene una diferencia significativa (p<0,05), esto se debe a la continuidad en tiempo de exposición del instrumento a la fuente de ruido.

Además, la contaminación acústica en todas las variables L<sub>max</sub>, L<sub>min</sub>, LA<sub>pk</sub>, LA<sub>eq</sub>, Superan los 60 dB(A) en la Puno y la Juliaca, este resultado es consistente con otros resultados realizados en Curitiba Brasil y en la Unión Europea (Zannin, 2002; FHWA, 2004) en zonas urbanas durante el día el LA<sub>eq</sub> supera los 75 dB(A), siendo el transito con un 40% el mayor productor de ruido.

Sin embargo (Paz, 2005; Agarwal y Swami, 2011) en la zona de Curitiba en la zona con control acústico el LA<sub>eq</sub> fue de 53.3 dB(A) y en el área metropolitana

de Kuwait con implementación de normatividad acústica el ruido oscilo entre 56 a 79 dB(A) en horas punta valores bajos en dimensión con el área metropolitana, esto debido a la implementación de legislación ambiental, y metodología por arterias usada en ese estudio y la logística empleada, en cambio nuestro estudio se limitó a actividades culturales típicas en nuestra región no considerando el tráfico vehicular.

#### 4.2 Identificar el modelamiento kriging con más confiabilidad de decibelio

Se utilizó análisis exploratorio para el proceso de interpolación de datos mediante el Kriging con el software Arcgis, los valores de LAeq Puno no tiene un comportamiento normal, pero si se comporta de forma normal el LAeq Juliaca, de los dos grupos para su contraste geoestadístico es necesario hacer una transformación logarítmica. Se observo al transformar los datos que la sustracción de la media (–) la mediana se asemeja en valores y no superan la unidad y su desviación estándar se encuentra en un rango de  $\pm 0,06$  a  $\pm 0,07$  normalizando los datos para el desarrollo del método Kriging.

El análisis de tendencias (ecuaciones de la recta) que se muestran en las figuras 1 y 2, se observó que la tendencia del LAeq Puno, de norte a sur (línea azul) y de este a oeste (línea verde), forma una curva usando una ecuación de segundo orden. Para LAeq Juliaca, de norte a sur (línea azul) y de este a oeste (línea verde), forma una curva usando una ecuación de segundo orden.

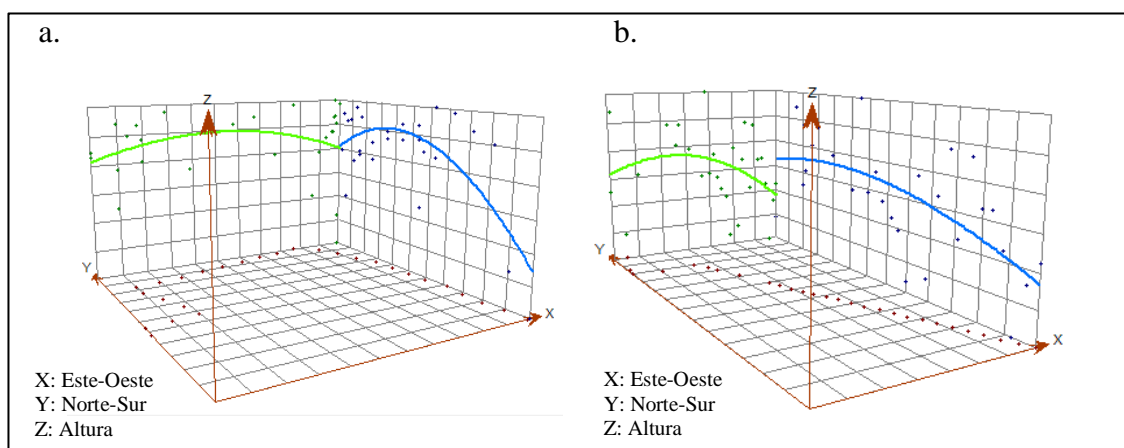


Figura 1. Análisis de tendencia LAeq. (a) Caso estudio parada de veneración de la Virgen de la Candelaria Puno. (b) Parada del carnaval de Juliaca. (a y b) Permitan establecer correlaciones y formular modelos de comportamiento.

#### 4.2.1 Prueba estadística

Se desarrolló el análisis estructural de datos para el análisis del método geoestadístico considerando el kriging/cokriging de tipo ordinary con una superficie resultante tipo predicción. Para el dataset se usó en todos los casos transformación logarítmica con una tendencia de datos de segundo orden, usándose 22 modelos de predicción, 11 sin función kernel y 11 con kernel 23. Las pruebas estadísticas muestran los errores de predicción el cual es un indicador para elegir un modelo de mapeo con mayor exactitud y mejor grado de confianza.

Tabla 12

*Resultantes de predicción de los modelos matemáticos.*

Funciones	Mean	RMS*	MS**	RMSs** *	ASE****	Σ
Circular	0,051	5,405	-0,006	1,314	4,224	10,943
Spherical	0,050	5,405	-0,006	1,312	4,230	10,947
Tetraspherical	0,049	5,406	-0,006	1,311	4,236	10,953
Pentaspherical	0,049	5,407	-0,006	1,310	4,241	10,958
Exponential	0,047	5,399	-0,006	1,306	4,248	10,953
Gauss	0,052	5,430	-0,006	1,320	4,222	10,972
R quadratic	0,045	5,405	-0,007	1,305	4,257	10,967
Hole effect	0,250	4,816	0,033	1,112	4,405	10,333
K-bessel	0,051	5,426	-0,006	1,319	4,225	10,970
J-Bessel	0,117	4,903	0,004	1,109	4,502	10,514
Stable	0,052	5,430	-0,006	1,320	4,222	10,972
Circular 23	-0,126	4,567	-0,056	1,384	3,321	9,272
Spherical 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
Tetraspherical 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
Pentaspherical 23	0,379	5,154	0,073	1,071	4,726	10,951
Exponential 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
Gauss 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
R quadratic 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
Hole effect 23	-0,041	4,459	-0,036	1,391	3,214	9,064
K-bessel 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249
J-Bessel 23	-0,036	4,443	-0,037	1,368	3,244	9,055
Stable 23	-0,252	4,637	-0,103	1,528	3,084	9,249

\* Root mean square, \*\* Mean standardized, \*\*\* Root mean square standardized,

\*\*\*\* Average standard error

Se observa en la tabla 12, que la sumatorias de errores de los modelos matemáticos de predicción están en un rango de 9.055 y 10,972 para la interpolación de datos que mostraron más cercanía a 0 los modelos hole effect, J-bessel, hole effect 23 y J - bessel 23, este resultado es consistente con otro estudio realizado Bahía – Brasil (Barreto-Neto, y Barros da Silva, 2004; Martínez, Melo y Melo, 2017) Los datos de tendencia cuadrática direccional que modela una estructura de mapas ha demostrado que la comparación y la sumatoria de errores son eficientes para la

auditoria de datos sobre su confiabilidad. Sin embargo, (Wu *et al.*, 2008) indica que la variabilidad espacial de las unidades de mapeo para la predicción mostro mejores resultados para el modelo hole, esto se debe a que los agentes contaminantes no corresponden a un mismo fenómeno y su comportamiento en función a la superficie de respuesta no son iguales entre sí, lo que indica que los modelos matemáticos varían sustancialmente en función al contaminante.

Las ecuaciones funciones resultantes de las regresiones de los 22 modelos matemáticos para el dataset, con una tendencia de datos de segundo orden. Las pruebas estadísticas muestran las ecuaciones funcionales y el coeficiente de determinación, con el intervalo de confianza que son indicadores para elegir un modelo de mapeo con mayor exactitud y mejor grado de confianza, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

*Ecuaciones de modelos matemáticos*

Modelo	Ecuación funcional	IC**	R <sup>2</sup> ***
Circular	$y = 0,307527506028042^* x + 65,497487382610$	98,520%	0.676
Spherical	$y = 0,307538211094973^* x + 65,495432195844$	98,523%	0.698
Tetraspherical	$y = 0,307475485748074^* x + 65,500299467864$	98,528%	0.689
Pentaspheical	$y = 0,307355803993600^* x + 65,510560842344$	98,528%	0.655
Exponential	$y = 0,308410106730351^* x + 65,4096469046413$	98,496%	0.678
Gauss	$y = 0,304702765223183^* x + 65,7646043811608$	98,597%	0.678
Rational quadratic	$y = 0,307735895800513^* x + 65,4708901892537$	98,571%	0.685
Hole effect	$y = 0,406748789769047^* x + 56,3655198969547$	94,831%	<b>0.835</b>
K-bessel	$y = 0,305059795445018^* x + 65,7299706523434$	98,598%	0.680
J-Bessel	$y = 0,391844936932175^* x + 57,623006678266$	95,606%	<b>0.851</b>
Stable	$y = 0,304702765223183^* x + 65,7646043811608$	98,597%	0.674
Circular 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.591
Spherical 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.613
Tetraspherical 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.604
Pentaspheical 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.570
Exponential 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.593
Gauss 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.593
R quadratic 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.600
Hole effect 23	$y = 0,266931270075328^* x + 69,3946253793788$	97,048%	<b>0.770</b>
K-bessel 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.595
J-Bessel 23	$y = 0,391844936932175^* x + 57,623006678266$	96,785%	<b>0.786</b>
Stable 23	$y = 0,270269672132665^* x + 68,8997618384339$	99,016%	0.589

\* Error del mapa, \*\* Índice de confianza, \*\*\* Coeficiente de determinación.

Se muestra, el índice de confianza, el coeficiente de determinación y la coherencia gráfica se muestra en la figura 2 y 3, siendo el modelo *j – bassel* la que muestran 0.851 la mayor bondad de ajuste.

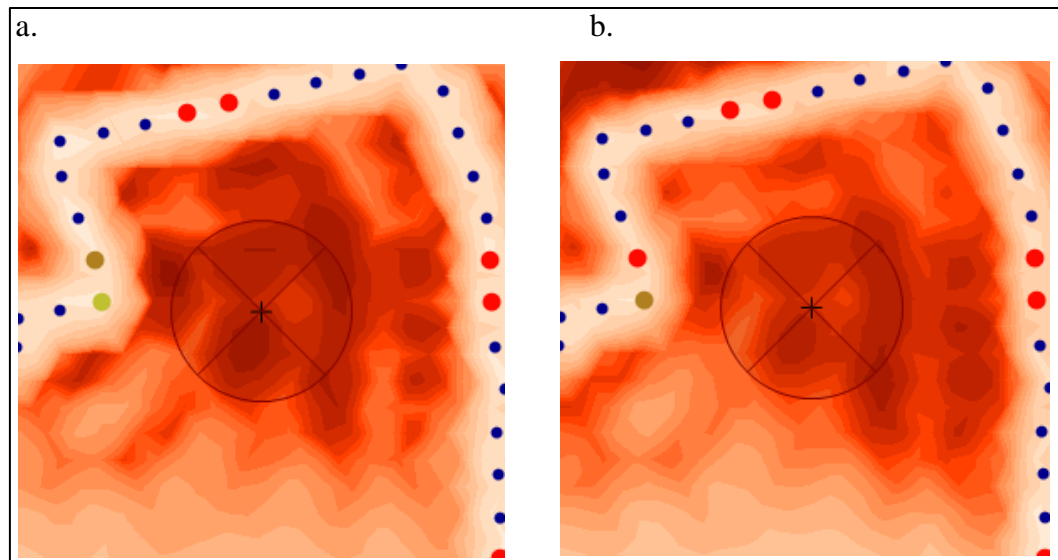


Figura 2. Predicción estándar de error de mapa (a) superficie resultante del modelo matemático hole effect. (b) superficie resultante modelo hole effect 23.

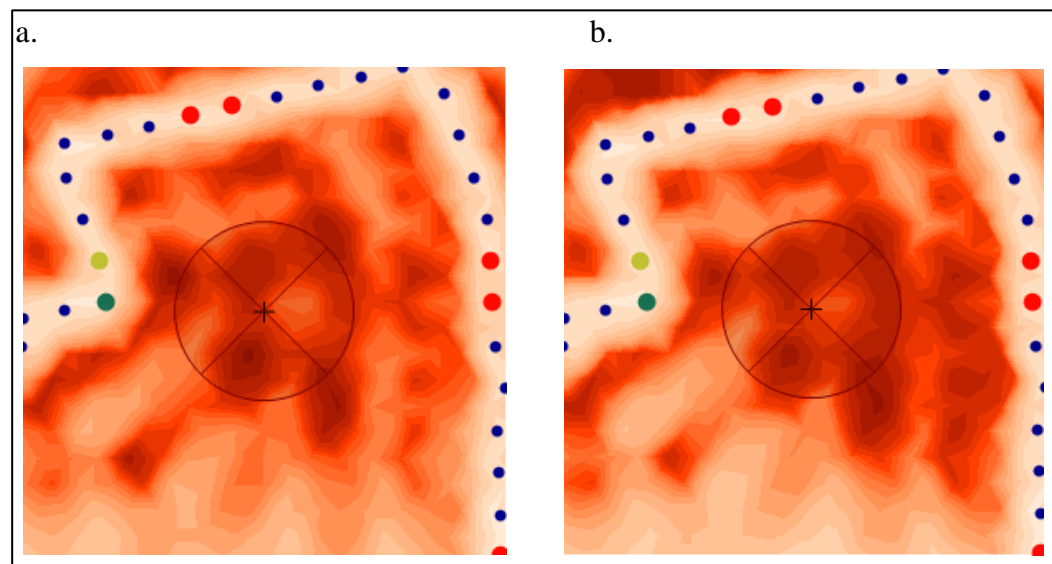


Figura 3. Predicción estándar de error de mapa (a) superficie resultante del modelo matemático superficie resultante modelo matemático  $j$  – bessel. (b) superficie resultante modelo  $j$  – bessel 23.

La tabla 13 muestra, el índice de confianza, el coeficiente de determinación y la coherencia gráfica se muestra en la figura 2 y 3, siendo el modelo  $j$  – *bassel* la que muestran 0.851 la mayor bondad de ajuste entre la ecuación estimada y la nube de puntos además su índice de confianza es mayor al 95% para la superficie de respuesta y su gráfica es coherente con el trazo de la ruta de monitoreo que es lo esperado para el modelado.

Estos resultados son consistentes con (Lopez-Qulez y Muños, 2009) Seguir con una metodología general para superar restricciones geoestadísticas de homogeneidad en monitoreo y análisis espacial mostro que los modelos matemáticos del semivariograma reducen eficientemente la probabilidad de error en el modelado e incrementan los índices de confianza en mapas temáticos siendo sus resultados mayores o iguales al 95%, pudiendo experimentarse en diferentes fenómenos ambientales.

En Wang, Chen y Cai, (2018) en Guangzhou, China los mapas de ruido para zonas del casco urbano como resultado de procesos espaciales demostraron mejores resultados al usar distintos modelos matemáticos del semivariograma para obtener el modelo geoestadísticos adecuado para mostrar la exposición al ruido ambiental.

El análisis estadístico de residuales determina el mejor modelo matemático, para lo cual se analizó los residuales de la regresión lineal, la sustracción entre la medida de monitoreo en campo y la predicción de la regresión lineal. La prueba de normalidad del residual Z es paramétrica, los resultados del análisis descriptivo se muestran en la tabla 14.

Tabla 14

*Descriptivos del análisis de residuales Puno y Juliaca*

Parámetro	Hole effect	J-Bessel	Hole effect 23	J-Bessel 23
*Media	0,033	0,004	-0,036	-0,037
*Mediana	0,129	0,018	-0,286	-0,322
*Des. estándar	1,132	1,129	1,416	1,390
*E. medio cuadrático	0,214	0,213	0,268	0.263
**Media	0,032	0,005	-0,034	-0,036
**Mediana	0,127	0,015	-0,276	-0,422
**Des. estándar	1,131	1,125	1,515	1,510
**E. medio cuadrático	0,217	0,211	0,368	0.285

\*Puno, \*\*Juliaca.

La media del residuo Z del modelo J-Bessel sin función kernel es de 0,004 y 0,005 las más cercana a cero con un error medio cuadrático de 0.213 y 0.211 en Puno y Juliaca, siendo el mejor modelo matemático del geoestadístico Kriging este resultado es consistente con estudios similares (Henríquez *et al*, 2012; Arslan, 2012) indica que la variabilidad espacial del dB(A) en mapas generados a partir de procesos de interpolación con modelos de semivariograma tipo J – Bessel, son herramientas útiles en aproximación al grado de acierto optimo en predicción.

En Paredes *et al.*, (2013) el método probabilístico kriging ordinary con modelo matemático J – Bessel reduce errores sistemáticos y mejora la precisión estadística de los residuales en el LAeq del dB(A), la importancia en estos avances muestra en (Zannin *et al.*, 2013) los modelos de interpolación es un enfoque nuevo en la caracterización de la contaminación acústica ambiental además de ser útil para la visualización del impacto ambiental en el paisaje urbano.

Sin embargo (Murillo *et al.*, 2012) sus resultados de interpolación dentro de un mismo método no presentan variaciones significativas, este resultado posiblemente sea a consecuencia de la comparación entre modelo de interpolación cokriging, kriging, IDW e isoline spline y a la variación de los modelos matemáticos usados en estos métodos de interpolación son distintos, en nuestro estudio la elección del kriging como método de interpolación limitaron las opciones de comparación estadística con otros modelos matemáticos de interpolación.

Los resultados en mapas de predicción usando el modelo J - Bessel en Puno muestra un 95.61% de confiabilidad de predicción con diez estratos en gama de color de los cuales el 100% muestran contaminación, en el caso Juliaca su confiabilidad es de 95.55%, con diez estratos de los cuales el 100% muestra contaminación, estos resultados son similares con (Ilker, Koseoglu y Ozer, 2016) en Isparta, Turquía los valores interpolados muestran un rango de 53 dB(A) a 92 dB(A) con una confiabilidad a 95% de sus mapas, sin embargo el modelo matemático usado para el predictivo multi cuadrático, este resultado es debido al estadístico de análisis, en nuestros resultados que se muestran en el Anexo 5 y 6, se enfatiza la confiabilidad del mapa como instrumento de gestión ambiental.

#### 4.3 Elaborar el mapa temático de comportamiento vertical (z) del decibelio

Para el comportamiento vertical del dB(A) se consideró que las fuentes de emisión son a direccionales y puntuales en cada muestra, la cual es inversa a la distancia de la tabla de la distancia lo que implica una disminución en nivel de intensidad sonora (Estelles, 2010), esto de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L = Lw - 20 \log d - 1 \quad (1)$$

Donde:

L : intensidad sonora de altura de cálculo

$L_w$  : fuente sonora puntual inicial ( $L_{Aeq}$  monitoreo en dB(A))

d : distancia constante (cota +5, +20, +50 y +100)

Para el cálculo se usaron 28 muestras a los cuales se les aplicaron distancias verticales de 5, 20, 50 y 100 metros de alturas estas sumadas a la cota de cada punto que se encuentran georreferenciadas en 19 L UTM WGS 84. La tabla 15 y 16 muestra el resultado del cálculo de la ecuación matemática (1) propuesta por (Estelles, 2010), para el comportamiento vertical puntual dB(A) de la PVVCP y PCJ.

Tabla 15

*Comportamiento  $L_{Aeq}$  vertical dB(A) puntual PVVCP Puno*

Punto	Cota	dB(A)	+ 5 m	+ 20 m	+ 50 m	+ 100 m
1	3810.0	76.7	51.7206	39.6794	31.7206	25.70
2	3810.1	81.4	56.4206	44.3794	36.4206	30.40
3	3810.2	96.1	71.1206	59.0794	51.1206	45.10
4	3810.3	97.3	72.3206	60.2794	52.3206	46.30
5	3810.4	99.2	74.2206	62.1794	54.2206	48.20
6	3810.5	99.8	74.8206	62.7794	54.8206	48.80
7	3810.6	97.2	72.2206	60.1794	52.2206	46.20
8	3810.7	94.9	69.9206	57.8794	49.9206	43.90
9	3810.8	94.8	69.8206	57.7794	49.8206	43.80
10	3810.9	94.0	69.0206	56.9794	49.0206	43.00
11	3810.9	91.7	66.7206	54.6794	46.7206	40.70
12	3810.9	84.9	59.9206	47.8794	39.9206	33.90
13	3810.9	99.2	74.2206	62.1794	54.2206	48.20
14	3811.0	92.0	67.0206	54.9794	47.0206	41.00
15	3811.1	97.7	72.7206	60.6794	52.7206	46.70
16	3811.2	96.7	71.7206	59.6794	51.7206	45.70
17	3811.3	96.9	71.9206	59.8794	51.9206	45.90
18	3811.4	90.7	65.7206	53.6794	45.7206	39.70
19	3811.5	98.8	73.8206	61.7794	53.8206	47.80
20	3811.6	92.3	67.3206	55.2794	47.3206	41.30
21	3811.7	97.5	72.5206	60.4794	52.5206	46.50
22	3812.0	91.4	66.4206	54.3794	46.4206	40.40
23	3812.1	95.9	70.9206	58.8794	50.9206	44.90
24	3812.2	97.2	72.2206	60.1794	52.2206	46.20
25	3812.3	95.3	70.3206	58.2794	50.3206	44.30
26	3812.4	86.1	61.1206	49.0794	41.1206	35.10
27	3812.5	93.8	68.8206	56.7794	48.8206	42.80
28	3812.6	93.2	68.2206	56.1794	48.2206	42.20



Se observa en la tabla 15, el cálculo del comportamiento vertical del decibelio con fuente de emisión puntual en Puno del LAeq, para la cota +5, el comportamiento dB(A) de la media es  $68,68 \pm 1,04$ , en el caso cota +20, su comportamiento es de  $56,64 \pm 1,04$  para la media, ambos casos sobrepasan los límites máximos permisibles (WHO, 1999; OEFA, 2011) sin embargo en el caso cota +50, el comportamiento de su media es de  $48,68 \pm 1,05$  dB(A), y para el caso cota +100 muestra una media de  $42,66 \pm 1,05$  dB(A), los cuales se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles esto es debido a que las alturas promedio de las edificaciones es de 20 metros de altura impidiendo que el ruido se disperse a menor altitud manteniendo los niveles de contaminación acústica por encima al LMP (Bento, Durante, Correia y Apolonio, 2017). En el caso de la PCJ los resultados del dB(A) se muestra en la tabla 16.

Tabla 16

*Comportamiento Laeq vertical dB(A) puntual PCJ Juliaca*

Punto	Cota	dB(A)	+ 5 m	+ 20 m	+ 50 m	+ 100 m
1	3821.0	87.2	62.2206	50.1794	42.2206	36.2
2	3821.1	84.3	59.3206	47.2794	39.3206	33.3
3	3821.2	77.7	52.7206	40.6794	32.7206	26.7
4	3821.3	87.3	62.3206	50.2794	42.3206	36.3
5	3821.3	91.8	66.8206	54.7794	46.8206	40.8
6	3821.3	91.6	66.6206	54.5794	46.6206	40.6
7	3821.3	97.4	72.4206	60.3794	52.4206	46.4
8	3821.4	87.1	62.1206	50.0794	42.1206	36.1
9	3821.4	97.9	72.9206	60.8794	52.9206	46.9
10	3821.4	91.8	66.8206	54.7794	46.8206	40.8
11	3821.5	80.6	55.6206	43.5794	35.6206	29.6
12	3821.5	93.8	68.8206	56.7794	48.8206	42.8
13	3821.5	79.3	54.3206	42.2794	34.3206	28.3
14	3821.6	85.8	60.8206	48.7794	40.8206	34.8
15	3821.6	87.2	62.2206	50.1794	42.2206	36.2
16	3821.7	89.3	64.3206	52.2794	44.3206	38.3
17	3821.7	93.1	68.1206	56.0794	48.1206	42.1
18	3821.7	89.9	64.9206	52.8794	44.9206	38.9
19	3821.8	103.1	78.1206	66.0794	58.1206	52.1
20	3821.8	89.7	64.7206	52.6794	44.7206	38.7
21	3821.8	94.2	69.2206	57.1794	49.2206	43.2
22	3821.8	98.0	73.0206	60.9794	53.0206	47
23	3821.9	95.0	70.0206	57.9794	50.0206	44
24	3821.9	98.1	73.1206	61.0794	53.1206	47.1
25	3821.9	90.8	65.8206	53.7794	45.8206	39.8
26	3822.0	88.3	63.3206	51.2794	43.3206	37.3
27	3822.0	100.6	75.6206	63.5794	55.6206	49.6
28	3822.0	81.5	56.5206	44.4794	36.5206	30.5

Se observa en la tabla 15 y 16, el comportamiento del LAeq es de forma ascendente desde el punto de emisión con cotas de +5 cual media es de  $65,46 \pm 1,21$  dB(A), en el caso +20 la media es de  $53,42 \pm 1,21$  dB(A), el caso +50 su media es de  $45,46 \pm 1,21$  dB(A) y finalmente el caso +100 su media es de  $39,44 \pm 1,21$ , en general no se presentan diferencias significativas para las 56 muestras que pertenecen a la Puno y Juliaca, el comportamiento del ruido es atenuado y reducido a mayor altitud, a partir de los 20 metros este resultado es consistente con los límites máximo permisibles por (OMS, 1969; WHO, 1999; OEFA, 2011) el límite máximo permisible es de 60 dB(A) para el día y de 50 dB(A) en la noche en zonas residenciales

Sin embargo Fernandez, Flindell, y Ballesteros, (2015) indica que los procesos espaciales donde se desenvuelven los ruidos se encuentra en relación con el área total de la ciudad que las ciudades más pequeñas generan más ruidos entre 85 dB(A) por las noches, este resultado posiblemente sea a que la concentración de actividades culturales y comerciales tienen una zonificación planificada a largo tiempo, siendo una limitante en este estudio un plan de zonificación de actividades culturales anuales que impiden desarrollar un estudio más preciso

#### 4.3.1 Prueba estadística

Para la obtención de un mapa vertical, se hizo una transformación logarítmica, observándose que la sustracción de la media (–) la mediana se asemeja en valores, normalizando los datos para el desarrollo del método Kriging, se desarrolló el análisis de tendencia en la figura 4.

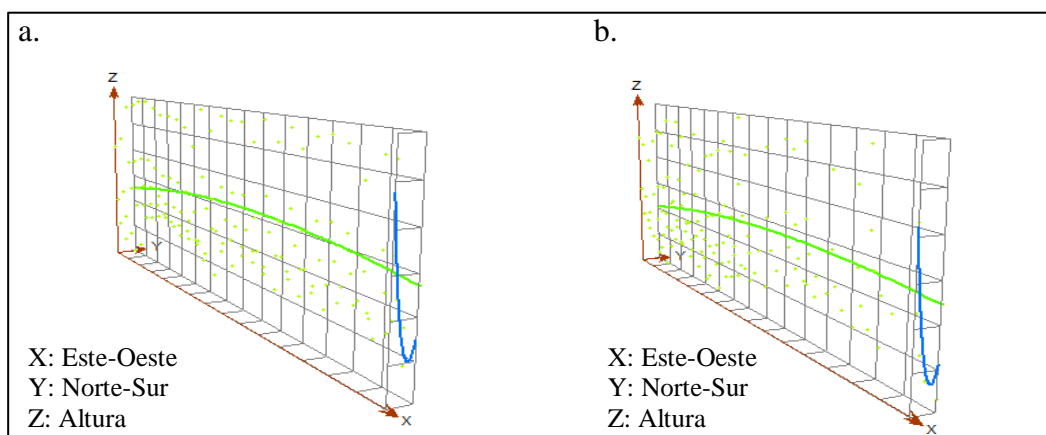


Figura 4. Análisis de tendencia LAeq vertical. (a) Caso estudio PVVC Puno. (b) PC Juliaca. (a y b) Permitan establecer correlaciones.

El análisis de tendencias (ecuaciones de la recta) se observa la tendencia vertical del LAeq Puno, de norte a sur (línea azul) y de este a oeste (línea verde), forma una curva usando una ecuación de segundo orden. Para LAeq Juliaca, de norte a sur (línea azul) y de este a oeste (línea verde), forma una curva usando una ecuación de segundo orden.

El análisis estructural geoestadístico ha considerado los resultados del objetivo dos, considerando como modelo de predicción J-bessel, la transformación de coordenadas planas x, y a coordenadas x, z. Con los datos consignados en análisis exploratorio usando geoestadística, con una transformación de datos logarítmica y tendencia de segundo orden y los resultados de predicción para las coordenadas x, z del LAeq dB(A) vertical para la PVVCP y la PCJ obteniéndose como resultado la figura 5.

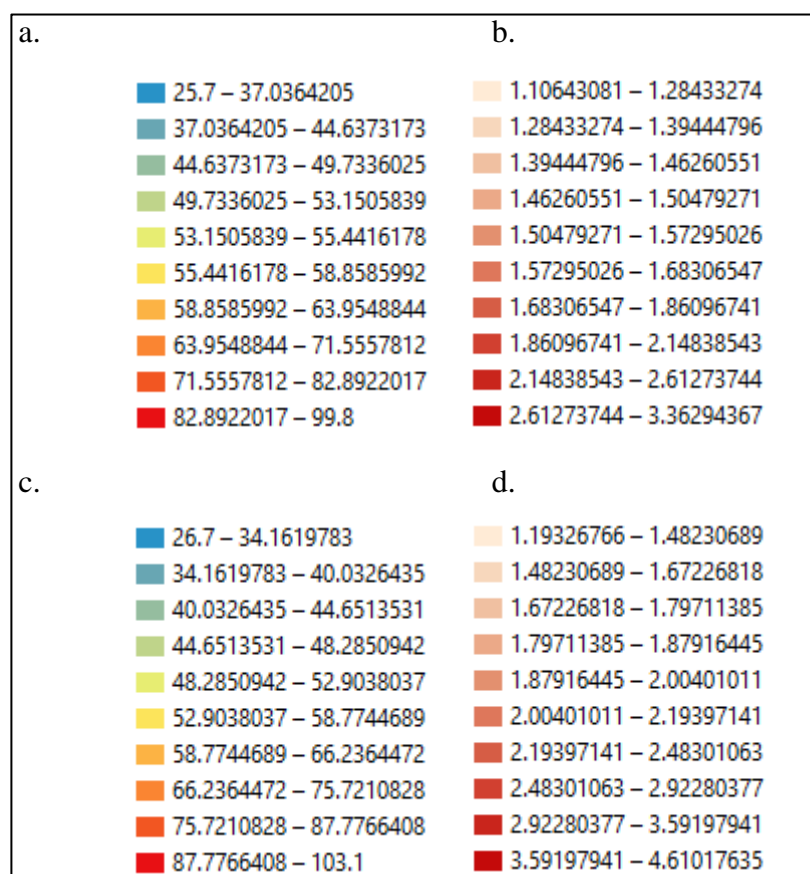


Figura 5. (a y b) Rangos dB(A) resultantes con error porcentual en mapa de la PVVCP Puno. (c y d) Rangos dB(A) resultantes con error porcentual en mapa del dB(A) de la PCJ Juliaca.

Los resultados de las zonas verticales mostradas en la figura 6, identifica la PVVCP en diez zonas de las cuales el 30% muestran contaminación en el mapa de ruidos vertical se encuentran entre un mínimo de 25,7 dB(A) y el máximo 99,8 dB(A) de las muestras de LAeq dB(A) vertical Candelaria el error mínimo es de 1.1% y el máximo de 3,36%, el nivel de confiabilidad del mapa es de 96,64%. El comportamiento vertical del ruido en la Av. Costanera, Jr. Lampa, Av. La torre a una altura de 20 metros presenta contaminación acústica sin embargo a partir de los 30 metros el dB(A) es de 53.15 que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles (WHO, 1999; OEFA, 2011), cuya confiabilidad es del 96.64%. En el caso del LAeq dB(A).

En la PCJ el comportamiento del vertical del ruido en la Av. 4 de noviembre, Jr M. Nuñez, Jr Libertad, Jr Cusco y Jr. Junin, presentan contaminación acústica a una altura de 22 metros sin embargo a los 30 metros el dB(A) es de 52.90 que se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles (WHO, 1999; OEFA, 2011), cuya confiabilidad es del 95.39%, estos resultados son consistentes con otros estudios realizados por (Yang, Wu, y Christakos, 2015; Monger *et al.*, 2016) indica que la geoestadística es una técnica reforzada que cuenta con factores como número y distribución ordenada de muestras que representan grado de contaminación con resultados satisfactorios, el método de interpolación kriging para mapas con cambio de plano x, y a x, z ó y, z muestra resultados densos de estimaciones para entender la fluctuación e intensidad de puntos proyectados a ciertas alturas.

En Jiang *et al.*, (2015) los modelos verticales para la ionosfera el kriging y métodos de redes neuronales (modelos matemáticos) son las herramientas más adecuadas para modelado vertical, sin embargo (Lark, 2015) menciona que las medidas de incertidumbre (predicción de mapas en z) que muestran tamaño de un bloque ordenado de una variable no es un buen indicador de la incertidumbre de la información, en (Peng, Wang, y Li, 2014; Cai *et al.*, 2015) da a conocer que los datos de GPS y datos del SIG para generación de mapas de ruido de tráfico vehicular es optimizada mediante algoritmos demostrando ser precisa y eficaz en tiempo real, con respecto al modelo matemático.

En Afzal *et al.*, (2015) para mapas en contaminación de suelos dentro de kriging ordinary el modelo multi gaussian es el mejor estimador en medidas de incertidumbre, estos resultados posiblemente sean a que el comportamiento del ruido es distinto por su medio de propagación y traslación, este estudio no cuenta con escasos antecedentes en relación a mapas verticales de ruido siendo una limitante al momento de desarrollar el estudio. La resultante de los mapas verticales para la PVVCP se muestra en el Anexo 7 y 8, la resultante de los mapas de la PCJ se muestra en el Anexo 9 y 10

## CONCLUSIONES

- El modelamiento kriging para la elaboración de mapas temáticos horizontales y verticales mostraron flexibilidad, además el modelo J – besel mostro un coeficiente de determinación de alto con respecto a otros modelos y un nivel de confiabilidad mayores al 95% en todas las estaciones monitoreadas tanto en Puno como Juliaca los cuales en su totalidad superaron los 60 dB(A) en cada punto, la contaminación acústica en los mapas verticales se extienden hasta una altura de 20 metros aproximadamente que equivale a un edificio de 7 pisos.
- Las 56 estaciones de monitoreo superaron los 60 dB(A) el máximo límite permisible, el valor mínimo registrado en Puno es de  $74,729 \pm 4,423$  dB(A) y  $72,146 \pm 4,566$  dB(A) en Juliaca lo que muestra la seriedad del problema acústico en estas festividades, la comparación de los valores de estas actividades muestra diferencia significativa en el Lmin y LAeq esto debido al espacio entre los conjuntos folclóricos y bandas de músicos, las consecuencias a la exposición prolongada en el recorrido de las paradas son severas para la salud humana especialmente niños, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad.
- Los once modelos matemáticos del semivariograma para el modelamiento kriging en el proceso geoestadístico mostró un comportamiento muy similar con respecto a su confiabilidad resultante mas no sus representaciones gráficas, el modelo J-BESSEL, es el más consistente, su  $R^2$  es de 0.851 la mayor bondad de ajuste entre la ecuación estimada y la nube de puntos de la regresión, además, el análisis de residuales Z sin función kernel es la más óptima para la interpolación del indicador LAeq dB(A) con una media de 0,004 el más cercano a cero, cuya confiabilidad en el mapa PVVCP es del 95,61% y para PCJ de 95,55%.

- El modelo J Bessel demostró que los niveles de contaminación puntual reducen su intensidad en tramos mayores a la cota +20, +50 y +100 metros de altitud el efecto que tienen los pavimentos y las viviendas hacen que la intensidad se mantenga a alturas menores de 20 metros equivalente a una edificación estándar de 7 pisos, en Puno y Juliaca la contaminación alcanza estándares normales para el LAeq a los 30 metros de altura con un aproximado de 53,15 dB(A) y 52,90 dB(A), salvo el caso donde las edificaciones son de 3 pisos, la contaminación se mantiene a 10 metros, en el caso de las plazas esta se disminuye por la amplitud de su espacio público, en las intersecciones de las calles el ruido se bifurca perdiendo fuerza por las colindancias, convirtiendo a las zonas de edificación con altura considerable zonas críticas de contaminación.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer tecnología de aislamiento acústico que reduzca el impacto del ruido en actividades culturales como los concursos, paradas y explosiones culturales, además de instalar estaciones de monitoreo fijo conectados a un Smart grid en recorridos, a una distancia de 100 metros entre punto y punto con la finalidad aportar a la red de monitoreo urbano de cubrir la totalidad de la ciudad de Puno.
- Se recomienda implementar políticas de monitoreo y protección ambiental de ruidos en las zonas planificadas para el recorrido, lugares de ensayos y recepciones de las actividades culturales regionales, sobre todo en zonas semipúblicas (educación inicial, primaria, secundaria, pedagógico, tecnológico y universidades), en zonas de salud (postas, clínicas, seguro social y hospitales) y las zonas comerciales (tiendas, mercados, ferias ciudadanas) que se encuentran dentro del área de contaminación acústica unos 100 metros de radio.
- Se recomienda la habilitación de vías especializadas para actividades culturales, amplias y planificadas además de proponer planes viales de Norte a Sur y Este a Oeste, también se sugiere implementar cobertura vegetal vertical a las viviendas que se encuentran en el recorrido para tener pruebas de control de ruidos, habilitación urbana para actividades culturales que se ubiquen fuera de la ciudad con la elaboración de mapas a través de geoestadística y análisis espacial para la predicción de mapas de ruido horizontal y vertical que contribuyendo a la solución del problema del ruido y su planificación en las regiones del país.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aagesen, H. (2002). *Índices basados en LAeq*. Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- Aceves Quesada, J. F., Legorreta Paulín, G., Lugo Hubp, J., Umaña Romero, J., y Legorreta Cuevas, H. A. (2016). Sistemas de información geográfica y cartografía geomorfológica aplicados al inventario de deslizamientos y cartografía de susceptibilidad en la cuenca del río El Estado, Pico de Orizaba, México. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 91, 43–55.
- Afzal, P., Madani, N., Shahbeik, S., y Yasrebi, A. (2015). Multi-Gaussian kriging: a practice to enhance delineation of mineralized zones by Concentration–Volume fractal model in Dardevey iron ore deposit. *Journal of Geochemical Exploration*, 158, 10–21.
- Agencia del Medio Ambiente de la Consejería Ambiental de Madrid (1993). *El ruido como problema ambiental*. Madrid, España: Editorial CAM.
- Amphoux, P. (1991). *Aux écoutes de la ville. Cresson (Ministère de l'Environnement)*, Editorial Grenoble.
- Argota Pérez, G., Marin Mamani, G., y Marin Paucara, E. (2017). Zonificación acústica generada por decibeles no permisibles antropogénicos en la ciudad de. *Campus*, 23(II), 57–64.
- Arslan, H. (2012). Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*, 113, 57–63.
- Auger, N., Duplaix, M., Bilodeau-bertrand, M., Lo, E., y Smargiassi, A. (2018). Environmental noise pollution and risk of preeclampsia. *Environmental Pollution*, 239, 599–606.

- Ausejo Prieto, M. (2009). *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Aziz, S. Q., Lulusi, Asaari, F. a H., Ramli, N. A., Aziz, H. A., Mojiri, A., y Umar, M. (2012). Assessment of Traffic Noise Pollution in Bukit Mertajam, Malaysia and Erbil City, Iraq. *Caspian Journal of Applied Sciences Research*, 1(3), 1–11.
- Ballesteros, M. J., Fernández, M. D., Flindell, I., Torija, A. J., y Ballesteros, J. a. (2014). Estimating leisure noise in Spanish cities. *Applied Acoustics*, 86, 17–24.
- Ballesteros, M. J., Fernández, M. D., y Ballesteros, J. a. (2015). Acoustic evaluation of leisure events in two Mediterranean cities. *Applied Acoustics*, 89, 288–296.
- Barreto-Neto, A. A., y Barros da Silva, A. (2004). Methodological criteria for auditing geochemical data sets aimed at selecting anomalous lead-zinc-silver areas using geographical information systems. *Journal of Geochemical Exploration*, 84(2), 93–101.
- Baron, R.A. (1970). *La tiranía del ruido (Estudio técnico)*. México DF, Mexico: Editorial FCE.
- Barti, R. (2002). *Indicadores del grado de molestia como alternativa a las mediciones clásicas*. Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- Bento Amorim, A. E., Durante, L. C., Correia Vilela, J., y Apolonio Callejas, I. J. (2017). Previsão do ruído ambiental urbano devido à implantação do Modal Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) por meio de simulação computacional. *INTERAÇÕES*, 18, 81–97.
- Berglund, B. y Lindvall, T. (1995). *Community noise*. Stockholm, Suecia: Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute and Department of Psychology, Stockholm University.
- Bressane, A., Satie Mochizuki, P., Caram, R. M., y Frutuoso Roveda, J. A. (2016). A system for evaluating the impact of noise pollution on the population's health. *Saúde Pública*, 32(5), 1–11.
- Bruel y Kjaer, (2007). *Nociones de Acústica*. México DF, México: Instituto Politécnico Nacional.
- Burrough, P.A. (1990). *Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment*. Oxford, Estados Unidos de Norteamérica: Clarendon Press
- Cai, M., Zou, J., Xie, J., y Ma, X. (2015). Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS. *Applied Acoustics*, 87, 94–102.

- Campello-vicente, H., Peral-orts, R., Campillo-davo, N., y Velasco-sanchez, E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. *Applied Acoustics*, 116, 59–64.
- Casella. (2015). *Manual de usuario Sonómetro serie CEL-6XO*. Estados Unidos de Norteamérica: Casella Cel.
- Conferencia de las Naciones Unidas. (1972) *Declaración de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano*. Estocolmo, Suecia.
- Comunidad Económica Europea (1991): *Libro verde sobre el medio ambiente urbano. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*. Barcelona, España: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Cressie, N. (1993). *Statistical for Spatial Data*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: John Wiley y Sons,
- Cressie, N. y Majure, M. (1995). *Non-Point Source Pollution of Surface Waters over a Watershed. Programme Abstracts of the third, SPRUCE International Conference*. Merida, México.
- ESRI (2011) *ArcGIS Desktop: Release 10.0* Redlands, California. <http://www.esri.com/software/arcgis>.
- Estelles Diaz, R. (2010). *Acústica arquitectónica definiciones, formulas y tablas*. (A. Fernandez Rodeiro, Ed.) (Primera). Montevideo, Uruguay: Universidad Publica de Montevideo.
- Federal Highway Administration - FHWA (2013). *Transportation Asset Management Peer Exchange*. Estados Unidos de Norteamérica: FHWA
- Garbanzo-León, G., Alemán-Montes, B., Alvarado-Hernández, A., y Henríquez-Henríquez, C. (2017). Validación de modelos geoestadísticos y convencionales en la determinación de la variación espacial de la fertilidad de suelos del Pacífico Sur de Costa Rica. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía*, 93, 20–41.
- García y Garrido, (2003). *La contaminación acústica en nuestras ciudades* (Informe técnico). Barcelona, Fundación La Caixa.
- García R., A. (1988). *La contaminación acústica ciudades*. Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- García R., N. (1998). *Delito ecológico. Estructura y aplicación judicial*, Barcelona, España: Editorial Praxis.

- Garmin. (2015). *Manual del usuario eTrex Garmin 30*. Estados Unidos de Norteamérica: Garmin.
- Giraldo, R., Pacheco, Ó., y Orozco, A. (2017). Geoestadística aplicada a series de tiempo autorregresivas: un estudio de simulación. *Revista Integración*, 35(1), 83–102.
- Goodchild, M.F. (1994). Integrating GIS and Remote Sensing for Vegetation and Analysis and Modeling - Methodological Issues. *Journal Vegetation Science*. 5(5). 615-626.
- Hanningan J., (1995). Sociological perspectives on environmental problems. Leon G., (2008) *The environmenta*. (375-379). México DF, México.
- Heine, G. W. (1986) A Controlled Study of Some Two-Dimensional Interpolation Methods. *COGS Computer Contributions* 3(2): 60–72.
- Henriquez, C., Mendez, J. C., y Masis, R. (2012). Interpolación De Variables De Fertilidad De Suelo. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 71-82.
- Hernández, P., Uriel, C., Castillo, S., Enrique, W., Becerra, M., Hernández, J., y Bernardo, S. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación Evaluation and comparison of deterministic and probabilistic. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía*, 118–130.
- Ilker Harman, B., Koseoglu, H., y Ozer Yigit, C. (2016). Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey. *Applied Acoustics*, 112, 147–157.
- Jiang, C., Zhou, C., Liu, J., Lan, T., Yang, G., Zhao, Zhu, P, Sun, H., y Cui, X. (2015). Comparison of the Kriging and neural network methods for modeling foF2 maps over North China region. *Advances in Space Research*, 56(1), 38–46.
- Journel, A.G. y Ch. J. Huijbregts. (1978). *Mining Geostatistics*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: Academic Press.
- Laforga F., P. (2000). *Conceptos físicos de las ondas acústicas*. España: Colegio Oficial de Físicos de España.
- Lark, R. M. (2015). Block correlation and the spatial resolution of soil property maps made by kriging. *Geoderma*, 259-260, 233–242.
- López B., I. (2000). *Medio ambiente sonoro y su valoración subjetiva*. España: Colegio Oficial de Físicos de España.
- López Barrio, I. y Carles, J. L. (1997). *La calidad acústica de Valencia. Espacios sonoros representativos*. Valencia, España: Fundación Bancaixa.

- López-Quílez, A., y Muñoz, F. (2009). Geostatistical computing of acoustic maps in the presence of barriers. *Mathematical and Computer Modelling*, 50(5-6), 929–938.
- Martín P., J. (2000). *Actuaciones estratégicas contra el ruido en Zaragoza*. España: Colegio Oficial de Físicos de España.
- Margaritis, E., y Kang, J. (2017). Relationship between green space-related morphology and noise pollution. *Ecological Indicators*, 72, 921–933.
- Martinez, W. A., Melo, C. E., y Melo, O. O. (2016). Median Polish Kriging for space-time analysis of precipitation. *Spatial Statistics*, 197, 1–22.
- Matheron, G. (1962). *Traite de Geostatistique Apliquee*, Paris, Francia: Editorial Bureau de Recherche et Minieres
- McBratney, A. B. y R. Webster. (1986). Choosing Functions for Semi-variograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling Estimates. *Journal of Soil Science* 37, 617–639.
- MINAM. (2003). *El Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para ruido*. D.S. N° 085-2003-PCM
- Mínguez E., I. (2002). *Efectos del ruido en el sistema cardiovascular*, Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- Monger, S. H., Morgan, E. R., Dyreson, A. R., y Acker, T. L. (2016). Applying the kriging method to predicting irradiance variability at a potential PV power plant. *Renewable Energy*, 86, 602–610.
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., y Rendon, J. (2012). a Comparison of Interpolation Methods for Creating Noise Maps in Urban Environments Une Comparaison Des Methodes D' Interpolation Pour La. *Ing. USBMed*, 3(1), 62–68.
- Olague-caballero, C. O., Wenglas-lara, G., y Duarte-rodríguez, J. G. (2016). Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. *CienciaUAT*, 2(1), 101–115.
- Oliver, M. A. (1990). Kriging: A Method of Interpolation for Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information Systems* 4, 313–332.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2011). *Reglamento del Procedimiento Administrativo Sancionador del Organismo de Evaluación Fiscalización Ambiental*. RCD N° 003-2011-OEFA/CD.
- Organización Mundial de la Salud. (1969). *El ruido riesgo para la salud de los trabajadores y molestias para el público*. Ginebra, Suiza.

- Paredes Hernández, C. U., Salinas Castillo, W. E., Martínez Becerra, X., y Jiménez Hernández, S. B. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía UNAM*, 82, 118–130.
- Peng, X., Wang, K., y Li, Q. (2014). A new power mapping method based on ordinary kriging and determination of optimal detector location strategy. *Annals of Nuclear Energy*, 68, 118–123.
- Peña, J. (2006). *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Gestión del Territorio. Entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales. Teoría general y práctica para ESRI ArcGIS 9*. Alicante, España: Editorial Club Universitario. Alicante.
- Perera M., P. (2002). *Actualización de mapas por redes*. Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling y B. P. Flannery. (1988). *Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing*. New York, Estados Unidos de Norteamérica: Cambridge University Press.
- Robertson, G. P. (1987). Geostatistics in Ecology: Interpolating with Known Variance. *Ecology*, 68(3), 744-748.
- Romeu, J., Jiménez, S., Genescà, M., Pàmies, T., y Capdevila, R. (2006). Spatial sampling for night levels estimation in urban environments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(2), 791–800.
- Royle, A. G., F. L. Clausen y P. Frederiksen. (1981). Practical Universal Kriging and Automatic Contouring. *Geoprocessing*, 1, 377–394.
- Ruiz P., J. (2002). *Correlación índice-molestia.*, Madrid, España: Editorial Universidad de Valencia.
- Samper, F.J. y J. Carrera (1993). *Geoestadística aplicaciones a la hidrogeología subterránea*. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Swain, B. K., Panda, S. K., y Goswami, S. (2012). Dynamics of road traffic noise in Bhadrak city, India. *Journal of Environmental Biology / Academy of Environmental Biology*, 33(6), 1087–92.
- Velasco Abásalo, J. (2000). *El ruido en la industria*, España: Colegio Oficial de Físicos de España.

- Venegas-Sanchez, J., Rivadeneyra-Sicilia, A., Bolívar-Muñoz, J., López-fernández, L. A., Martín-olmedo, P., Fernández-ajuria, A., ... Artundo-Purroy, C. (2013). Evaluación del impacto en la salud del proyecto de reurbanización de la calle San Fernando en Alcalá de Guadaíra (Sevilla). *Gac Sanit*, 27(3), 233–240.
- Trombetta Zannin, P. H., Belisario Diniz, F., y Alves Barbosa, W. (2002). Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustics*, 63, 351–358.
- Wang, H., Chen, H., y Cai, M. (2018). Evaluation of an urban traffic Noise - Exposed population based on points of interest and noise maps: The case of Guangzhou. *Environmental Pollution*, 239, 741–750.
- WHO, (1999) World Health Organization guidelines of community noise. Ginebra, Suiza
- Williams y McCrae. (1995). *HandB(A)ook of industrial, work and organizational psychology*. Inglaterra: Editorial SAGE.
- Wu, C., Wu, J., Luo, Y., Zhang, H., y Teng, Y. (2008). Statistical and geostatistical characterization of heavy metal concentrations in a contaminated area taking into account soil map units. *Geoderma*, 144(1-2), 171–179.
- Yang, D. (2018). Spatial prediction using kriging ensemble. *Solar Energy*, 171, 977–982.
- Yang, Y., Wu, J., y Christakos, G. (2015). Prediction of soil heavy metal distribution using Spatiotemporal Kriging with trend model. *Ecological Indicators*, 56, 125–133.
- Zamorano González, B., Peña Cárdenas, F., Parra Sierra, V., Velázquez Narváez, Y., y Vargas Martínez, J. I. (2015). Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros. *Acta Universitaria*, 25, 20–27.
- Zannin, Diniz y Barosa (2002). *Environmental noise pollution in the city of Curitiba*. Parana, Brasil: Universidad Federal de Parana.
- Zannin, P. H. T., Engel, M. S., Fiedler, P. E. K., y Bunn, F. (2013). Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. *Cities*, 31, 317–327.



**ANEXOS**



**Anexo 1.** Instrumentos de medición



*Figura 6.* Sonómetro CASELLA CEL 6X0



*Figura 7.* GPS Etrex 30

**Anexo 2.** Operacionalización de variables

Tabla 17

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Categorías</b>	<b>Índices</b>	<b>Instrumentos</b>
V.I. Comportamiento espacial del ruido en las festividades culturales de la Región Puno, 2016.	-Parada de veneración y actividades artísticas culturales en Puno y Juliaca	LAFmax LAFmin Lapk Laeq	-Intensidad	-Decibelio -Decibelio -Decibelio	-Dosímetro -Dosímetro -Dosímetro
		-	- Horas	- Horas	-Cronometro
				- UTM	- GPS
				- Metros	- SIG
V.D. Modelamiento kriging del decibelio en mapas temáticos las festividades culturales de la Región Puno, 2016.	-Puntos críticos.  -Cartografía	-Coordenadas  - Planos	-Densidad de puntos.  -Escala		

Se observa la interacción y los componentes de la operacionalización entre variables y sus unidades de medidas.

Anexo 3. informe de laboratorio

**INFORME DE ESTUDIO N° 010 - 2016**

Solicitante : Grover Marín Mamani  
 Tipo de estudio : MEDICION DE LA CONTAMINACION ACUSTICA  
 Fecha de muestreo : 08 de febrero del 2016  
 15 de febrero del 2016

**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO**

Características : SONOMETRO  
 Marca : CASELLA CEL  
 Serie : CEL 6X0  
 ANSI S1.4 : 1983 (R2006)  
 ANSI S1.43 : 1997 (R2007)  
 FILTERS (A)  
 IEC 61260 : 1995 Clase 0  
 ANSI S1.11 : 2004  
 (TYPE1, D, Order 4, D)  
 Código de serie : 0401980  
 Unidad de medida : dB  
 Calibrado : SI

**MEDICIONES REALIZADAS EN EL RECORRIDO DE LA VENERACION DE LA VIRGEN DE LA CANDELARIA**

Estación de Monitoreo	Hora	LAFmax	LAFmin	LApk	LCpk	LCeq	LC-Aeq	LAeq Corregido
<b>08 - 02 - 2016</b>								
1	08:43:52	89.3	66.0	101.9	112.2	93.7	17.0	76.7
2	08:53:53	97.9	66.8	109.5	121.6	95.5	14.1	81.4
3	09:01:33	112.5	81.2	132.7	140.8	106.7	10.6	96.1
4	09:08:30	110.2	80.5	131.1	137.0	108.0	10.7	97.3
5	09:15:50	117.0	77.7	142.5	144.5	109.7	10.5	99.2
6	09:22:38	114.8	77.5	137.1	143.9	111.5	11.7	99.8
7	09:29:33	111.1	77.0	131.0	138.4	107.3	10.1	97.2
8	09:36:09	107.8	74.4	125.5	134.7	106.3	11.4	94.9
9	09:46:39	104.8	77.3	118.1	129.4	107.4	12.6	94.8
10	09:54:49	108.3	71.4	123.4	132.5	105.0	11.0	94.0
11	10:04:29	105.5	79.4	119.2	133.9	106.5	14.8	91.7
12	10:11:53	103.7	63.3	117.0	129.7	97.0	12.1	84.9
13	10:19:18	112.8	73.1	125.7	135.9	111.0	12.0	99.2
14	10:26:50	107.7	74.9	123.2	134.1	106.8	14.8	92.0
15	10:35:13	115.1	76.9	134.5	140.3	111.0	13.3	97.7
16	10:42:36	108.9	75.5	125.7	135.4	110.7	14.0	96.7
17	10:49:53	110.7	69.6	128.4	137.5	109.2	12.3	96.9
18	10:57:21	104.8	78.3	118.8	130.3	105.5	14.8	90.7
19	11:05:00	110.9	74.6	127.9	138.1	110.7	11.9	98.8
20	11:12:59	101.6	81.4	116.3	130.0	106.4	14.1	92.3
21	11:21:11	110.1	74.2	125.1	137.1	109.7	12.2	97.5
22	11:30:44	107.5	77.6	123.9	127.7	104.0	12.6	91.4
23	11:38:37	115.0	74.5	138.1	141.0	108.9	13.0	95.9
24	11:48:13	113.3	74.8	136.1	142.0	110.0	12.8	97.2
25	11:56:24	110.7	76.3	127.1	137.7	107.9	12.6	95.3
26	12:03:15	97.9	71.6	111.1	126.3	103.1	17.0	86.1
27	12:11:28	104.5	75.0	121.6	132.7	108.8	15.0	93.8
28	12:18:30	114.3	71.6	136.5	143.8	104.7	11.5	93.2

**MEDICIONES REALIZADAS EN LA PARADA DEL CARNAVAL DE JULIACA**

Estación de Monitoreo	Hora	L <sub>AFmax</sub>	L <sub>AFmin</sub>	L <sub>Apk</sub>	L <sub>Cpk</sub>	L <sub>Ceq</sub>	L <sub>C-Aeq</sub>	L <sub>Aeq</sub> Corregido
15 - 02 -2016								
1	08:53:07	102.1	66.5	115.4	128.8	101.6	14.4	87.2
2	09:00:03	101.5	70.3	117.5	129.2	97.6	13.3	84.3
3	09:08:53	86.9	68.2	100.9	112.2	92.0	14.3	77.7
4	09:21:53	102.4	72.2	121.7	130.3	101.7	14.4	87.3
5	09:38:40	110.3	70.2	136.4	140.5	102.9	11.1	91.8
6	09:52:32	104.9	76.1	125.0	130.7	102.3	10.7	91.6
7	10:00:11	109.8	78.1	130.4	136.1	107.8	10.4	97.4
8	10:07:27	95.9	76.9	111.6	123.8	100.7	13.6	87.1
9	10:14:57	110.8	77.6	130.8	136.4	107.2	9.3	97.9
10	10:21:47	106.0	75.1	122.1	132.4	102.2	10.4	91.8
11	10:29:16	94.6	69.1	107.1	119.3	93.7	13.1	80.6
12	10:38:07	104.0	77.8	117.0	129.7	107.3	13.5	93.8
13	10:45:25	94.2	66.7	111.6	124.1	94.2	14.9	79.3
14	10:53:22	97.9	72.0	112.4	123.7	101.5	15.7	85.8
15	11:00:40	103.4	68.9	121.5	130.1	100.6	13.4	87.2
16	11:08:18	107.0	68.6	125.6	135.7	102.2	12.9	89.3
17	11:14:51	117.2	70.1	143.8	144.5	103.5	10.4	93.1
18	11:21:43	107.5	71.0	125.5	135.4	103.1	13.2	89.9
19	11:29:15	116.7	82.9	142.0	144.4	114.4	11.3	103.1
20	11:41:34	106.6	68.0	120.9	131.9	102.6	12.9	89.7
21	12:11:26	111.0	66.9	133.9	139.5	105.2	11.0	94.2
22	12:22:47	110.2	72.4	124.0	134.8	109.0	11.0	98.0
23	12:30:43	110.3	76.4	124.6	132.7	105.2	10.2	95.0
24	12:39:19	112.8	76.9	127.4	138.9	108.0	9.9	98.1
25	12:51:04	100.1	76.9	119.4	128.1	103.6	12.8	90.8
26	13:02:00	101.0	72.0	118.0	128.0	102.5	14.2	88.3
27	13:12:09	116.5	66.9	135.3	143.4	111.1	10.5	100.6
28	13:24:42	93.8	65.4	107.9	117.9	94.3	12.8	81.5

**Anexo 4. Pruebas estadísticas**

Objetivo 1

1. Prueba de normalidad: Para la prueba de normalidad de las variables  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$ , Se muestra la prueba de normalidad, usando software estadístico IBM SPSS statistics 22, considerando las siguientes reglas:

1. Kolmogorov-smirnov, si las muestras son grandes (>30 individuos)

2. Chapiro wilk, si las muestras son pequeñas (<30 individuos)

P-valor  $\geq \alpha$  aceptar  $H_0$  = la variable en la población tiene una distribución normal

P-valor  $< \alpha$  aceptar  $H_1$  = la variable en la población tiene una distribución normal

Tabla 18

*Supuesto de normalidad*

Variable	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	P-valor	Estadístico	gl	P-valor
LAFmax*	0.136	28	0,200	0.918	28	0.031
LAFmax**	0.101	28	0,200	0.973	28	0.651
LAFmin*	0.167	28	0,050	0.939	28	0.102
LAFmin**	0.128	28	0,200	0.936	28	0.090
Lapk*	0.089	28	0,200	0.980	28	0.855
Lapk**	0.096	28	0,200	0.988	28	0.984
Laeq*	0.162	28	0,057	0.841	28	0.001
Laeq**	0.087	28	0,200	0.983	28	0.917

\* Candelaria – Puno, \*\* Carnaval - Juliaca

3. Igualdad de varianza: Para la prueba de igualdad de varianza de las variables  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$ , Se muestra la prueba de Levene, usado software estadístico IBM SPSS statistics 22, considerando las siguientes reglas:

P-valor  $\geq \alpha$  aceptar  $H_0$  = la variable en la población tiene igualdad en la varianza.

P-valor  $< \alpha$  aceptar  $H_1$  = la variable en la población no tiene igualdad en la varianza.

Tabla 19

*Supuesto de igualdad de varianzas*

Igualdad de varianza		
P-Valor (LAFmax) = 0,206	>	$\alpha= 0.05$
P-Valor (LAFmin) = 0,432	>	$\alpha= 0.05$
P-Valor (Lapk) = 0,596	>	$\alpha= 0.05$
P-Valor (Laeq) = 0,301	>	$\alpha= 0.05$

Se observa que el P – valor para las variables,  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$  son mayores a 0.05, lo que nos indica que la variable en la población tiene igualdad en la varianza.

4. Prueba t student para muestras independientes: Para la prueba t student las variables  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$ , en la festividad Virgen de la Candelaria de Puno y el carnaval de Juliaca se ha usado una t student para muestras independientes, usado software estadístico IBM SPSS statistics 22, considerando las siguientes reglas:

$H_0$  = No existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{AFmax}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{AFmax}$ , de la parada del carnaval de Juliaca

$H_1$  = Existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{AFmax}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{AFmax}$ , de la parada del carnaval de Juliaca

$H_0$  = No existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{AFmin}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{AFmin}$  de la parada del carnaval de Juliaca

$H_1$  = Existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{AFmin}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{AFmin}$ , de la parada del carnaval de Juliaca

$H_0$  = No existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{Apk}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{Apk}$ , de la parada del carnaval de Juliaca

$H_1$  = Existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{Apk}$ , de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{Apk}$ , de la parada del carnaval de Juliaca

$H_0$  = No existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{Aeq}$  de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{Aeq}$  de la parada del carnaval de Juliaca

$H_1$  = Existe una diferencia significativa entre la media de  $L_{Aeq}$  de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y la media de  $L_{Aeq}$  de la parada del carnaval de Juliaca

P-valor  $\leq \alpha$ , rechaza la  $H_0$  (acepta  $H_1$ )

P-valor  $> \alpha$ , no rechaza la  $H_0$  (acepta  $H_0$ ), En el Cuadro 15 se muestra la prueba t student para muestras independientes para las variables  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$

Tabla 20

*Prueba t student para muestras independientes*

Variable	t	gl	Sig*	DM*	DES***
Fmax	1.803	54	0.077	3.3321	1.8481
LAFmin	2.149	54	0.036	2.5821	1.2016
Lapk	1.072	54	0.288	2.8321	2.6413
Laeq	2.014	54	0.049	3.2250	1.6014

\* Significancia bilateral, \*\* Diferencia de medias, \*\*\* Diferencia de error estándar

Se observa que P – valor para las variables,  $L_{AFmax}$ ,  $L_{AFmin}$ ,  $L_{Apk}$ ,  $L_{Aeq}$  son mayores a 0.05, no hay evidencia suficiente para rechazar la  $H_0$ , por lo cual se acepta que, no existe una diferencia significativa entre las medias de la Parada de veneración a la Virgen de la Candelaria de Puno y las medias de la parada del carnaval de Juliaca.

Objetivo 2

Tabla 21

*Resultado de predicciones por modelo*

Medida		Hole effect	J-Bessel	Hole effect 23	J-Bessel 23
		Predicción	Predicción	Predicción	Predicción
1	76.7	84.0100904	84.5145701	76.478744	76.5992975
2	81.4	87.0671038	87.3203238	87.1853894	87.2281389
3	96.1	89.18363	88.7955751	90.4013326	90.3194255
4	97.3	95.1848152	94.0039759	96.9900701	96.7448819
5	99.2	96.1972504	95.1573568	96.993491	96.4444565
6	99.8	96.7976166	96.6783038	98.0119643	97.8531623
7	97.2	98.6934869	98.9211703	98.8962336	99.0737267
8	94.9	98.0909565	98.3303526	97.5992961	97.7436782
9	94.8	96.9002705	97.5264225	95.3900664	95.6789006
10	94	94.2162818	93.8764613	92.7375828	92.4215126
11	91.7	93.6415509	94.4492525	92.0860101	92.232828
12	84.9	92.5379626	92.3667554	93.4458293	93.273384

13	99.2	87.6865446	87.8354878	87.6696115	87.8617431
14	92	93.5261678	92.2838179	95.2390417	94.6701348
15	97.7	94.7815289	95.0626682	95.355551	95.5619757
16	96.7	93.7926391	92.9746592	94.5090711	93.7653482
17	96.9	95.9398581	96.2958308	96.304513	96.6321005
18	90.7	97.0541975	96.7491331	97.5641219	97.3980919
19	98.8	94.573758	95.1629113	94.4822921	94.8392094
20	92.3	96.3682426	95.4299822	95.9526647	95.9149093
21	97.5	90.3754372	90.786973	91.9094247	91.7879335
22	91.4	97.2573526	96.4582639	96.2610394	96.4653838
23	95.9	94.497844	94.8568483	93.9221733	93.8299758
24	97.2	98.2338348	98.120379	94.9515051	95.2297442
25	95.3	96.2504883	96.8426539	93.5329526	93.6831472
26	86.1	95.2472022	95.5333216	95.3740789	95.508488
27	93.8	91.2597221	90.5665116	91.2564532	91.5246827
28	93.2	90.3498707	89.0936745	91.0355428	91.3886371

Tabla 22

*Análisis de residual regresión lineal*

Hole effect		J-Bessel		Hole effect 23		J-Bessel 23	
Error	Error Z	Error	Error Z	Error	Error Z	Error	Error Z
7.3101	1.7676	7.8146	1.8724	-0.2213	-0.0814	-0.1007	-0.0369
5.6671	1.3749	5.9203	1.3720	5.7854	1.9232	5.8281	1.8740
-6.9164	-1.6352	-7.3044	-1.6928	-5.6987	-1.8356	-5.7806	-1.8277
-2.1152	-0.4641	-3.2960	-0.7284	-0.3099	-0.0926	-0.5551	-0.1654
-3.0027	-0.6484	-4.0426	-0.8868	-2.2065	-0.6577	-2.7555	-0.8276
-3.0024	-0.6559	-3.1217	-0.6574	-1.7880	-0.5323	-1.9468	-0.5615
1.4935	0.3210	1.7212	0.3676	1.6962	0.5010	1.8737	0.5540
3.1910	0.6929	3.4304	0.7263	2.6993	0.8105	2.8437	0.8392
2.1003	0.4578	2.7264	0.5899	0.5901	0.1803	0.8789	0.2687
0.2163	0.0474	-0.1235	-0.0266	-1.2624	-0.3925	-1.5785	-0.4789
1.9416	0.4422	2.7493	0.6200	0.3860	0.1228	0.5328	0.1705
7.6380	1.6280	7.4668	1.5745	8.5458	2.5313	8.3734	2.4273
-11.5135	-2.6987	-11.3645	-2.6564	-11.5304	-3.7582	-11.3383	-3.6751
1.5262	0.3456	0.2838	0.0645	3.2390	0.9944	2.6701	0.8204
-2.9185	-0.6443	-2.6373	-0.5659	-2.3444	-0.7138	-2.1380	-0.6330
-2.9074	-0.6544	-3.7253	-0.8313	-2.1909	-0.6765	-2.9347	-0.9000
-0.9601	-0.2127	-0.6042	-0.1328	-0.5955	-0.1809	-0.2679	-0.0814
6.3542	1.3857	6.0491	1.3085	6.8641	2.0548	6.6981	1.9947
-4.2262	-0.9641	-3.6371	-0.8176	-4.3177	-1.3454	-3.9608	-1.2373
4.0682	0.8652	3.1300	0.6526	3.6527	1.0779	3.6149	1.0400
-7.1246	-1.7647	-6.7130	-1.5434	-5.5906	-1.7765	-5.7121	-1.7944
5.8574	1.3799	5.0583	1.1404	4.8610	1.5167	5.0654	1.5779
-1.4022	-0.3076	-1.0432	-0.2245	-1.9778	-0.6094	-2.0700	-0.6250
1.0338	0.2261	0.9204	0.1979	-2.2485	-0.6967	-1.9703	-0.6045
0.9505	0.2108	1.5427	0.3298	-1.7670	-0.5534	-1.6169	-0.4952
9.1472	1.9839	9.4333	1.9907	9.2741	2.7710	9.4085	2.7556
-2.5403	-0.7426	-3.2335	-0.8418	-2.5435	-0.8804	-2.2753	-0.8046
-2.8501	-0.8120	-4.1063	-1.0718	-2.1645	-0.7342	-1.8114	-0.6331

Se observa, los resultados de sustracción entre la medida y la predicción en la columna error (residual), en la columna error z se mutras el residual Z que es error entre la desviación estándar, para analizar los resultados se analiza las columnas de residual Z con análisis exploratorios.



Anexo 5. Predicción horizontal para dB(A) parada Candelaria Puno

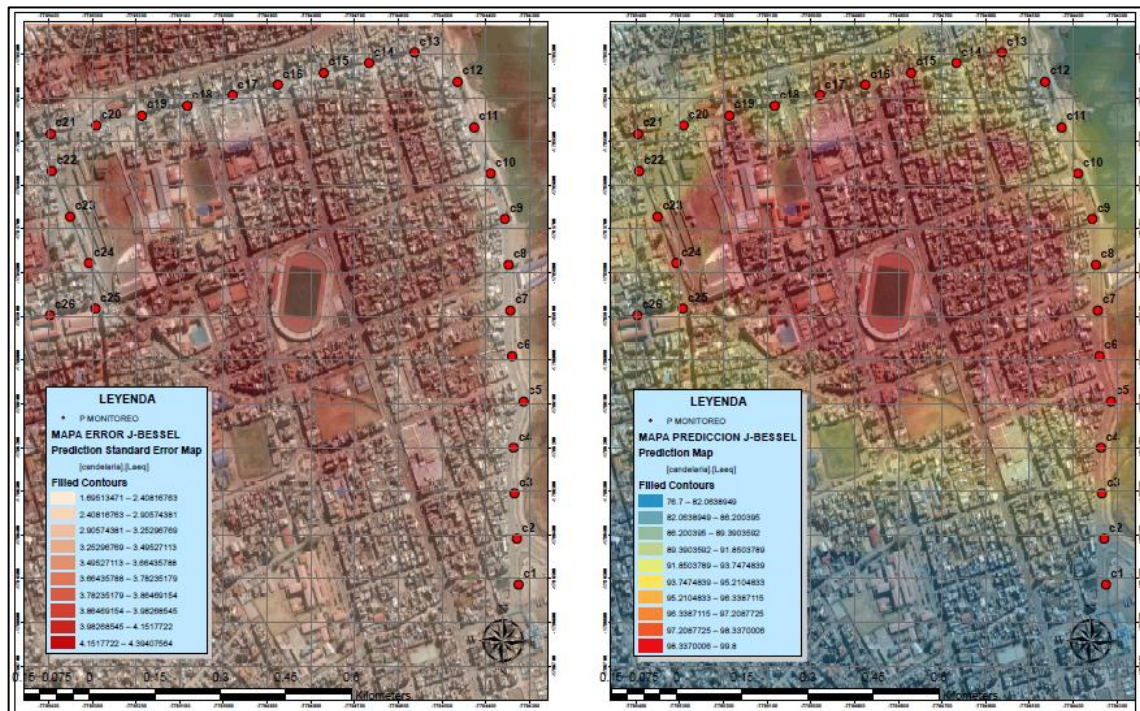


Figura 8. Predicción horizontal para dB(A) parada Candelaria Puno mapa temático predictivo y error

Anexo 6. Predicción horizontal para dB(A) parada carnaval Juliaca

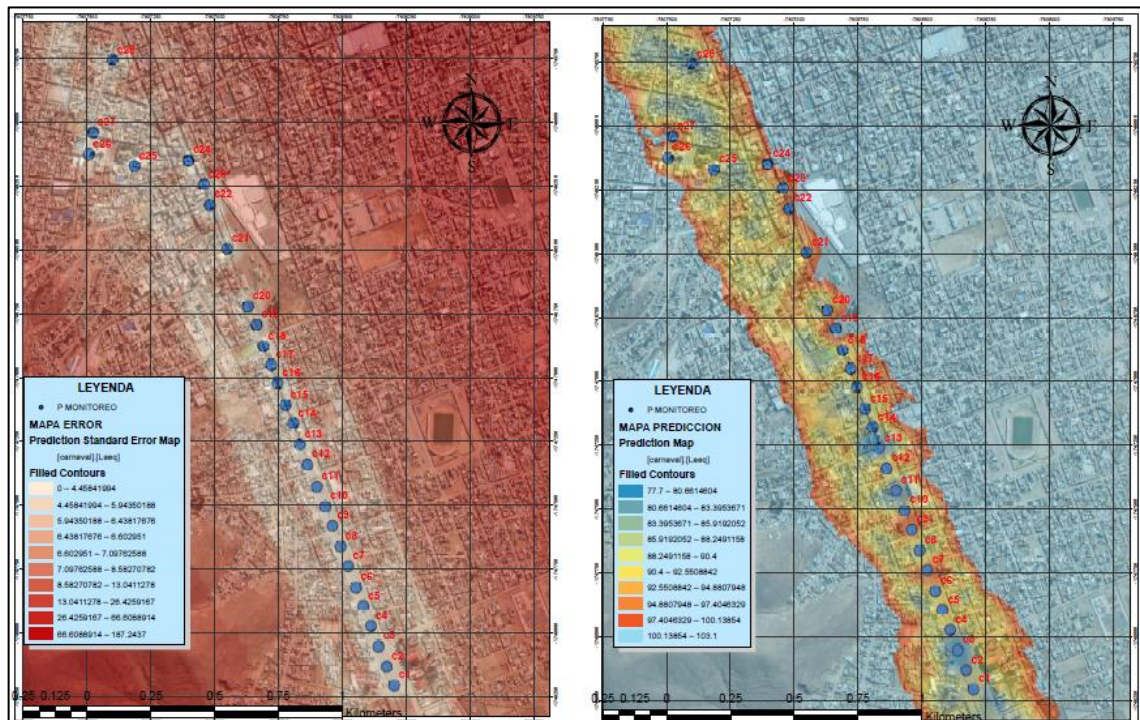


Figura 9. Predicción horizontal para dB(A) Parada carnaval Juliaca mapa temático predictivo y error

Anexo 7. Predicción vertical para dB(A) parada Candelaria Puno

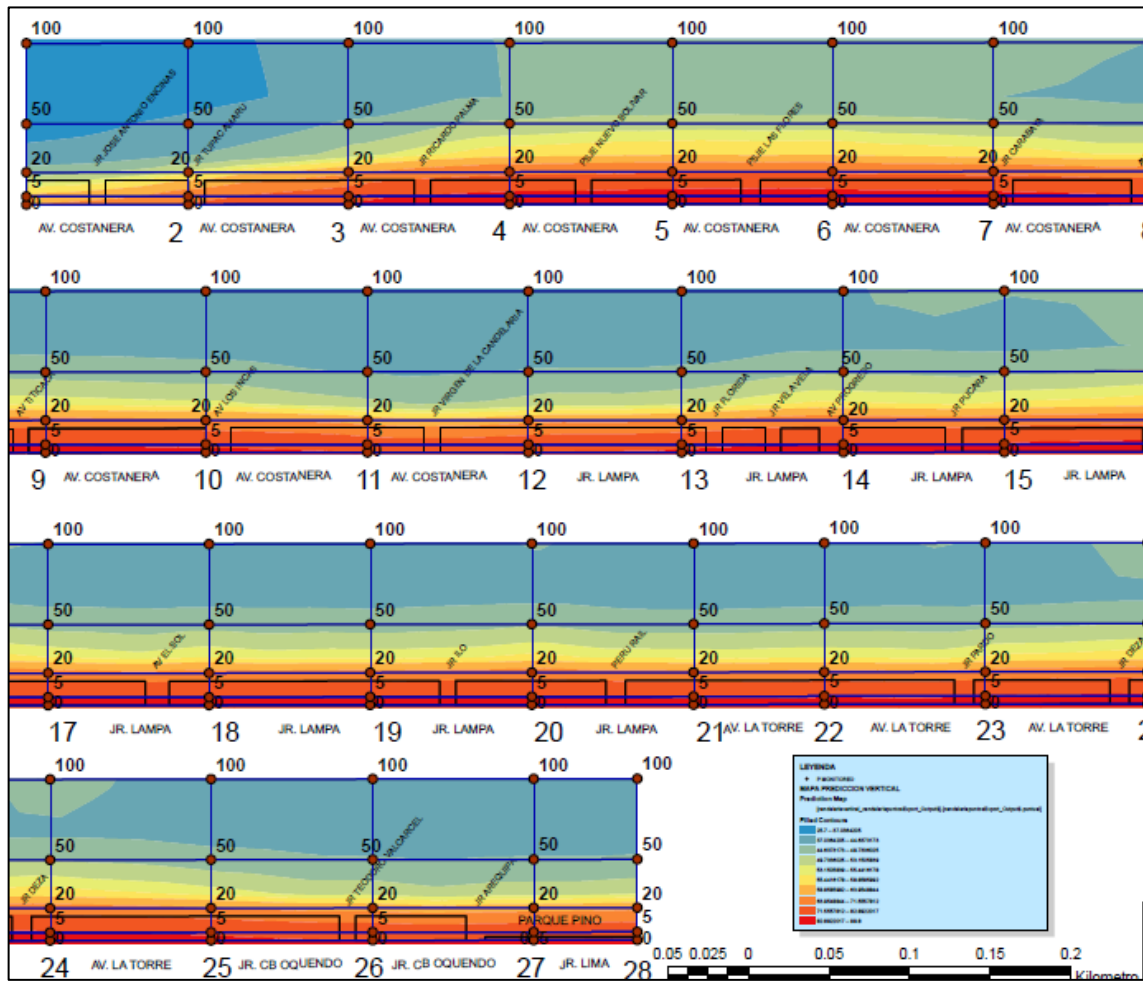


Figura 10. Predicción vertical para dB(A) parada Candelaria Puno

Anexo 8. Predicción error vertical para dB(A) parada Candelaria Puno

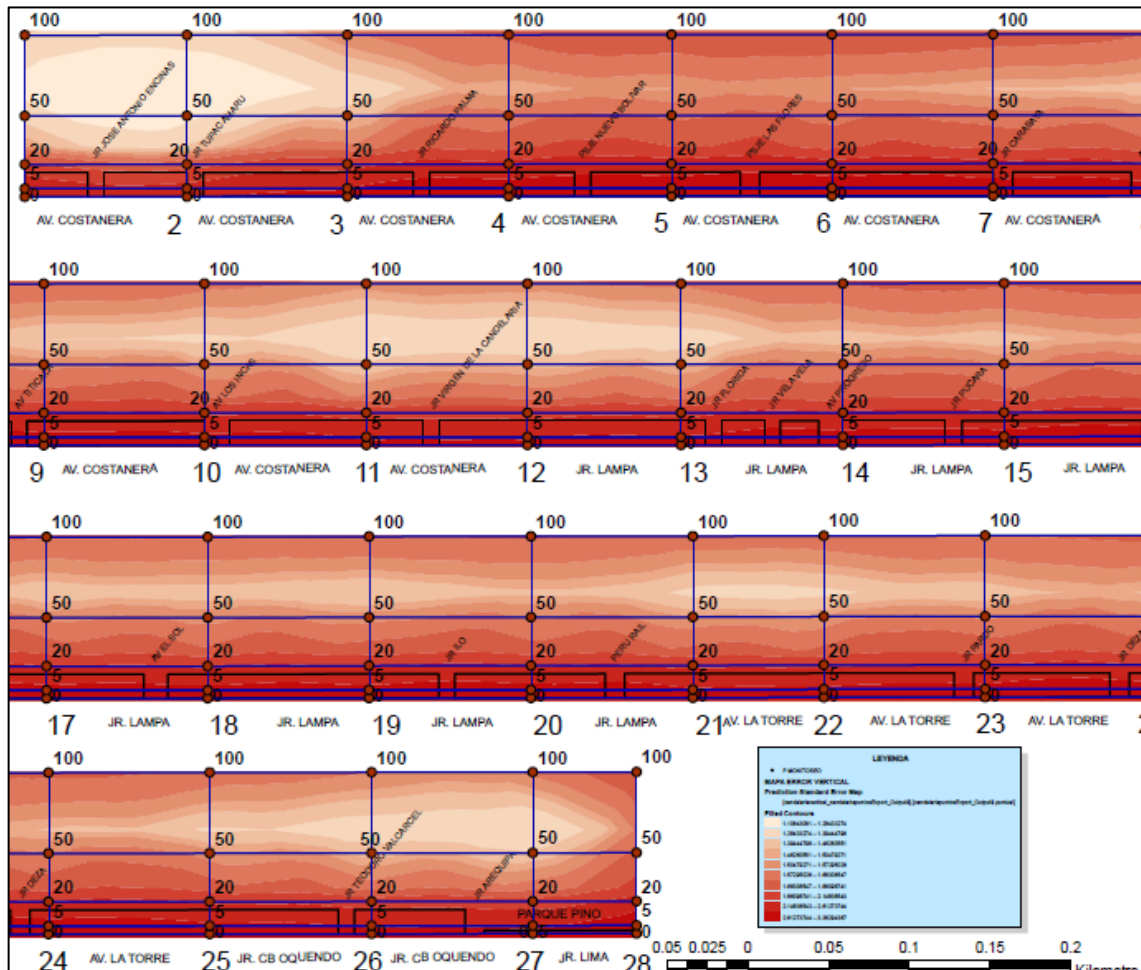


Figura 11. Predicción error vertical para dB(A) parada Candelaria Puno

Anexo 9. Predicción vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca

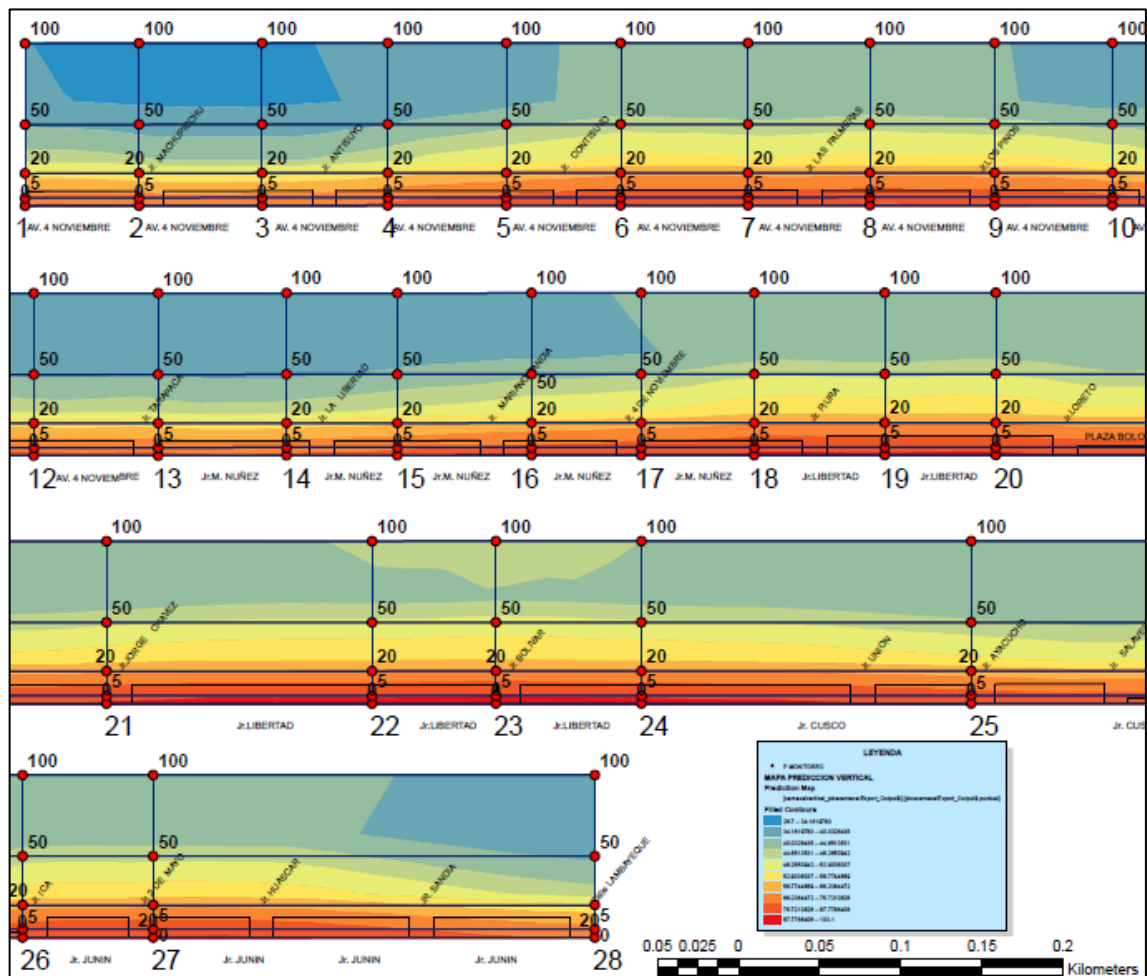


Figura 12. Predicción vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca

Anexo 10. Predicción error vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca

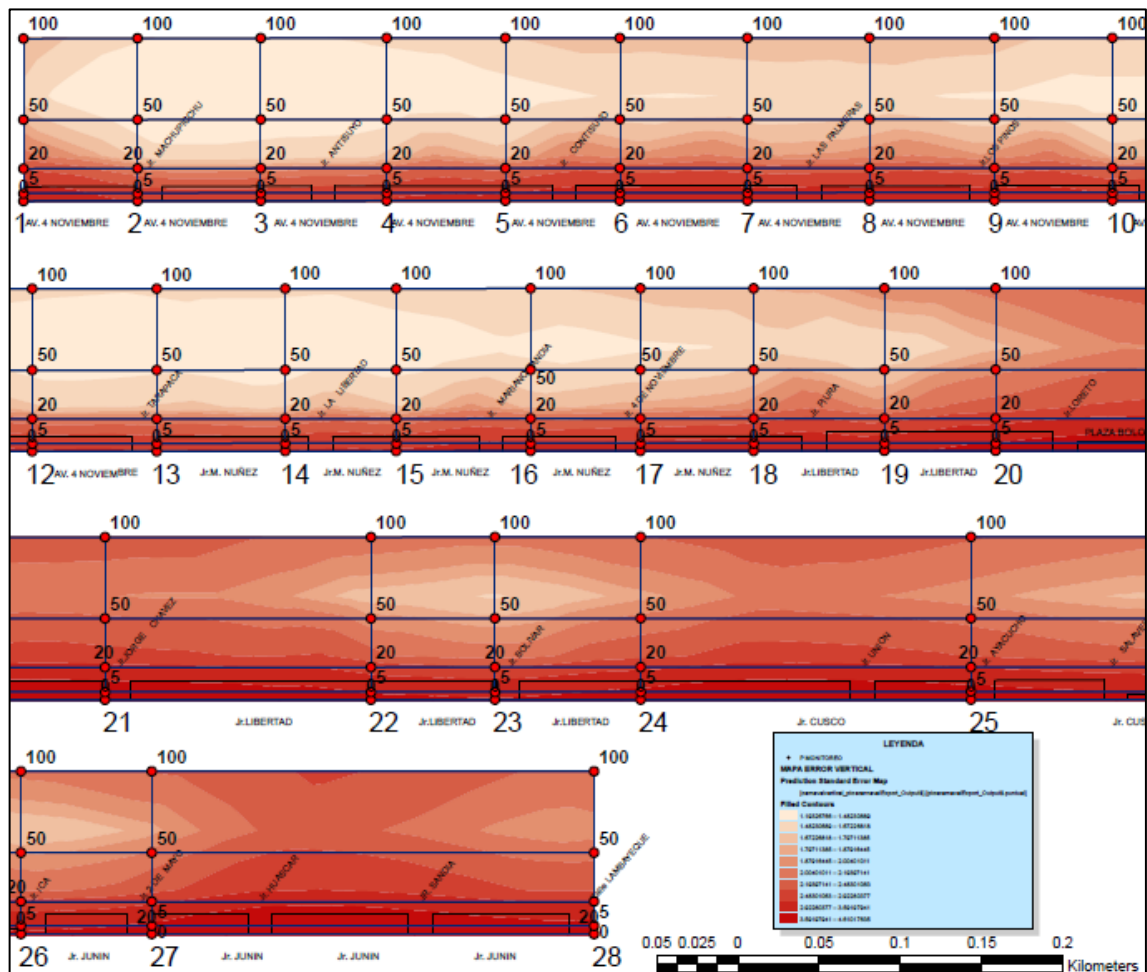


Figura 13. Predicción error vertical para dB(A) parada carnaval Juliaca