

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN  
TERMINALES TERRESTRES UTILIZANDO EL  
MODELO VALDIVIA, JAÉN, 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autores : Bach. Marco Antonio Castro Rivera  
Bach. Luis Diego Pastor Monteza**

**Asesores : Dr. Juan Manuel Garay Román  
: Mg. Lenin Quiñones Huatangari**

**JAÉN – PERÚ, ABRIL 2021**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

Hoy, **viernes 30 de abril del 2021**; siendo las **17:00 horas**, se reunieron mediante el aplicativo de videoconferencias **Google Meet** (enlace: <https://meet.google.com/eci-cbuk-gno?pli=1&authuser=3>), los **miembros del Jurado Evaluador**:

Presidenta Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo  
Secretaria Mg. María Marleni Torres Cruz  
Vocal Dr. Manuel Emilio Milla Pino

Para **evaluar la SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DEL INFORME FINAL DE TESIS** denominado: **“ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN TERMINALES TERRESTRES UTILIZANDO EL MODELO VALDIVIA, JAÉN, 2019”**, presentado por los bachilleres de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental: **MARCO ANTONIO CASTRO RIVERA Y LUIS DIEGO PASTOR MONTEZA**, teniendo como asesores al Mg. Lenin Quiñones Huatangari y al Dr. Juan Manuel Garay Román.

Después de la sustentación y defensa, **el Jurado Evaluador acuerda:**

Aprobar     Desaprobar     Unanimidad     Mayoría

**Con la siguiente mención:**

|             |            |               |
|-------------|------------|---------------|
| Excelente   | 18, 19, 20 | ( )           |
| Muy bueno   | 16, 17     | ( )           |
| Bueno       | 14, 15     | <b>( 15 )</b> |
| Regular     | 13         | ( )           |
| Desaprobado | 12 o menos | ( )           |

Siendo las **18:12 horas** del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Mg. María Marleni Torres Cruz  
Secretaria Jurado Evaluador



Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo  
Presidenta Jurado Evaluador



Dr. Manuel Emilio Milla Pino  
Vocal Jurado Evaluador

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN   | 11 |
| II. OBJETIVOS   | 12 |
| 2.1. Objetivo general   | 12 |
| 2.2. Objetivos específicos  | 12 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS   | 13 |
| 3.1. Objeto de estudio  | 13 |
| 3.2. Ubicación del área de estudio  | 13 |
| 3.3. Población  | 13 |
| 3.4. Muestreo   | 14 |
| 3.5. Muestra  | 14 |
| 3.6. Fuentes de información   | 15 |
| 3.7. Métodos, técnicas y procedimientos   | 15 |
| 3.7.1. Métodos  | 15 |
| 3.7.2. Técnicas   | 15 |
| 3.7.3. Procedimiento  | 15 |
| IV. RESULTADOS  | 27 |
| 4.1. Monitoreo de Ruido Ambiental para parque automotor                           | 27 |
| 4.2. Empleo del modelo matemático para la predicción de niveles de presión sonora | 30 |
| 4.3. Evaluación del rendimiento del modelo Valdivia                               | 34 |
| 4.4. Mapa de Ruido  | 35 |
| V. DISCUSIONES  | 38 |
| VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES  | 41 |
| 6.1. Conclusiones   | 41 |
| 6.2. Recomendaciones  | 42 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS   | 43 |
| AGRADECIMIENTO  | 45 |
| DEDICATORIA   | 46 |
| ANEXOS  | 48 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Nombre de los terminales terrestres evaluados  | 14 |
| Tabla 2: Georreferenciación de los seis terminales terrestres evaluados   | 17 |
| Tabla 3: Valores $C_{vel}$ para distintas velocidades de circulación  | 23 |
| Tabla 4: Valores $C_{pav}$ según el tipo de calzada   | 24 |
| Tabla 5: Estadística Descriptiva  | 27 |
| Tabla 6: Estadísticos para evaluar el rendimiento del modelo en los seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén | 34 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| Anexo 1: Hoja de campo para el monitoreo de ruido ambiental                              | 48 |
| Anexo 2: Certificado de calibración del sonómetro clase 1                                | 49 |
| Anexo 3: Mapa de Ubicación de los seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén        | 50 |
| Anexo 4: Planilla empleada en el procesamiento de información                            | 51 |
| Anexo 5: Promedio de monitoreo de ruido y datos estimados del modelo Valdivia<br>(Chile) | 52 |
| Anexo 6: Estándares de Calidad Ambiental para ruido                                      | 56 |
| Anexo 7: Panel fotográfico   | 56 |

## RESUMEN

En la ciudad de Jaén, la contaminación sonora es uno de los problemas que afecta a la población; se genera debido a las condiciones socio-económicas, como las actividades de terminales terrestres, centros comerciales, plazas y avenidas. El objetivo del trabajo fue estimar los niveles de presión sonora en los terminales terrestres utilizando el modelo Valdivia. La investigación fue de tipo no experimental, donde se utilizó el método deductivo y un diseño descriptivo – transversal, además se realizó un monitoreo de ruido ambiental. El terminal con mayor nivel de presión sonora promedio fue Señor de Huamantanga con 75.1 dB y el de menor promedio fue Malca con 72.7 dB. Se evaluó el rendimiento del modelo Valdivia mediante estadísticos como  $R^2$  en el cual el 75% del total de mediciones estuvo por encima de 0.7; con respecto al Error de Sesgo Promedio (MBE), Error de Sesgo Absoluto Promedio (MABE) y el Error Cuadrático Medio (RMSE) presentaron valores próximos a 0 y en el AIC obtuvo valores entre -3.852 y 8.404. Se determinó que los datos muestran una tendencia a ajustarse al modelo de Valdivia y sirve para fines de estimación. Finalmente, se elaboró mapas de ruido mostrando la distribución del mismo por turno.

### **Palabras clave:**

Ruido ambiental, Modelo matemático, Terminales terrestres.

## **ABSTRACT**

In the city of Jaén, noise pollution is one of the problems affecting the population; it is generated due to socio-economic conditions, such as the activities of land terminals, shopping centers, plazas and avenues. The objective of the work was to estimate the sound pressure levels in land terminals using the Valdivia model. The research was non-experimental, using the deductive method and a descriptive-cross-sectional design, as well as environmental noise monitoring. The terminal with the highest average sound pressure level was Señor de Huamantanga with 75.1 dB and the lowest average was Malca with 72.7 dB. The performance of the Valdivia model was evaluated by means of statistics such as R<sup>2</sup> in which 75% of the total measurements were above 0.7; with respect to the Mean Bias Error (MBE), Mean Absolute Bias Error (MABE) and the Mean Squared Error (RMSE) presented values close to 0 and in the AIC obtained values between -3.852 and 8.404. It was determined that the data show a tendency to fit the Valdivia model and is useful for estimation purposes. Finally, noise maps were prepared showing the noise distribution by shift.

### **Keywords:**

Environmental noise, Mathematical model, Land terminals.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las formas de contaminación ambiental es la producida por ruidos, conocida también como “Contaminación Sonora”. El organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2016), explica que la contaminación sonora ocurre cuando en el ambiente existe elevados niveles de presión sonora, y estos pueden ocasionar daños a la salud y al bienestar humano.

A nivel internacional, cada vez existe un mayor número de personas que se preocupan por mejorar la calidad de vida de sus semejantes, esto incluye la contaminación en el ambiente producida por un incremento del nivel de presión sonora. Según Calle, (s.f.), el incremento de los niveles de ruido ha crecido de forma desproporcionada en las últimas décadas y sólo en España se calcula que al menos 9 millones de personas soportan niveles medios de 65 decibelios (dB), siendo el segundo país, detrás de Japón, con mayor índice de población expuesta a altos niveles de contaminación sonora.

En la ciudad de Panamá, Quintero, De Frias y Henríquez (2018) validaron el uso de tres de modelos matemáticos para el cálculo de ruido que generaba el parque automotor en las principales avenidas de la ciudad, los modelos matemáticos fueron: FHWA de USA, Valdivia de Chile y RLS90 de Alemania. Esta investigación, considera las condiciones propias de ese lugar. Además, concluye que la contaminación sonora aumenta cuando existe mayor flujo vehicular.

En el trabajo de investigación realizado por Álvarez y Suárez (2011) explican que el tráfico rodado llega a constituir la principal fuente de contaminación sonora en las ciudades de Chile. Por ello validaron modelos matemáticos tales como: SP-48 y SP-96, el suizo STL-86, el inglés CoRTN, el desarrollado por CONAMA01 y el modelo de Sánchez calibrado en Valdivia para predecir el ruido del tráfico rodado, sin embargo, la gran cantidad de variables que intervienen en esta predicción requiere que los modelos predictivos sean probados y calibrados para las realidades locales con el fin de que los valores obtenidos sean confiables.

Según Silva (2019), en su trabajo de investigación “Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para ruido en los principales centros de educación superior universitaria, de la ciudad de Jaén”, concluye que los cuatro centros universitarios (Universidad Nacional de

Jaén, Universidad Nacional de Cajamarca, Universidad Particular de Chiclayo y la Universidad Alas Peruanas) sobrepasan los ECAs para ruido en zonas de protección especial.

En la ciudad de Jaén, la población está en un crecimiento constante y por ende un mayor movimiento del sector comercial. Existen diversas zonas, donde la actividad del parque automotor se desarrolla a mayor magnitud, por ejemplo, paraderos de buses, autos, mototaxis; dichas zonas podrían generar mayores niveles de ruido y superar los niveles establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Zona Comercial en horario diurno, el cual es de 70 dB.

La presente investigación se justifica debido a que se necesita estimar el nivel presión sonora generada por la actividad de los terminales terrestres en la ciudad de Jaén, mediante un modelo matemático. Esta herramienta se pondría a disposición de las instituciones o personas interesadas en evaluar la contaminación sonora y por ende tomar acciones pertinentes con el fin de mejorar la situación actual de la ciudad sobre este aspecto. Mencionar que a nivel local no existen investigaciones relacionadas con el empleo de modelos matemáticos para el estudio de los niveles de presión sonora.

En este contexto, se propuso evaluar el rendimiento del modelo de Valdivia 1996 (Chile), para estimar el nivel de presión sonora que se genera por la actividad del parque automotor de seis terminales terrestres ubicados en la ciudad de Jaén, considerando las condiciones propias del área de estudio.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- ✓ Estimar los niveles de presión sonora en los terminales terrestres utilizando el modelo Valdivia, Jaén, 2019.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Recolectar data sobre los niveles de presión sonora en seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén, considerando el protocolo nacional de monitoreo de ruido ambiental.
- ✓ Emplear el modelo matemático desarrollado en Valdivia 1996 (Chile) para estimar los niveles de presión sonora en la ciudad de Jaén, considerando las

características propias del área de estudio.

- ✓ Calcular estadísticos que permitan evaluar el rendimiento del modelo matemático.
- ✓ Elaborar mapas de ruido, para identificar el alcance de la contaminación sonora de los terminales terrestres a evaluar.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Objeto de estudio**

El objeto de estudio fue la data de los niveles de presión sonora del parque automotor de seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén.

#### **3.2. Ubicación del área de estudio**

Según la Municipalidad Provincial de Jaén (MPJ, 2019), “la ciudad tiene una extensión territorial de 5 232,57 km<sup>2</sup> que representa el 15,4 % del territorio de Cajamarca”.

Límites:

- Norte: Provincia de San Ignacio
- Sureste y sur: Provincia de Cutervo
- Suroeste: Provincia de Ferreñafe y Lambayeque
- Este: Provincia de Bagua y Utcubamba
- Oeste: Provincia de Huancabamba

Tiene una ubicación estratégica e histórica, su producción y dinamismo económico está basada en la agricultura, el comercio, la exportación de café, entre otros. Esta urbe viene creciendo progresivamente con respecto al sector comercial, entre los cuales se encuentra los terminales terrestres, mercados, turismo, etc.

#### **3.3. Población**

La población evaluada fue la data recolectada de los niveles de presión sonora del parque automotor en seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén, en un periodo de 20 días durante el 25 de noviembre hasta el 21 de diciembre del 2019.

### 3.4. Muestreo

El muestreo realizado fue de tipo no probabilístico que consistió en la ubicación de los puntos de monitoreo y de la medición del ruido. Para la elección de los días y turnos, se consideró aquellos terminales terrestres con mayor actividad y flujo vehicular:

- ✓ Se han medido los niveles de presión sonora en horario diurno, cinco días a la semana, desde el día jueves hasta el lunes; se inició el día lunes 25 de noviembre y culminó el día domingo 22 de diciembre del año 2019.
- ✓ El horario de medición contempló tres turnos: turno mañana de 07:01 a 09:30 horas, turno mediodía desde las 12:00 hasta las 15:00 horas y turno tarde desde las 18:30 hasta las 21:00 horas.

Mencionar que algunos terminales terrestres no fueron evaluados en los tres turnos, debido a que presentaban un flujo vehicular no fluido.

### 3.5. Muestra

Considerando los criterios de selección, la muestra estuvo conformado por seis terminales terrestres: Sol del Norte, Malca, Señor de Huamantanga, Crucero Jaén/Turismo Fernández, TETSUR y Troya, ver Tabla 1. En la muestra se observó un flujo vehicular fluido, con un promedio de 30 vehículos por minuto, ver Panel Fotográfico.

Tabla 1: Nombre de los terminales terrestres evaluados

| N° | Terminal terrestre              |
|----|---------------------------------|
| 01 | Sol del Norte                   |
| 02 | Terminal Malca                  |
| 03 | Señor De Huamantanga            |
| 04 | Crucero Jaén/ Turismo Fernández |
| 05 | TETSUR                          |
| 06 | Troya                           |

Fuente: Elaboración propia, 2020

### **3.6. Fuentes de información**

Se empleó dos fuentes de información: El Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental es una fuente de información secundaria pues se rige bajo la Norma Técnica Peruana y ECAs para Ruido. El modelo matemático Valdivia (Chile) es una fuente de información primaria, que proviene de una investigación original.

### **3.7. Métodos, técnicas y procedimientos**

#### **3.7.1. Métodos**

La presente investigación fue de tipo no experimental, donde se utilizó el método deductivo y un diseño descriptivo - transversal, debido que parte de datos generales a una conclusión en particular y se analiza los datos en el momento dado.

Según Sousa, Driessnack y Costa (2007), en este tipo de investigación los investigadores solamente están limitados a observar las cosas tal y como se presentan de manera natural en una determinada área de estudio.

#### **3.7.2. Técnicas**

Para profundizar en el conocimiento del comportamiento de la investigación, se utilizó la técnica de recolección de datos a través de la observación no experimental, esta consiste en obtener información sin manipular variables y donde las condiciones del entorno no son controladas por el investigador, en consecuencia, en la presente investigación no se tuvo en cuenta el ruido de fondo. Para la recolección de los datos se utilizó una hoja de campo como instrumento, ver Anexo 1.

#### **3.7.3. Procedimiento**

El proceso consistió en cuatro fases: Monitoreo de ruido ambiental, empleo del modelo Valdivia (Chile), evaluación del rendimiento del modelo y elaboración de mapas de ruido, ver Figura 1.

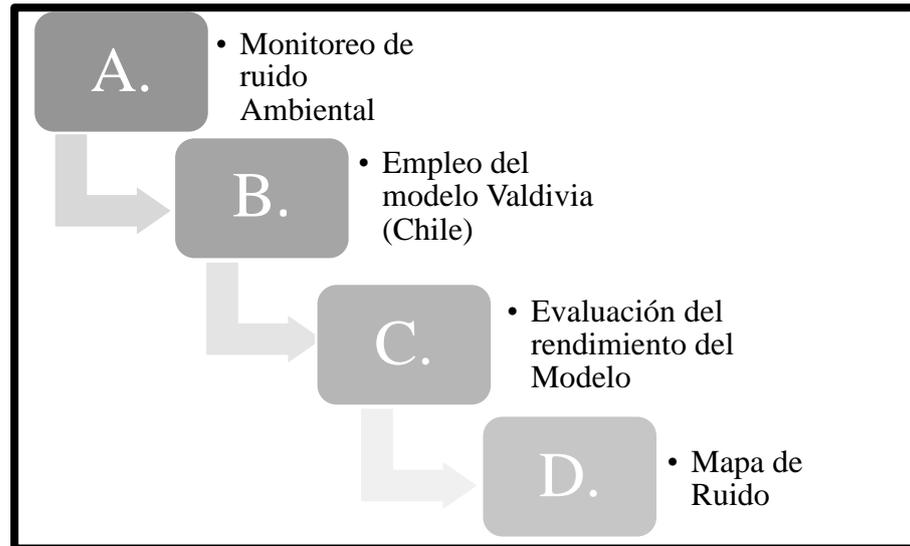


Figura 1: Diagrama del procedimiento a seguir para estimar los niveles de presión sonora.  
Fuente: Elaboración propia (2020)

### **A) Monitoreo de Ruido Ambiental para parque automotor en Zona Comercial**

Se ha seguido los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAM, la cual aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental; para realizar el Monitoreo de Ruido se procedió a diseñar el plan de Monitoreo Ambiental y posteriormente se realizó el monitoreo de ruido ambiental. Para efectos de la aplicación del protocolo, en el monitoreo del ruido ambiental se utilizó la ponderación A con la finalidad de comparar los resultados con el ECA Ruido (Resolución Ministerial 227, 2013).

#### **Diseño del Plan de Monitoreo**

Se realizó un plan de Monitoreo que permitió la recolección de información adecuada y valedera.

- **Georreferenciación de puntos a monitorear**

Se identificó y georreferenció seis terminales terrestres, los cuales se evaluaron, ver Tabla 2.

Tabla 2: Georreferenciación de los seis terminales terrestres evaluados

| N° | Terminal terrestre              | Coordenadas UTM |         |
|----|---------------------------------|-----------------|---------|
|    |                                 | Este            | Norte   |
| 01 | Sol del Norte                   | 742900          | 9369870 |
| 02 | Terminal Malca                  | 743031          | 9367945 |
| 03 | Señor de Huamantanga            | 743165          | 9367876 |
| 04 | Crucero Jaén/ Turismo Fernández | 743190          | 9367825 |
| 05 | TETSUR                          | 743189          | 9367693 |
| 06 | Troya                           | 742782          | 9369683 |

Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Descripción del entorno**

Durante el periodo de evaluación, se apreció una serie de características y actividades que se realizaban en cada terminal terrestre, las cuales se detallan:

- ✓ **Terminal Terrestre Sol del Norte:** Se encuentra ubicado en la calle Alfonso Villanueva Pinillos, frente al parque Binacional, con un número aproximado de más de 150 salidas de vehículos livianos diariamente. Durante la ejecución se identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los tres turnos de medición, los cuales son propios de una calle principal, especialmente se diferenció automóviles, mototaxis y motos lineales; entrada y salida continua de mototaxis con pasajeros, personas encargadas de atraer a los pasajeros conocidos comúnmente como “jaladores”, uso de silbatos; cabe mencionar que la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva, además se identificó la actividad ambulatoria por parte de pequeños comerciantes.

En algunas ocasiones se presencié vehículos pesados y transporte de materiales de construcción.

- ✓ **Terminal Terrestre Malca:** Se encuentra ubicado entre las calles Pedro Cornejo Neyra y Alfredo Bastos, con un número aproximado

de más de 50 salidas de vehículos livianos y 4 buses interprovinciales que salen diariamente. Durante la ejecución se identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los tres turnos de medición, donde se diferenciaron automóviles, mototaxis y motos lineales; entrada y salida continua de mototaxis con pasajeros, personas encargadas de atraer a los pasajeros conocidos comúnmente como “jaladores”, uso de silbatos, la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva, además se identificó la actividad ambulatoria por parte de pequeños comerciantes.

Cabe mencionar que dicho terminal colinda con 3 terminales menores.

En algunas ocasiones se presenciaron vehículos pesados y transporte de materiales de construcción.

- ✓ **Empresa de transporte Señor de Huamantanga:** Se encuentra ubicado en la Av. Mesones Muro cuadra 6, con 4 buses interprovinciales que salen diariamente. Durante la ejecución se identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los turnos de medición mañana y mediodía, por el contrario, se descartó el turno tarde de 18:30 horas a 21:00 horas porque no había salida de buses, y la llegada de esta era variable, en su mayoría estaban fuera del horario de medición. En este terminal se diferenciaron automóviles, mototaxis, motos lineales y vehículos pesados; personas encargadas de atraer a los pasajeros conocidos comúnmente como “jaladores”, la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva, además se identificó la actividad ambulatoria por parte de pequeños comerciantes.

Cabe mencionar que este terminal comparte el local con un terminal menor.

En algunas ocasiones se presenciaron vehículos pesados y transporte de materiales de construcción.

- ✓ **Empresa de transporte Crucero Jaén y Turismo Fernández:** Se encuentra ubicado en la Av. Mesones Muro cuadra 6, con 15 buses interprovinciales que salen diariamente. Durante la ejecución se

identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los tres turnos de medición, donde se diferenció automóviles, mototaxis, motos lineales y vehículos pesados; personas encargadas de atraer a los pasajeros conocidos comúnmente como “jaladores”, la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva, además se identificó la actividad ambulatoria por parte de pequeños comerciantes.

En algunas ocasiones se presenciaron vehículos pesados y transporte de materiales de construcción.

Cabe mencionar que este local es utilizado por Crucero Jaén y Turismo Fernández.

- ✓ **Terminal Terrestre TETSUR:** Se encuentra ubicado entre las calles Pedro Cornejo Neyra y La Marina, con 35 buses interprovinciales que salen diariamente. Durante la ejecución se identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los turnos de mediodía y tarde, por el contrario, se descartó el turno mañana porque las actividades iniciaban a partir de las 10:00 horas lo cual estaba fuera del horario de medición. En este terminal se diferenció automóviles, mototaxis, motos lineales y vehículos pesados; la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva, además se identificó la actividad ambulatoria por parte de pequeños comerciantes.

En algunas ocasiones se presenciaron vehículos pesados.

Cabe mencionar que dicho terminal colinda con un terminal menor y la empresa de transportes CIVA.

- ✓ **Terminal Terrestre Troya:** Se encuentra ubicado en la calle Mariscal Castilla cuadra 15, con un promedio de 50 salidas de vehículos livianos diariamente. Durante la ejecución se identificó la existencia de tráfico vehicular fluido en los turnos de medición mañana y mediodía, en el turno tarde de 18:30 horas a 21:00 horas no se realizó la medición correspondiente porque las actividades culminaban a las 18:00 horas. En este terminal se diferenció automóviles, mototaxis y motos lineales; entrada y salida continua de mototaxis con pasajeros, personas encargadas de atraer a los

pasajeros conocidos comúnmente como “jaladores”; cabe mencionar que la mayoría de vehículos utilizan el claxon de forma excesiva. En algunas ocasiones se presenciaron vehículos pesados y transporte de materiales de construcción.

- **Adquisición de equipos**

El equipo que se utilizó para la medición de ruido fue un sonómetro integrador Clase 1, marca HANGZHOU AIHUA, modelo AWA6228+ y número de serie 00301060; para la georreferenciación de los puntos a monitorear se utilizó un GPS marca Garmin 76CSx.

### **Monitoreo de Ruido**

Para la realización del monitoreo de ruido, se siguió las directrices generales:

- **Calibración**

El equipo sonómetro Clase 1, fue debidamente calibrado por el Instituto Nacional de Calidad - INACAL (ver Anexo 2).

- **Identificación de fuente y tipo de ruido**

Fuente emisora de ruido:

- ✓ Móviles lineales: Los puntos monitoreados se consideraron como fuente móvil lineal, porque estos se encuentran rodeados por calles y avenidas principales de la ciudad.

Tipo de ruido:

- ✓ Ruido intermitente: Es generado por el parque automotor, durante ciertos períodos de tiempo, ver Figura 2.

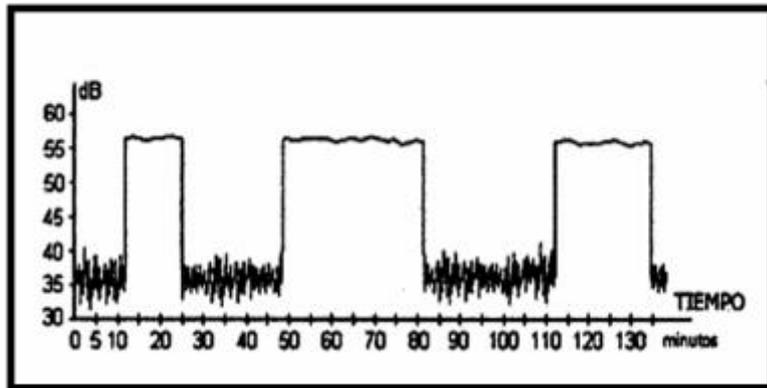


Figura 2: Ejemplo de ruido intermitente

Fuente: (Vela y Rodríguez, 2016)

- **Ubicación de puntos de monitoreo**

Se identificó el punto de monitoreo en cada terminal terrestre a evaluar, con ayuda de una cinta métrica se midió 3 metros desde la fuente emisora hasta el punto de medición en cada terminal terrestre, donde se instaló un equipo sonómetro integrador Clase 1, dichos puntos fueron representativos, debido a que estos reciben mayor incidencia de ruido en el ambiente exterior (ver Anexo 3).

- **Instalación de sonómetro para cada medición**

Para la posición y dirección del sonómetro:

- ✓ Se ubicó el equipo sonómetro en el trípode de sujeción a 1,5 m sobre el piso y a 3 metros de la fuente emisora.
- ✓ Se direccionó el micrófono hacia la fuente emisora.

- **Medición del ruido para parque automotor**

- ✓ La medición se realizó en ponderación en F (o rápida, en inglés denominado Fast).
- ✓ Se evitó las interferencias producto del dialogo y apantallamiento del equipo sonómetro con el cuerpo. El uso del trípode será indispensable.
- ✓ Por turno se realizó 10 mediciones de un (01) minuto en cada punto de monitoreo. Se contempló este periodo de medición debido a que el tráfico en estos terminales es fluido.

- ✓ Se registró en una hoja de campo los siguientes datos de cada terminal terrestre: Ubicación del punto de monitoreo, el  $L_{max}$ , el  $L_{min}$ , el  $L_{AeqT}$ , la hora de medición y las observaciones o incidencias ocurridas en el periodo de medición.
- ✓ Se contabilizó el número de vehículos que transitaron en el intervalo de medición, distinguiendo los tres tipos de vehículos los cuales fueron: pesados, livianos y buses.
- ✓ Se desistió de la medición cuando hubo presencia de precipitaciones.
- ✓ Al realizar las mediciones en campo, se tuvo en cuenta algunas excepciones con respecto a los turnos de medición, en el caso de Troya y Señor de Huamantanga, por motivos de que en estos terminales no había actividad en el turno noche, se realizó las mediciones en los turnos mañana y medio día; por otra parte, en el terminal Tetsur las actividades iniciaban a las 10:00 horas, motivo por el cual solo se evaluó en los turnos medio día y tarde.

## **B) Empleo del modelo matemático para la estimación de los niveles de presión sonora**

Modelo de la ciudad de Valdivia 1996 (Chile)

Para la estimación de los niveles de presión sonora se categorizó los vehículos según la metodología propuesta por Álvarez (2010). En este estudio, la clasificación de vehículos se realizó en base al número de ejes y ruedas.

Este modelo matemático, requiere de la data previamente recolectada en campo, básicamente el flujo vehicular en sus diferentes categorías, las cuales fueron:

- Vehículos livianos: Fueron los vehículos de hasta 2 ejes con un peso bruto de menos de 2500 kg, ya sea para mercancías o pasajeros.
- Vehículos pesados: Fueron los vehículos de transporte de 2 ejes y con una capacidad de carga de más de 3.5 toneladas, los cuales se han

separado en dos grupos:

- ✓ Buses.
- ✓ Resto de vehículos pesados como camiones, tractocamiones.

Para un mejor rendimiento del modelo se tuvo en cuenta las características propias del área de estudio en lo que respecta al flujo vehicular, de esta manera y exclusivamente para esta investigación, los vehículos menores motorizados de tres o menos ruedas están incluidos dentro de la clasificación de vehículos livianos, debido a que en nuestra realidad local hasta noviembre del año 2019, según la Sub Gerencia de Transporte Urbano, Transito y Seguridad Vial de la Municipalidad Provincial de Jaén, existe un aproximado de más de 12524 vehículos menores entre mototaxis y moto lineales sin contabilizar los vehículos que circulan de manera informal, los cuales influyen directamente en la emisión de niveles de presión sonora.

El modelo matemático Valdivia 1996 (Chile) fue expresado a través de la ecuación (1):

$$LRE = 33.6 + 10\text{Log}(Q1 + 9.2Qp + 6Qb) + Cvel + Cpav \quad (1)$$

Donde:

*LRE*: Nivel de emisión sonora (dB<sub>A</sub>)

*Q1*, *Qp* y *Qb*: Flujos de vehículos livianos, pesados y buses respectivamente.

*Cvel*: Corrección por velocidad de circulación (dB<sub>A</sub>).

*Cpav*: Corrección por tipo de calzada.

Tabla 3: Valores *Cvel* para distintas velocidades de circulación

| Velocidad (Km/h)               | < 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------------------------|------|----|----|----|----|
| <i>Cvel</i> (dB <sub>A</sub> ) | 0    | 1  | 2  | 3  | 4  |

Fuente: Álvarez (2010)

Tabla 4: Valores Cpav según el tipo de calzada

| Tipo de pavimento       | Asfalto liso | Asfalto rugoso | Hormigón | Adoquinado |
|-------------------------|--------------|----------------|----------|------------|
| Cpav (dB <sub>A</sub> ) | -0.5         | 0              | 1.5      | 4          |

Fuente: Álvarez (2010)

### C) Evaluación del rendimiento del Modelo Matemático de la ciudad de Valdivia 1996 (Chile)

Se calibró el modelo para reducir la diferencia entre los datos reales con los datos del modelo, ver Figura 3.

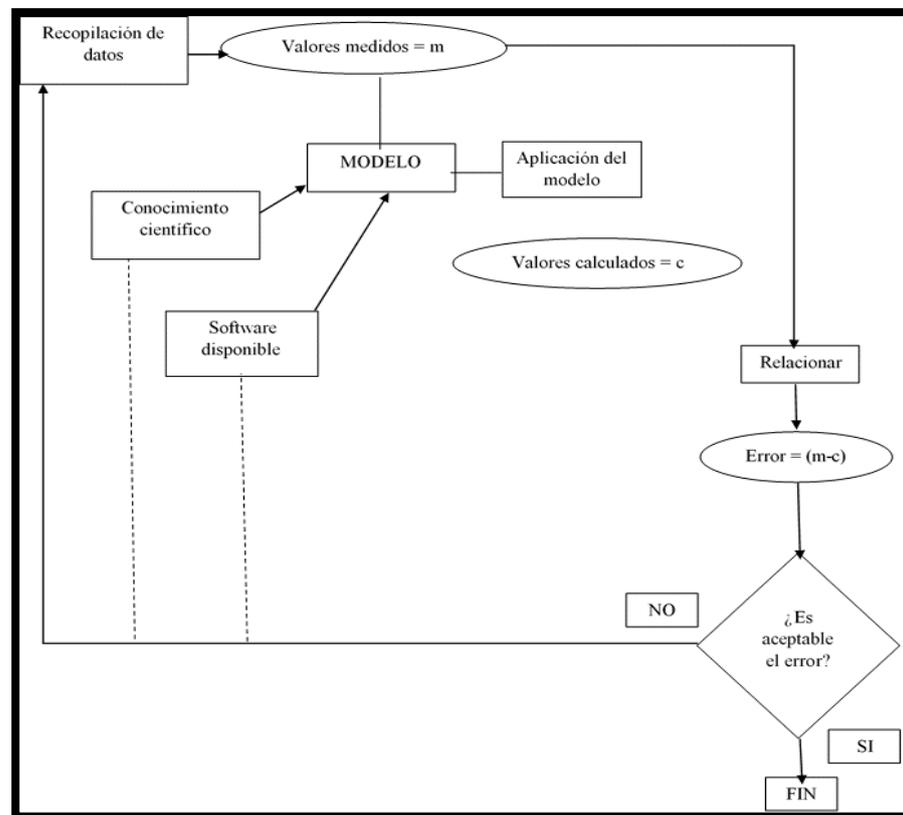


Figura N° 3: Procedimiento de calibración del modelo matemático

Fuente: Benedeni, & Tsakiris (2013)

Para evaluar el rendimiento del modelo matemático, se determinó los indicadores estadísticos: Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ), Error de Sesgo Promedio (MBE), Error de Sesgo Absoluto Promedio (MABE), Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Criterio de Información de Akaike (AIC), a través de los softwares RStudio y Excel, estos indicadores de desempeño se representan mediante la ecuación (2) hasta la ecuación (6):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (LRE_{ic} - LRE_{im})^2}{\sum_{i=1}^k (LRE_{ic} - LRE_m)^2} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (LRE_{ic} - LRE_{im}) \quad (3)$$

$$MABE = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |LRE_{ic} - LRE_{im}| \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (LRE_{ic} - LRE_{im})^2}{k}} \quad (5)$$

$$AIC = N \ln\left(\frac{\sigma^2}{N}\right) + 2p \quad (6)$$

Donde:

$LRE_{im}$  es el  $i$  valor medido mediante el sonómetro

$LRE_{ic}$  es el  $i$  valor estimado mediante el modelo

$LRE_m$  es el valor medio de los valores calculados

$k$  es el número total de observaciones.

$N$  es el número de observaciones.

$\sigma^2$  es la suma de cuadrados de los residuos

$p$  es el número de parámetros más el error.

Se tiene que tener en cuenta los siguientes criterios:

- ✓ El coeficiente de determinación  $R^2$ , refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable que pretender explicar, encontrándose entre los valores 0 y 1, así, cuando adquiere resultados más cercanos a 1, mayor resultará el ajuste del modelo a la variable que se pretende aplicar para el caso en concreto. Por el contrario, cuando adquiere resultados que se acercan al valor 0, menor será el ajuste del modelo a la variable que se pretende aplicar, esto determinará que dicho modelo sea menos fiable.

- ✓ El Error de Sesgo Promedio (MBE), Error de Sesgo Absoluto Promedio (MABE) y Error Cuadrático Medio (RMSE) deben ser cercanos al 0 para indicar que el modelo describe eficientemente la realidad, debido a que estos estadísticos están basados en la diferencia entre los datos modelados y los datos reales.
- ✓ Criterio de información de Akaike (AIC) compara los datos reales con los datos del modelo y mide la calidad relativa de un modelo estadístico, para un conjunto dado de datos. Como tal, el AIC proporciona un medio para la selección del modelo. Comprende valores negativos y positivos. Por lo tanto, mientras más pequeño sea el AIC, mejor se ajustará el modelo a los datos.

#### **D) Mapas de ruido**

Se elaboraron tres mapas de ruido (para el turno mañana, medio día y tarde), utilizando el software de Sistema de Información Geográfica (ArcGIS versión 10.5).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Monitoreo de Ruido Ambiental para parque automotor

Se obtuvieron los niveles de presión sonora de seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén: Sol del norte, Troya, Malca, Señor de Huamantanga, Crucero Jaén/Turismo Fernández y TETSUR. Ver Anexo 4 hasta el Anexo 9. En la Tabla 5 se muestran las estadísticas descriptivas, de tendencia central y de variación de la distribución de los datos en los seis terminales terrestres.

Tabla 5: Estadística Descriptiva

| Medidas de Tendencia Central y Variación | Terminales terrestres |               |               |                           |                            |                |
|--|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------|----------------------------|----------------|
|  | Sol Norte (LeqTA)     | Troya (LeqTA) | Malca (LeqTA) | Crucero/Fernández (LeqTA) | Sr. de Huamantanga (LeqTA) | TETSUR (LeqTA) |
| Mínimo                                   | 72.6                  | 71.65         | 71.07         | 73.47                     | 73.6                       | 72.85          |
| Mediana                                  | 74.15                 | 73.45         | 72.6          | 74.52                     | 75.22                      | 73.85          |
| Media                                    | 74.15                 | 73.37         | 72.72         | 74.55                     | 75.08                      | 73.95          |
| Máximo                                   | 75.31                 | 74.65         | 74.5          | 76.2                      | 77.1                       | 75.25          |
| Desviación Estándar                      | 0.766                 | 0.879         | 1.007         | 0.644                     | 0.865                      | 0.714          |
| Varianza                                 | 0.586                 | 0.773         | 1.015         | 0.414                     | 0.749                      | 0.51           |

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 4 a la Figura 9 se muestran los promedios de los niveles de presión sonora obtenidos en horario diurno de los seis terminales terrestres.

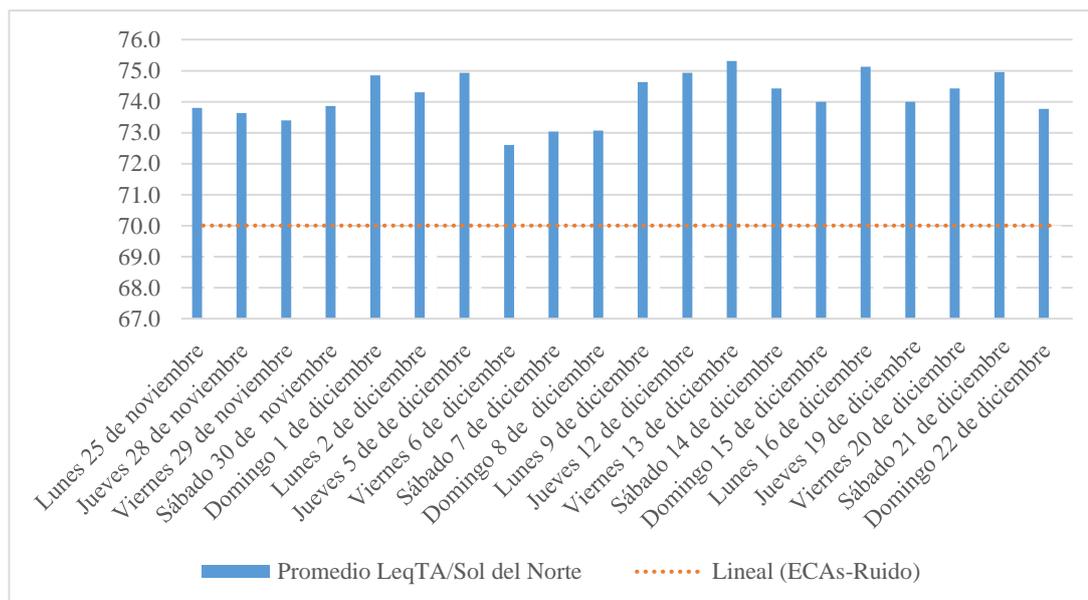


Figura 4: Ruido promedio en terminal Sol del Norte en un periodo de 20 días

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 4 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 75.3 dB y perteneció al día 13 de diciembre, por el contrario, el nivel más bajo de presión sonora fue de 72.6 dB el cual correspondió al día 06 de diciembre.

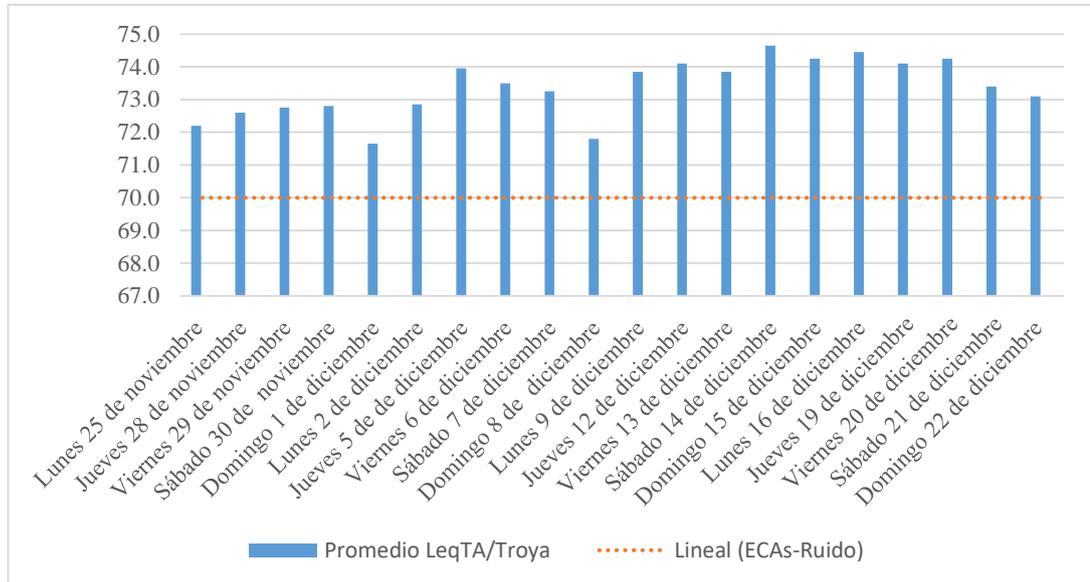


Figura 5: Ruido promedio en terminal Troya en un periodo de 20 días  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 5 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 74.7 y perteneció al día 14 de diciembre, por el contrario, el nivel más bajo de presión sonora fue de 71.7 dB el cual correspondió al día 01 de diciembre.

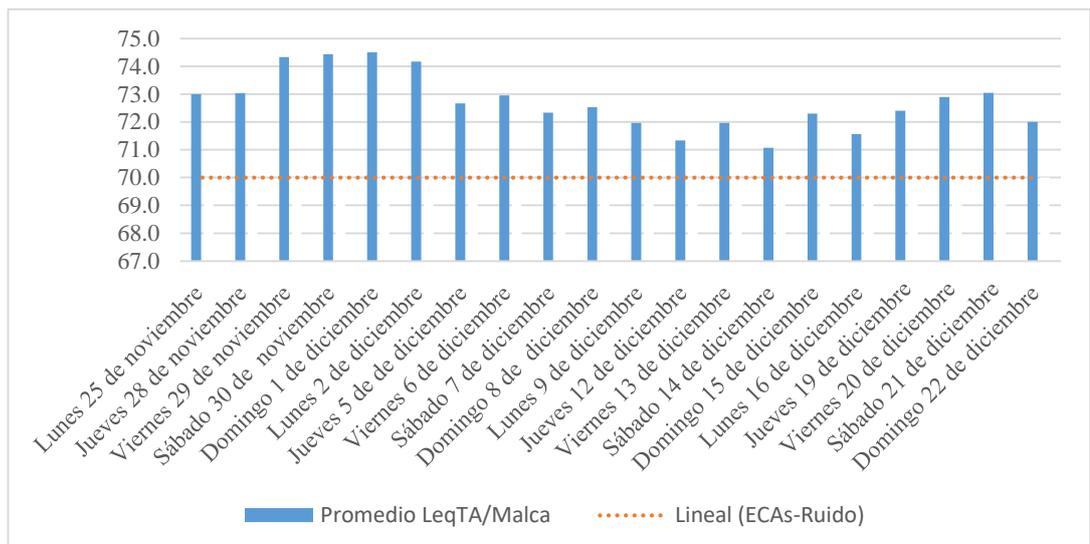


Figura 6: Ruido promedio en terminal Malca en un periodo de 20 días  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 6 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 74.5 y perteneció al día 01 de diciembre, por el contrario, el nivel más bajo de presión sonora fue de 71.1 dB el cual correspondió al día 14 de diciembre.

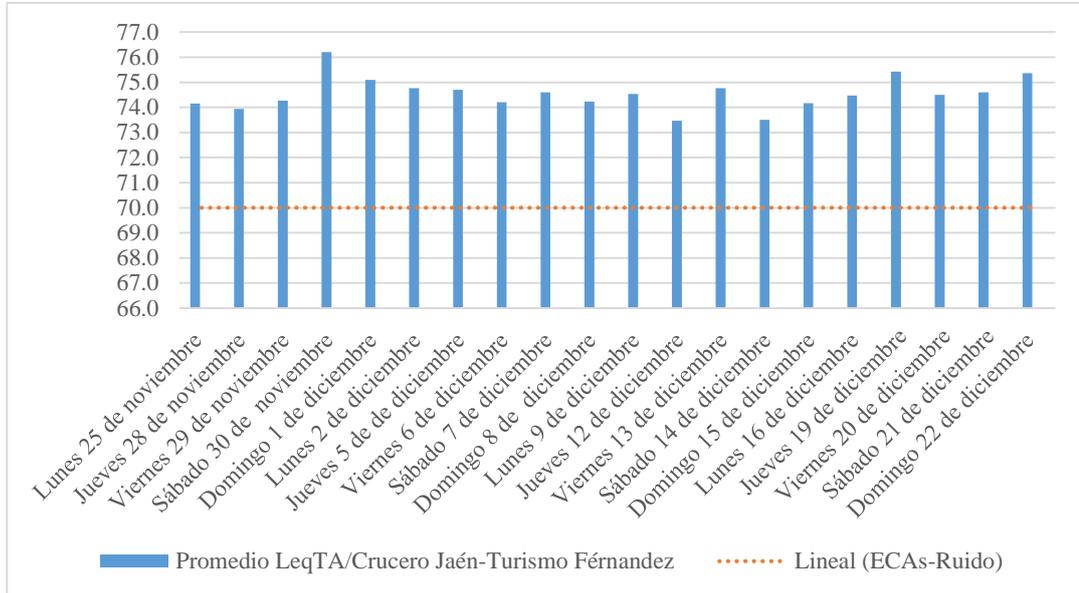


Figura 7: Ruido promedio en terminal Crucero Jaén/Turismo Fernández en un periodo de 20 días  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 7 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 76.2 y perteneció al día 30 de noviembre, por el contrario, los niveles más bajos de presión sonora fueron de 73.5 dB los cuales correspondieron a los días 12 de diciembre y 14 de diciembre.

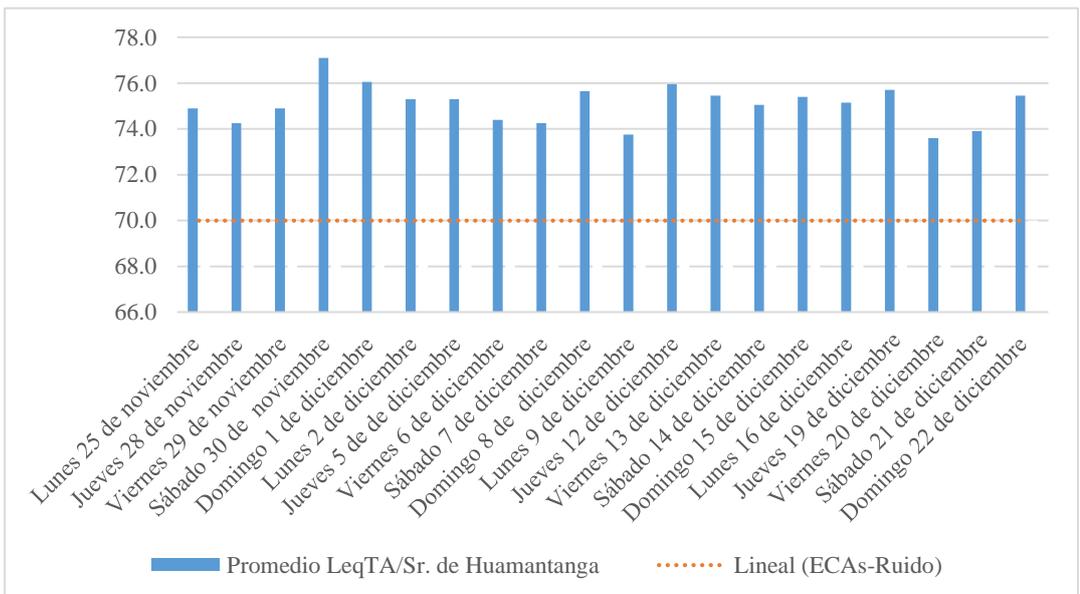


Figura 8: Ruido promedio en terminal Señor de Huamantanga en un periodo de 20 días  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 8 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 77.1 y perteneció al día 30 de noviembre, por el contrario, el nivel más bajo de presión sonora fue de 73.6 dB el cual correspondió al día 20 de diciembre.

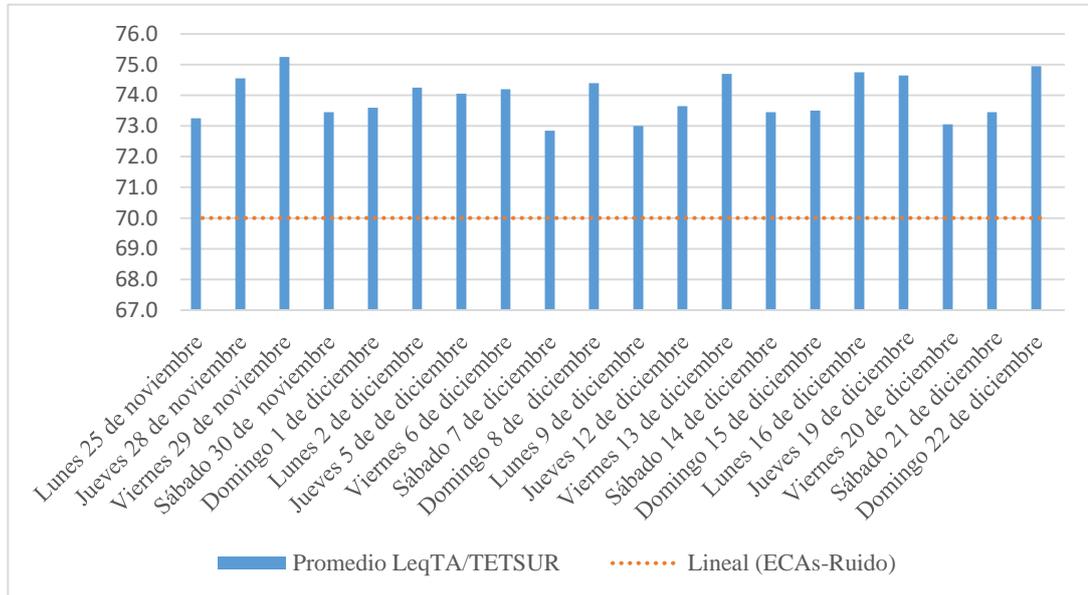


Figura 9: Ruido promedio en terminal TETSUR en un periodo de 20 días  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 9 se observa, que el nivel más alto de presión sonora fue de 75.3 y perteneció al día 29 de noviembre, por el contrario, el nivel más bajo de presión sonora fue de 72.9 dB el cual correspondió al día 07 de diciembre.

#### 4.2. Empleo del modelo matemático para la estimación de niveles de presión sonora

Al aplicar el modelo matemático Valdivia 1996 (Chile), se observó una diferencia entre los datos reales y los modelados (ver Anexo 10), pero a su vez constante. Para reducir esta diferencia de datos, se calibró el modelo matemático cambiando la constante 33.6 por 55.8, de tal manera que el modelo quedó dado por la ecuación (7):

$$LRE = 55.8 + 10\text{Log}(Q1 + 9.2Qp + 6Qb) + Cvel + Cpav \quad (7)$$

Donde:

*LRE*: Nivel de emisión sonora (dB<sub>A</sub>)

$Q_1$ ,  $Q_p$  y  $Q_b$ : Flujos de vehículos livianos, pesados y buses respectivamente.

$C_{vel}$ : Corrección por velocidad de circulación (dB<sub>A</sub>).

$C_{pav}$ : Corrección por tipo de calzada.

En la Figura 10 a la Figura 15 se observó que los datos reales con los valores del modelo matemático siguen una tendencia similar.

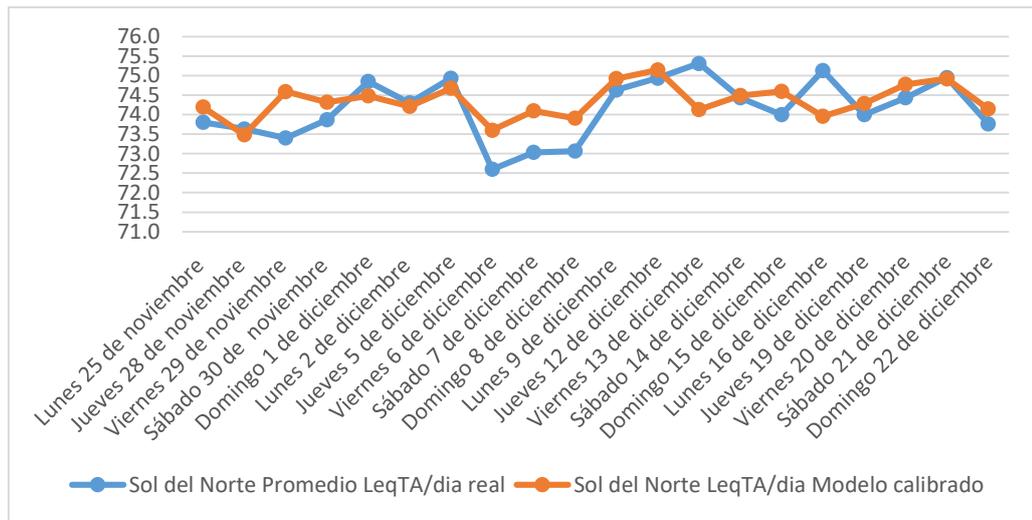


Figura 10: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal Sol del Norte  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 10 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 1.19 dB para el día 29 de noviembre y 0.03 dB para el día 13 de diciembre.

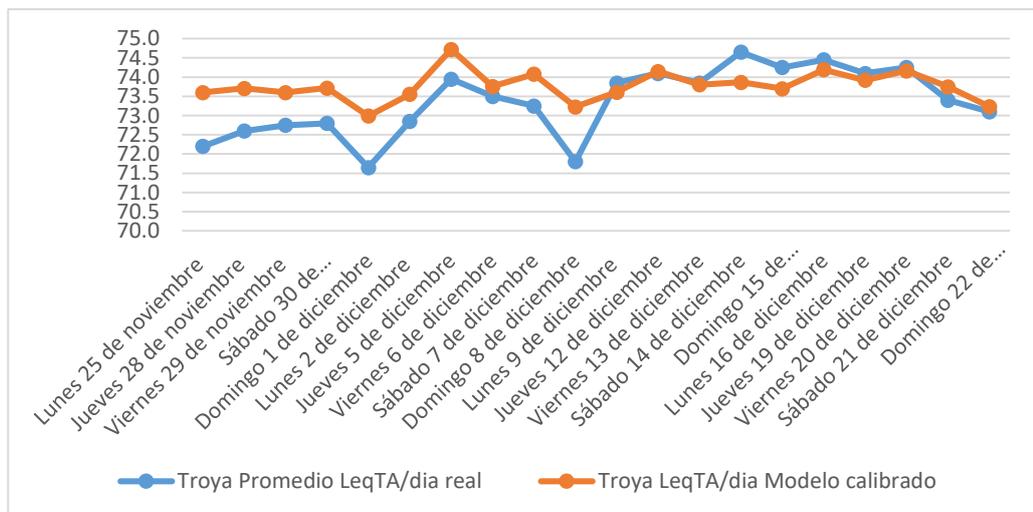


Figura 11: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal Troya  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 11 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 1.43 dB para el día 8 de diciembre y 0.05 dB para los días 12 y 13 de diciembre.

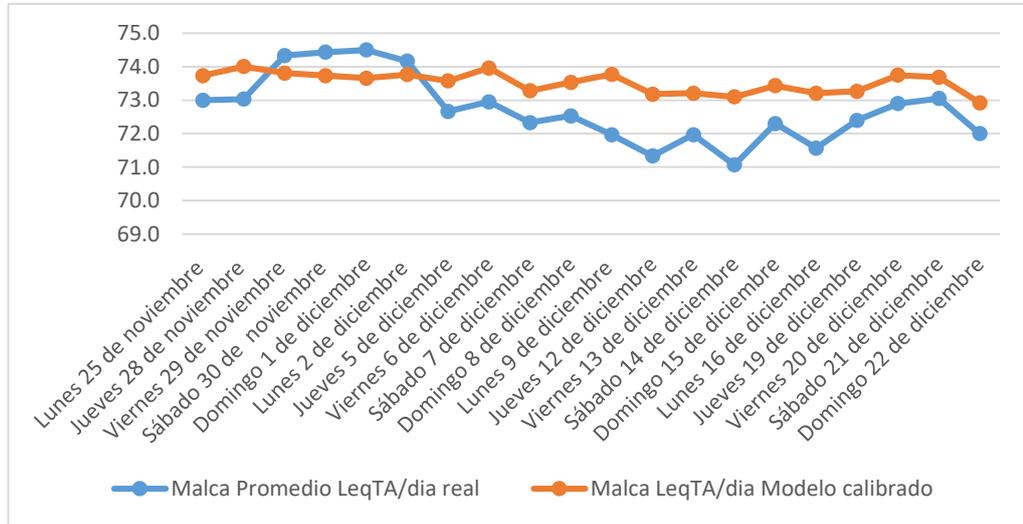


Figura 12: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal Malca  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 12 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 2.03 dB para el día 14 de diciembre y 0.40 dB correspondiente al día 2 de diciembre.

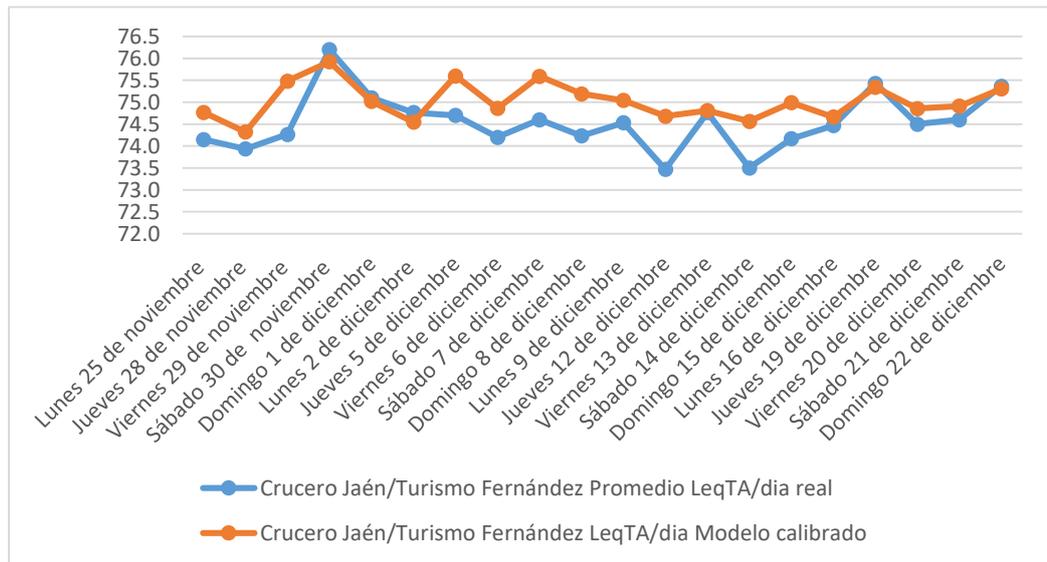


Figura 13: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal Crucero Jaén/Turismo Fernández  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 13 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 1.22 dB para el día 29 de noviembre y 0.04 dB para el 13 de diciembre.

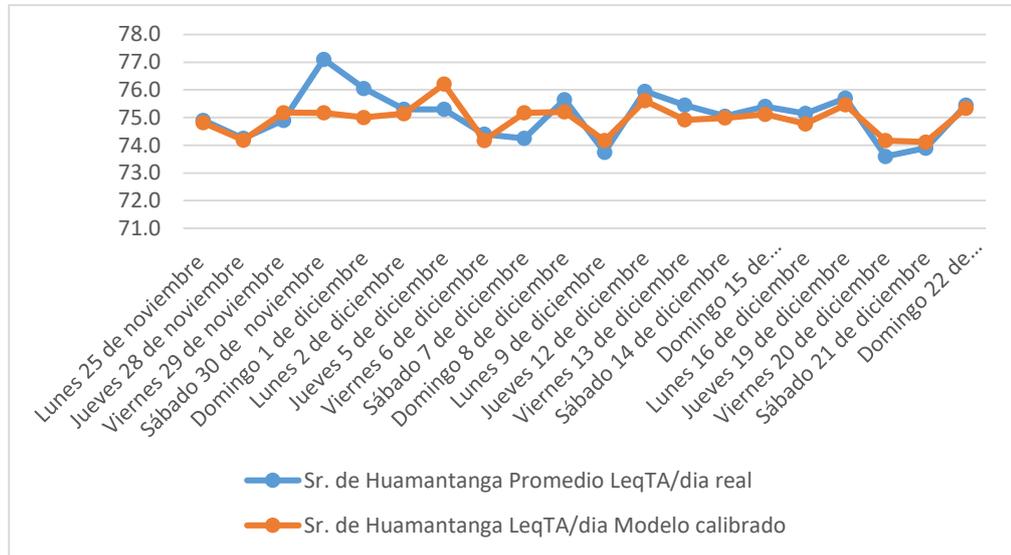


Figura 14: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal Señor de Huamantanga  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 14 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 1.93 dB para el día 30 de noviembre y 0.06 dB para los días 28 de noviembre y 14 de diciembre.

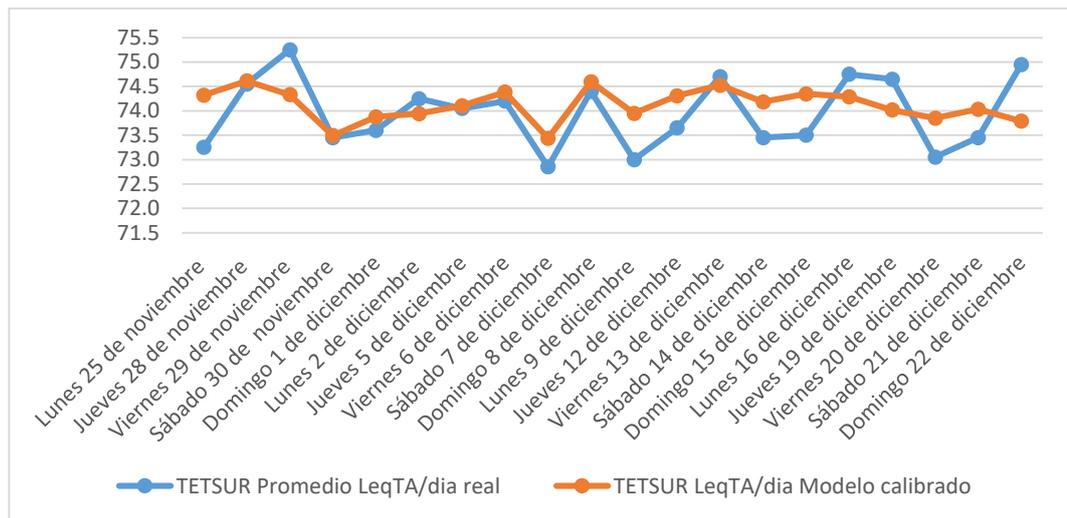


Figura 15: Tendencia de datos reales y datos modelados en el terminal TETSUR  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 15 se aprecia una diferencia máxima y mínima entre los datos reales y los datos del modelo de 1.16 dB para el día 22 de diciembre y 0.04 dB para el día 30 de noviembre.

### 4.3. Evaluación del rendimiento del modelo Valdivia

En la Tabla 6 se revelan los resultados estadísticos que permitieron determinar que los datos muestran una tendencia a ajustarse al modelo de Valdivia (Chile) con respecto a la estimación de los niveles de presión sonora en el parque automotor, específicamente en terminales terrestres. El modelo matemático se ajustó por día, para los seis terminales terrestres simultáneamente.

Tabla 6: Estadísticos para evaluar el rendimiento del modelo en los seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén

|    | <b>R<sup>2</sup></b> | <b>MBE</b> | <b>MABE</b> | <b>RMSE</b> | <b>AIC</b> |
|----|----------------------|------------|-------------|-------------|------------|
| 1  | 0.845                | -0.688     | 0.716       | 0.835       | 5.831      |
| 2  | 0.485                | -0.386     | 0.458       | 0.626       | 2.38       |
| 3  | 0.189                | -0.347     | 0.829       | 0.895       | 6.673      |
| 4  | 0.716                | 0.25       | 0.719       | 0.942       | 7.287      |
| 5  | 0.815                | 0.121      | 0.66        | 0.798       | 5.294      |
| 6  | 0.795                | 0.078      | 0.313       | 0.372       | -3.852     |
| 7  | 0.729                | -0.547     | 0.632       | 0.72        | 4.062      |
| 8  | 0.584                | -0.481     | 0.557       | 0.659       | 3.004      |
| 9  | 0.97                 | -0.89      | 0.89        | 0.903       | 6.776      |
| 10 | 0.887                | -0.662     | 0.811       | 0.903       | 6.774      |
| 11 | 0.541                | -0.62      | 0.701       | 0.887       | 6.56       |
| 12 | 0.892                | -0.606     | 0.72        | 0.956       | 7.46       |
| 13 | 0.747                | 0.11       | 0.538       | 0.739       | 4.363      |
| 14 | 0.645                | -0.507     | 0.789       | 1.034       | 8.404      |
| 15 | 0.558                | -0.428     | 0.705       | 0.754       | 4.611      |
| 16 | 0.664                | 0.072      | 0.685       | 0.87        | 6.332      |
| 17 | 0.853                | -0.001     | 0.381       | 0.47        | -1.069     |
| 18 | 0.828                | -0.471     | 0.499       | 0.567       | 1.184      |
| 19 | 0.944                | -0.344     | 0.355       | 0.41        | -2.687     |
| 20 | 0.775                | -0.016     | 0.462       | 0.63        | 2.455      |

Fuente: Elaboración propia, 2020

#### 4.4. Mapas de ruido

Se obtuvieron tres mapas de ruido con respecto a los turnos mañana, medio día y tarde, los cuales se muestran en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18. Para la elaboración de estos se calcularon los promedios generales de los días medidos para cada turno. Además, se determinó un índice de distribución de ruido, que explica por referencia de colores cuales son las condiciones de los terminales evaluados con respecto a los niveles de presión sonora.

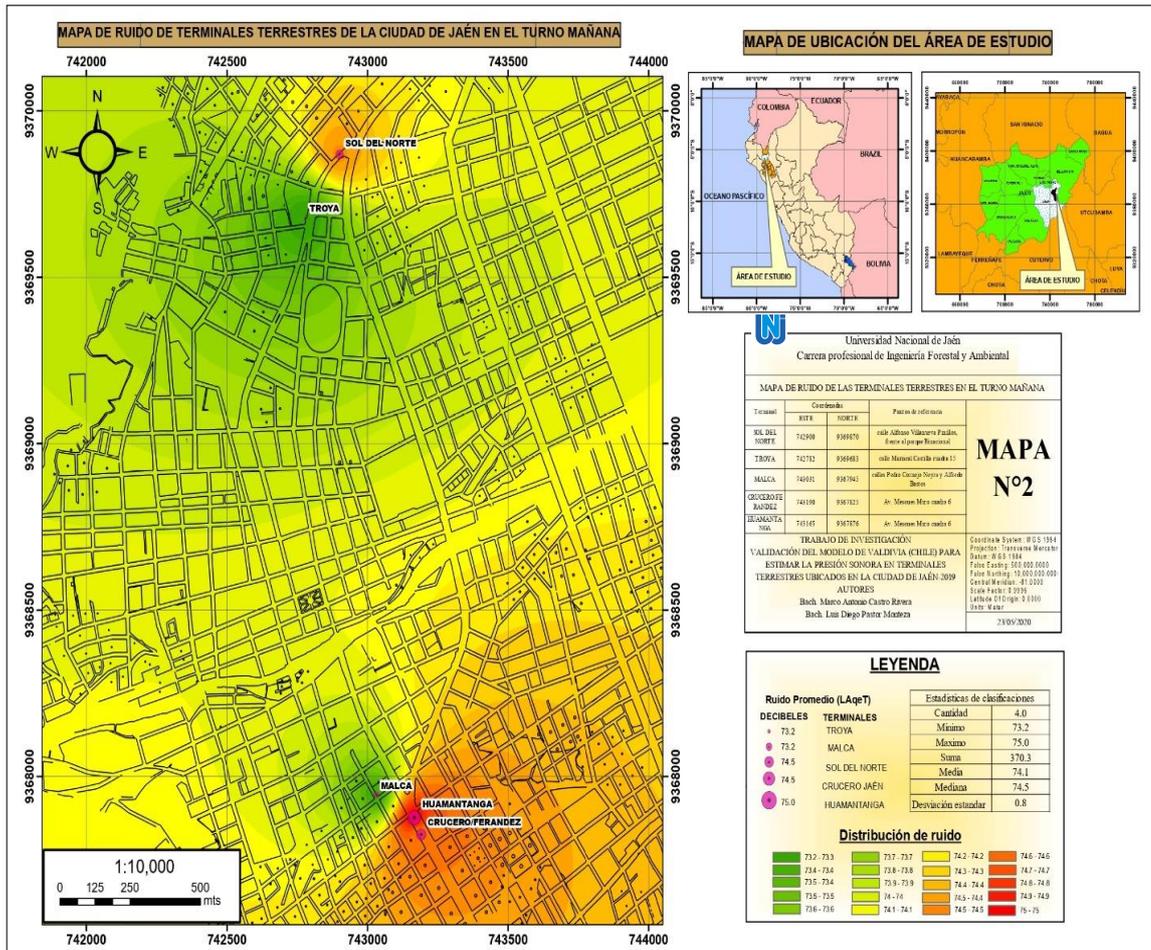


Figura 16: Mapa de Ruido del turno mañana  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 16 se muestra el mapa de ruido del turno mañana en cual se aprecia que el terminal terrestre Troya presentó los niveles de presión sonora más bajos con 73.2 dB y el terminal terrestres Señor de Huamantanga presenta un nivel de presión sonora máxima de 75.0 dB.

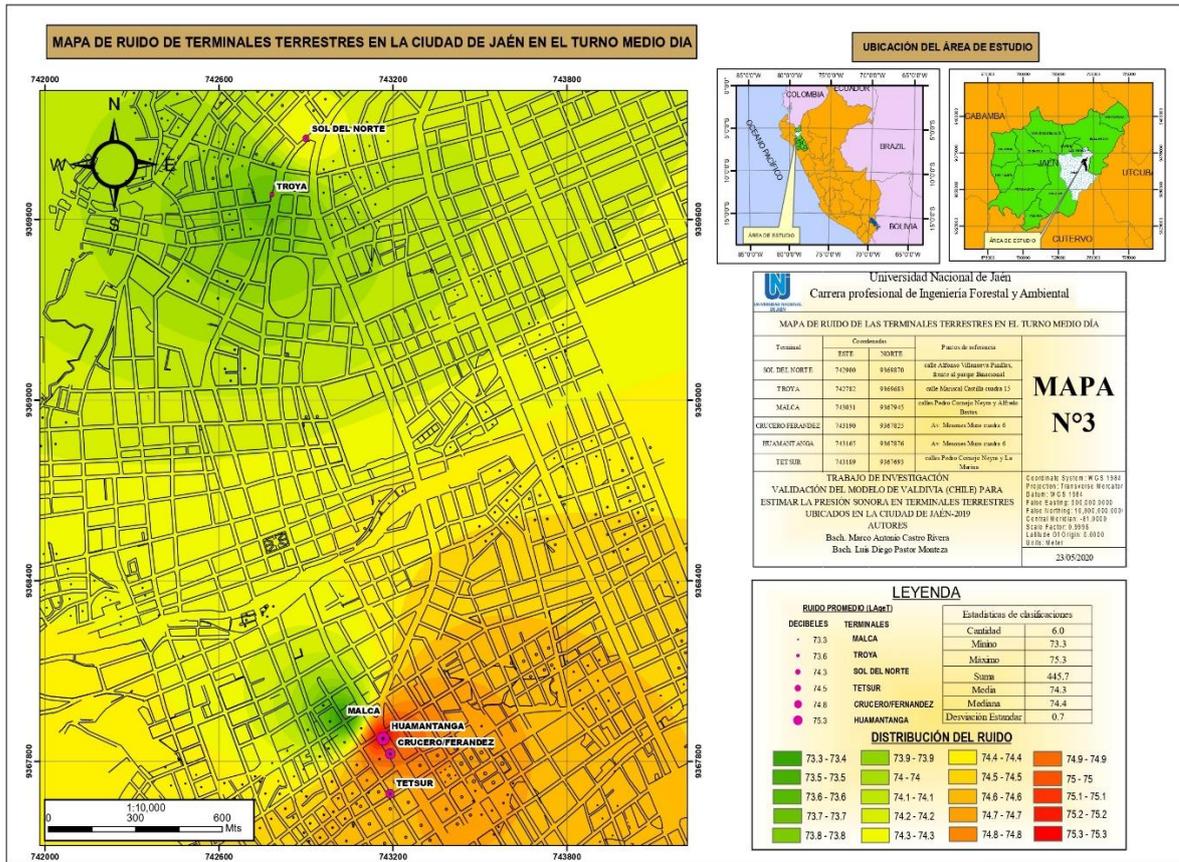


Figura 17: Mapa de Ruido del turno medio día  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 17 se muestra el mapa de ruido del turno medio día en el cual se aprecia que el terminal terrestre Troya presentó los niveles de presión sonora más bajos con 73.3 dB y el terminal terrestre Señor de Huamantanga nivel de presión sonora máximo de 75.3 dB.

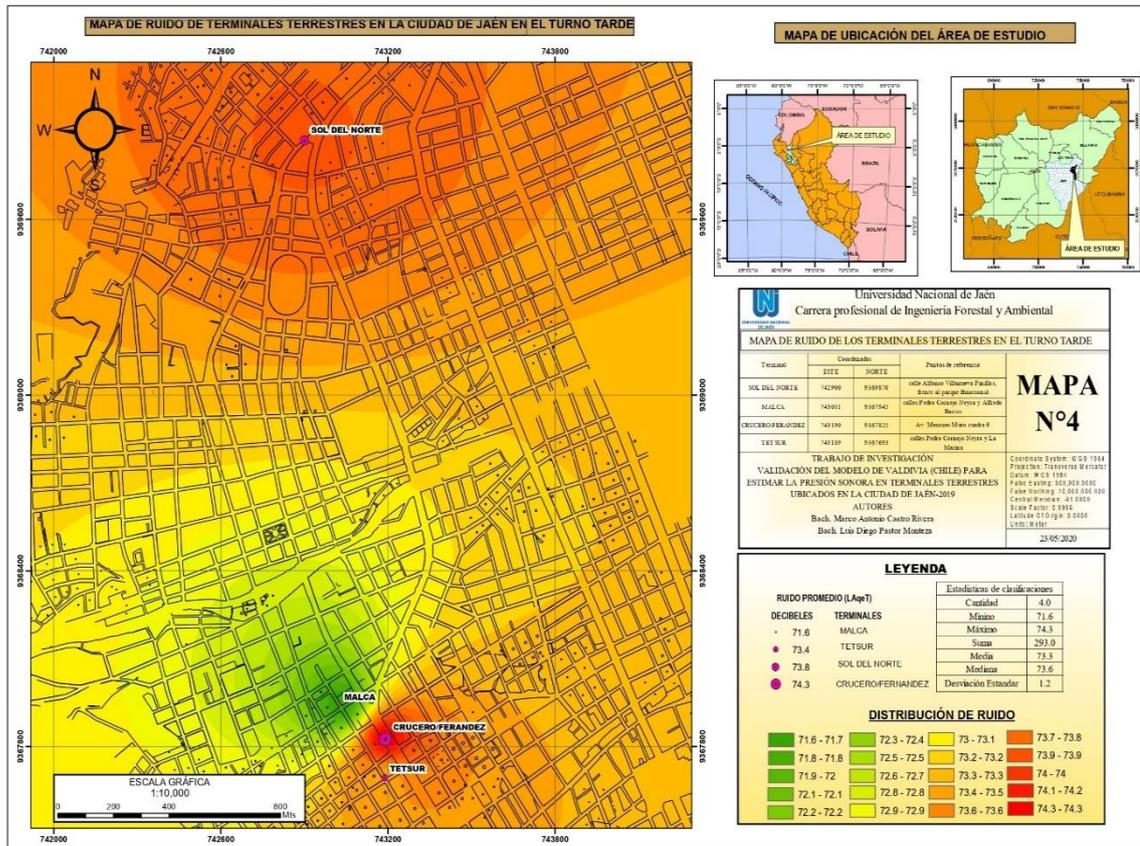


Figura 18: Mapa de Ruido del turno tarde  
Fuente: Elaboración propia, 2020

En la Figura 18 se muestra el mapa de ruido del turno tarde del cual se aprecia que el terminal terrestre Malca presentó los niveles de presión sonora más bajos con 71.6 dB y el terminal terrestres Crucero Jaén/Turismo Fernández con un nivel de presión sonora máximo de 74.3 dB.

## V. DISCUSIÓN

El promedio de los niveles de presión sonora recolectado en un periodo de 20 días, fue obtenido empleando el sonómetro clase 1. Se obtuvo que el terminal Sol del norte presentó un nivel de presión sonora de 74.2 dB, el terminal Troya presento 73.4 dB, el terminal Malca con 72.7 dB, el terminal Crucero Jaén/Turismo Fernández con 74.5 dB, el terminal Señor de Huamantanga alcanzó 75.1 dB y TETSUR 74.0 dB. En la Figura 19 se muestra el gráfico de caja que estudia la simetría de la distribución de los niveles de presión sonora. Con ello se comparó la distribución de la presión sonora entre los diferentes terminales en relación a cómo se distribuye la misma. Además, en el terminal Crucero Jaén/Turismo Fernández se observó un dato que se aleja de la tendencia general y es representado con un (\*). Por otro lado, estos valores, según el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM están sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs-Ruido) que es 70 dB para zona comercial en horario diurno (ver Anexo 11).

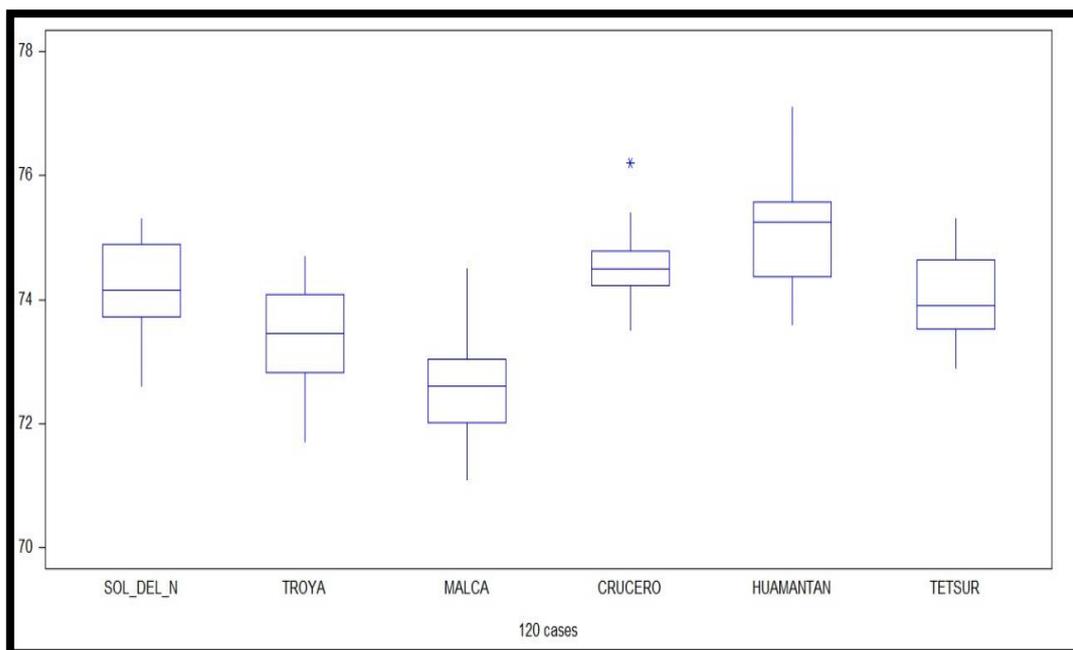


Figura 19: Gráfico de caja de niveles de presión sonora en seis terminales terrestres de Jaén.  
Fuente: Elaboración Propia, 2020

En el terminal Sol del Norte, según el gráfico de caja y bigotes se puede observar que la parte inferior de la caja es menor que la superior, esto quiere decir que los niveles de presión sonora comprendidos entre el 25% y el 50% de la población está más concentrada que entre el 50% y el 75%. El bigote superior es más corto que el inferior; por ello el 25% de los niveles de presión sonora más elevados están más concentrados que el 25% de los niveles de presión sonora más bajos.

En el terminal Troya, según el gráfico de caja y bigotes se puede observar que la parte inferior de la caja es similar que la superior, esto quiere decir que los niveles de presión sonora comprendidos entre el 25% y el 50% de la población tienen una similar concentración con el 50% y el 75%. El bigote superior es más corto que el inferior; por ello el 25% de los niveles de presión sonora más elevados están más concentrados que el 25% de los niveles de presión sonora más bajos.

En los terminales Malca y Sr. de Huamantanga, según el gráfico de caja y bigotes se puede observar que la parte inferior de la caja es mayor que la superior, esto quiere decir que los niveles de presión sonora comprendidos entre el 25% y el 50% de la población están menos concentrados que entre el 50% y el 75%. El bigote inferior es más corto que el superior; por ello el 25% de los niveles de presión sonora más bajos están más concentrados que el 25% de los niveles de presión sonora más elevados.

En el terminal Crucero Jaén/Turismo Fernández, según el gráfico de caja y bigotes se puede observar que la parte inferior de la caja es similar que la superior, esto quiere decir que los niveles de presión sonora comprendidos entre el 25% y el 50% de la población tienden a tener una similar concentración con el 50% y el 75%. El bigote superior es similar que el inferior; por ello el 25% de los niveles de presión sonora más elevados tienen una concentración similar que el 25% de los niveles de presión sonora más bajos.

En el terminal TETSUR, según el gráfico de caja y bigotes se puede observar que la parte inferior de la caja es menor que la superior, esto quiere decir que los niveles de presión sonora comprendidos entre el 25% y el 50% de la población están más concentrados que entre el 50% y el 75%. El bigote superior es similar que el inferior; por ello el 25% de los niveles de presión sonora más elevados tienen una concentración similar que el 25% de los niveles de presión sonora más bajos.

Considerando los resultados de los indicadores estadísticos, se observó que el 75% del  $R^2$  están por encima de 0.7; con respecto al Error de Sesgo Promedio (MBE), Error de Sesgo Absoluto Promedio (MABE) y la Error Cuadrático Medio (RMSE) presentan valores próximos a 0 y en el AIC obtuvo valores entre -3.852 y 8.404; por lo tanto, se afirma que el modelo de Valdivia 1996 (Chile) tiende a ajustarse estadísticamente por día para los seis terminales terrestres de manera simultánea, en consecuencia, este

modelo sirve con fines de estimación para los niveles de presión sonora que se genera por la actividad de los terminales terrestres ubicados en la ciudad de Jaén, considerando las condiciones propias del área de estudio; corroborando con los resultados del trabajo de investigación “Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno” realizado por Álvarez y Suárez (2011) donde se concluye que el modelo de Sánchez calibrado en Valdivia es un instrumento útil para estimar el nivel de ruido en una ciudad media chilena a partir de contar el número de vehículos y de considerar las situaciones particulares de cada punto de medida.

Al comparar los niveles de presión sonora recolectados en campo y modelados, existieron diferencias menores o iguales a 0.8 dB; para el caso de Sol del norte es de 0.1 dB, para Troya de 0.4 dB, Malca con una diferencia de 0.8 dB, cruceo Jaén/Turismo Fernández de 0.5 dB, Señor de Huamantanga de 0.2 dB y Tetsur con 0.1 dB; sin embargo, según Quintero, De Frias y Henríquez (2018), en su trabajo de investigación titulado “Uso de modelos matemáticos para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá”, los investigadores al aplicar el modelo Valdivia 1996 (Chile). Obtuvieron las siguientes diferencias en cada intersección de las avenidas principales, en la Avenida Balba y Federico Boyd la diferencia es de 3.2 dB, entre la Vía España y 12 de octubre es de 1.22 dB, entre la Vía Simón Bolívar y Fdez. de Córdoba 0.66 dB, en el Paso vehicular de San Miguelito la diferencia es de 0.28 dB y entre la Vía Simón Bolívar y 12 de octubre alcanza una diferencia de 2.5 dB. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son producto de realizar un ajuste en el modelo matemático Valdivia 1996 (Chile).

Según los mapas de ruido, se observa que los mayores niveles de presión sonora se encuentran en el turno medio día en comparación con los turnos mañana y tarde, esto se debe a que las actividades en la ciudad de Jaén presenta un intervalo pico entre las 12:00 horas y las 15:00 horas; no obstante, Valverde y Huarote (2017) en su investigación titulada Contaminación Sonora en la Estación Terminal Norte - Naranjal del Metropolitano afirman que por las mañanas los niveles de ruido son mayores que en la tarde y noche.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Se determinó la data de los niveles de presión sonora en seis terminales terrestres durante el periodo de medición, de los cuales se obtuvo que los terminales terrestres con mayores niveles de presión sonora fueron el Señor de Huamantanga con 77.1 dB y corresponde al día 30 de noviembre, seguido de Crucero Jaén/Turismo Fernández con un nivel de 76.2 dB que corresponde al día 30 de noviembre, por el contrario, los terminales terrestres con menores niveles de presión sonora fueron Malca con 71.1 dB el cual corresponde al día 14 de diciembre y el terminal Troya con 71.7 dB que corresponde al día 01 de diciembre.
- Se observó que los datos modelados con respecto a los datos reales medidos con el sonómetro clase 1 mostró una diferencia máxima de 2.03 dB que pertenece al día sábado 14 de diciembre del terminal terrestre Malca y además se apreció una diferencia mínima de 0.03 dB que corresponde al día viernes 13 de diciembre del terminal terrestre Sol del Norte.
- Se utilizó indicadores estadísticos como  $R^2$  en el cual el 75% del total de mediciones estuvo por encima de 0.7; con respecto al Error de Sesgo Promedio (MBE), Error de Sesgo Absoluto Promedio (MABE) y el Error Cuadrático Medio (RMSE) presentaron valores próximos a 0 y en el AIC obtuvo valores entre -3.852 y 8.404, es decir, los datos reales muestran una tendencia a ajustarse al modelo de Valdivia (Chile). En conclusión, en base a los indicadores estadísticos antes mencionados el modelo estudiado puede servir como instrumento para la estimación de los niveles de presión sonora en parque automotor de la ciudad de Jaén.
- Se elaboraron tres mapas de ruido, uno por turno, donde se representa la intensidad de ruido medido para los seis terminales terrestres evaluados; en los cuales se puede evidenciar que en el turno medio día, el terminal terrestre Señor de Huamantanga presenta los niveles más elevados de ruido con 75.3 dB, sin embargo, en el turno noche se evidenció que el terminal Malca presenta los niveles más bajos de ruido con 71.6 dB.

## 6.2. Recomendaciones

- A las autoridades competentes de la Municipalidad Provincial de Jaén implementar planes de acción para hacer cumplir los ECAs para ruidos ambientales establecidos en Zonas comerciales según Decreto Supremo N° 085-2003-PCM y plantear la reubicación de cada terminal terrestres de la ciudad de Jaén basándose en un adecuado ordenamiento territorial, de tal manera que estas actividades no afecten la salud de las personas.
- Los transportistas deben cumplir con la ordenanza municipal N° 002-2018-MPJ, la cual se basa en los lineamientos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido (ECAs Ruido), según Decreto Supremo N° 085-2003-PCM.
- A las personas interesadas en realizar este tipo de trabajo, seguir estrictamente los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental aprobado por la Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAM. Para evitar una diferencia considerable entre los datos reales y los datos modelados, emplear modelos matemáticos encontrados en la literatura, de ser el caso, calibrar o ajustar a las condiciones existentes en la zona de aplicación. Sin embargo, se recomienda emplear metodologías que permitan depurar la data con el fin de eliminar observaciones atípicas. Además, para el proceso de evaluación del rendimiento del modelo se debe emplear diversos estadísticos que garanticen la confiabilidad y el buen comportamiento del modelo empleado. Finalmente, es necesario realizar mediciones a diferentes radios del punto a evaluar con la finalidad de obtener datos más precisos al momento de proyectar el mapa de ruido.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Rodenbeek, J. P. (2010). *Estudios comparativos para modelos predictivos del ruido del tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno*. (Tesis de titulación, Universidad Austral de Chile). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmficia4731e/doc/bmficia4731e.pdf>
- Álvarez, J. y Suárez, E. (2011). Síntesis Tecnológica. Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno, 4(2), 17-24. [https://www.researchgate.net/publication/315070134\\_Estudio\\_comparativo\\_para\\_modelos\\_predictivos\\_del\\_ruido\\_de\\_trafico\\_rodado\\_a\\_traves\\_de\\_mediciones\\_in\\_situ\\_en\\_un\\_sector\\_de\\_la\\_ciudad\\_de\\_Osorno](https://www.researchgate.net/publication/315070134_Estudio_comparativo_para_modelos_predictivos_del_ruido_de_trafico_rodado_a_traves_de_mediciones_in_situ_en_un_sector_de_la_ciudad_de_Osorno)
- Benedeni, M. & Tsakiris, G. (2013). *Water Quality Modelling for Rivers and Streams*. U.S.A, Texas: M. Anderson, Bristol, U.K. L., Bengtsson, Lund, Sweden & J. F. Cruise, Huntsville, U.S.A.
- Calle, M. (sin fecha). WASTE. Contaminación Acústica. [http://www.sorolls.org/docs/Contaminacion\\_acustica\\_WASTE\\_magazine.htm](http://www.sorolls.org/docs/Contaminacion_acustica_WASTE_magazine.htm)
- Ministerio Nacional del Ambiente - MINAM. (1 de agosto del 2013). Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. (Resolución Ministerial N° 227-2013-MINAM). DO: (Diario El Peruano) / <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/02/RM-N%C2%BA-227-2013-MINAM.pdf>
- Municipalidad Provincial de Jaén. (20 de Junio del 2019). MPJ. [http://www.munijaen.gob.pe/municipalidad/resena\\_historica.php](http://www.munijaen.gob.pe/municipalidad/resena_historica.php)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). *La Contaminación Sonora en Lima y Callao*. <https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/123456789/64/la-contaminacion-sonora-en-Lima-y-Callao.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Padilla Vedia, J. (2014). *Ventana Científica. La simulación y los modelos matemáticos*, 4(8), 68-70. [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvc/v4n8/v4n8\\_a10.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvc/v4n8/v4n8_a10.pdf)

- Presidencia del Consejo de Ministros – PCM. (30 de octubre del 2003). Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. (Decreto Supremo N° 085-2003-PCM). DO: (Diario El Peruano) / <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>
- Quintero, J., De Frias, E., y Henríquez, F. (2018). Uso de modelo matemático para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá. *Revista De Iniciación Científica*, 4(2), 49-56. doi: 10.33412/rev-ric.v4.2.2156
- Silva Cabrera, F. N. (2019). Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para ruido en los principales centros de educación superior universitaria, de la ciudad de Jaén. (Obtención de Título Profesional, Universidad Nacional de Jaén). [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/67/Silva\\_CF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/67/Silva_CF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sousa, V., Driessnack, M y Costa, I. A. (2007). Scielo. Revisión de Diseños de Investigación Resaltantes para enfermería. Parte 1: Diseños de Investigación Cuantitativa, 15(3). (502-507). [http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es\\_v15n3a22.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rlae/v15n3/es_v15n3a22.pdf)
- Valverde, J. y Huarote, R. (2017). *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM. Evaluación de la Contaminación sonora y por olores en la Estación Terminal Norte-Naranjal del Metropolitano.* 20(40). 94-101. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14395/12730>
- Vela, Z., y Rodriguez, M. (2016). Evaluación de los niveles sonoros en la ciudad de Bagua, departamento Amazonas, 2015. (Obtención del título profesional, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza Sede Bagua). <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/283/Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20niveles%20sonoros%20en%20la%20ciudad%20de%20Bagua.%20Departamento%20Amazonas%2C%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## **AGRADECIMIENTO**

En el siguiente apartado queremos manifestar nuestro más sincero agradecimiento y dar reconocimiento a aquellas personas e instituciones que nos apoyaron en la realización de la presente investigación:

A nuestros asesores Mg. Lenin Quiñones Huatangari y al Dr. Juan Manuel Garay Román por su tiempo y apoyo brindado durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Jorge Deyner Núñez Pupuche, encargado del área de Evaluación y Fiscalización Ambiental de la Sub Gerencia de Gestión Ambiental y Recursos Naturales de la Municipalidad Provincial de Jaén, por brindarnos los equipos necesarios para la recolección de datos.

Finalmente, a nuestros amigos Bach. Nander Oriol Calle Iparraguirre y Bach. Sanderson Narcizo Campos Ruiz quienes nos apoyaron en campo para poder realizar las mediciones.

## **DEDICATORIA**

A Dios

Por darme vida, salud y sabiduría a lo largo  
de mi formación personal y académica.

A mis padres

Por haberme formado como la persona  
que ahora soy, este y muchos de mis  
logros se los debo a ustedes. Me formaron  
con reglas y con algunas libertades, pero  
en conclusión siempre me motivaron para  
alcanzar mis propósitos. Gracias a los dos  
por estar a mi lado en esta etapa de mi  
vida profesional y por todo el apoyo  
moral que me han brindado.

A mis hermanos

Que con sus consejos me han ayudado a  
afrontar los retos que se me han presentado.

Marco Castro

## DEDICATORIA

### A Dios

El presente de trabajo investigación le dedico principalmente a Dios, por ser mi fuente de inspiración, mi fuerza cuando sentía que no podía lograrlo y lo que me mantuvo hasta el final.

### A mis padres

Por darme la vida y haber estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén a mi lado.

### A mis hermanos

Por su apoyo y consejos brindados durante mi trayectoria de formación profesional.

Diego Pastor

## ANEXOS

### Anexo 1: Hoja de campo para el monitoreo de ruido ambiental

| Anexo 1: HOJA DE CAMPO  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
|---|------|------|-------|------|-------------------------------|--|---------------------------|--|--------|--|---------|--|--------|--|------------------|--|----------------------------|--|--------|--|
| Ubicación del punto: _____ Provincia: _____ Distrito: _____   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Código del punto: _____ Zonificación de acuerdo al ECA: _____ |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Fuente generadora de ruido                                    |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| (Marcar con una X)  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Fija: _____ Móvil: _____                                      |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Mediciones:   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
|   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Número de medición  | Lmin | Lmax | LAeqT | Hora | Observaciones/<br>Incidencias | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Descripción del sonómetro</th> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">Marca:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Modelo:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clase:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número de serie:</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left;">Calibración en laboratorio</th> </tr> <tr> <td>Fecha:</td> <td></td> </tr> </table> | Descripción del sonómetro |  | Marca: |  | Modelo: |  | Clase: |  | Número de serie: |  | Calibración en laboratorio |  | Fecha: |  |
| Descripción del sonómetro                                     |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Marca:  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Modelo:   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Clase:  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Número de serie:  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Calibración en laboratorio                                    |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| Fecha:  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 1   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 2   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 3   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 4   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 5   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 6   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 7   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 8   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 9   |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |
| 10  |      |      |       |      |                               |  |                           |  |        |  |         |  |        |  |                  |  |                            |  |        |  |

Anexo 2: Certificado de calibración del sonómetro clase 1



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Certificado de Calibración

### LAC - 072 - 2019

Laboratorio de Acústica

Página 1 de 9

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Expediente              | <b>1032411</b>                                      |
| Solicitante             | <b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE JAEN</b>             |
| Dirección               | <b>San Martín N° 1371 - Jaén - Jaén - Cajamarca</b> |
| Instrumento de Medición | <b>Sonómetro</b>                                    |
| Marca                   | <b>HANGZHOU AIHUA</b>                               |
| Modelo                  | <b>AWA6228+</b>                                     |
| Procedencia             | <b>NO INDICA</b>                                    |
| Resolución              | <b>0,1 dB</b>                                       |
| Clase                   | <b>1</b>  |
| Número de Serie         | <b>00301060</b>                                     |
| Micrófono               | <b>AWA14425H</b>                                    |
| Serie del Micrófono     | <b>21625</b>  |
| Fecha de Calibración    | <b>2019-05-21</b>                                   |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

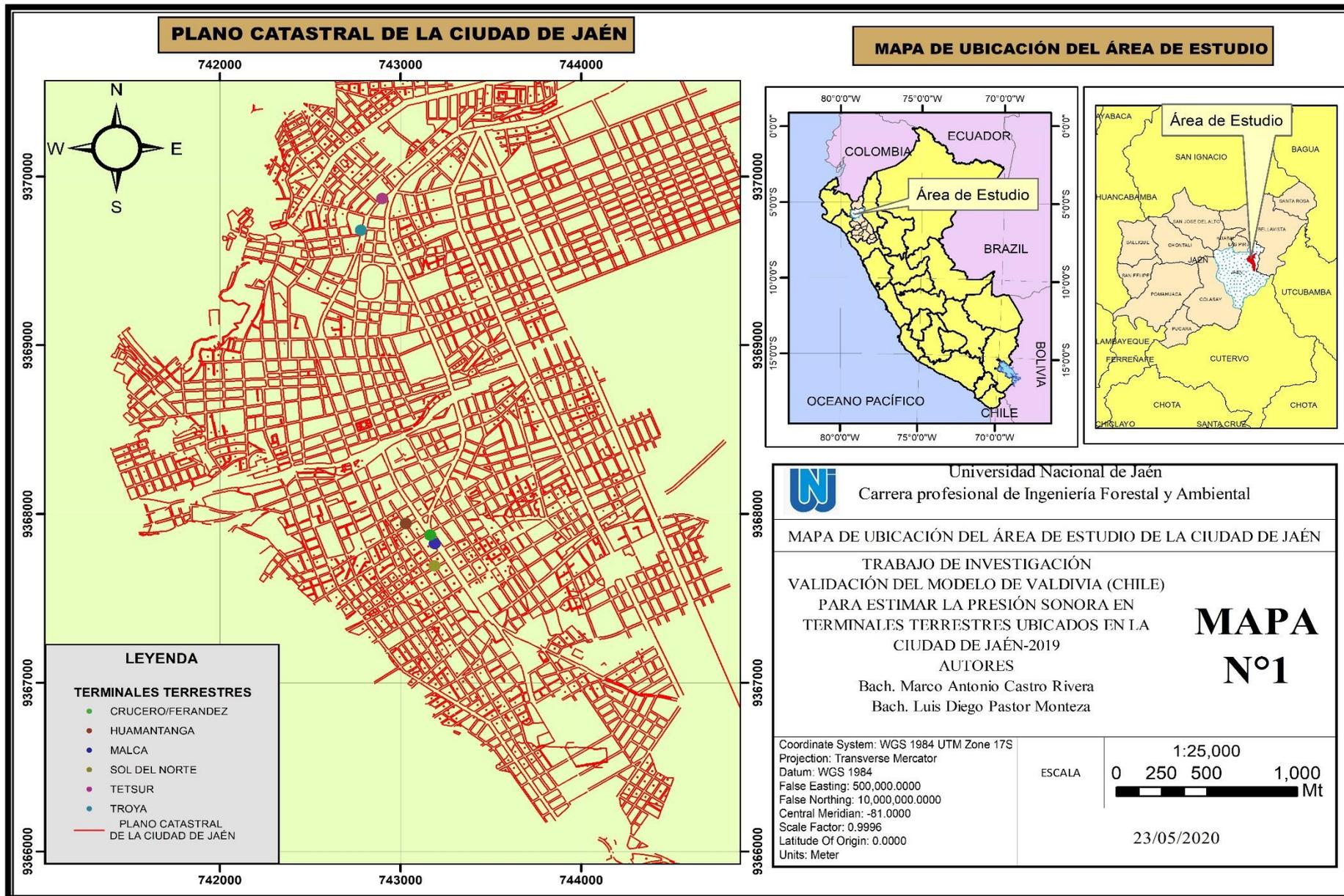
Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

|   |                         |  |  |
|---|-------------------------|--|--|
|  | Fecha<br>2019 05 21     | Área de Electricidad y Termometría<br><br>CHRISTIAN URIBE ROSAS | Laboratorio de Acústica<br><br>GIANCARLOS GUEVARA |
|   | Dirección de Metrología | Dirección de Metrología  | Dirección de Metrología  |

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
Dirección de Metrología  
Calle Los Cocayinos N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Tel. (01) 840-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)

Puede verificar el número de certificado en la página:  
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>

Anexo 3: Mapa de Ubicación de los seis terminales terrestres de la ciudad de Jaén



Anexo 4: Planilla empleada en el procesamiento de información

| Fecha | Turno                      | Número de medición | Lmin | Lmax | LAeqT | Hora | Mototaxis | Moto lineal | Automóviles | Vehículo pesado | Buses |  |
|-------|----------------------------|--------------------|------|------|-------|------|-----------|-------------|-------------|-----------------|-------|--|
|       | Mañana<br>(7:01-9:00)      | 1                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 2                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 3                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 4                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 5                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 6                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 7                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 8                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 9                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 10                 |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       | Medio día<br>(12:00-15:00) | 1                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 2                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 3                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 4                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 5                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 6                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 7                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 8                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 9                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 10                 |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       | Tarde<br>(18:30-21:00)     | 1                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 2                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 3                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 4                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 5                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 6                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 7                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 8                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 9                  |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |
|       |                            | 10                 |      |      |       |      |           |             |             |                 |       |  |

Anexo 5: Promedio de monitoreo de ruido y datos estimados del modelo Valdivia (Chile)

| Día                              | Terminal                       | Promedio vehículos livianos/día | Promedio vehículos pesado/día | Promedio de buses/día | Promedio LeqTA/Campo por día | LeqTA/Estimado | Modelo modificado |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|-------------------|
| Lunes 25 de noviembre del 2019   | Sol del Norte                  | 25.4                            | 0.1                           | 0                     | 73.8                         | 49.3           | 74.2              |
|                                  | Troya                          | 22.9                            | 0                             | 0                     | 72.2                         | 48.7           | 73.6              |
|                                  | Malca                          | 22.9                            | 0.1                           | 0.1                   | 73                           | 48.8           | 73.7              |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 25.1                            | 0.4                           | 0.2                   | 74.2                         | 49.9           | 74.8              |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 28.5                            | 0                             | 0.3                   | 74.9                         | 49.9           | 74.8              |
|                                  | TETSUR                         | 23.7                            | 0.2                           | 0.3                   | 73.3                         | 49.4           | 74.3              |
| Jueves 28 de noviembre del 2019  | Sol del Norte                  | 22.3                            | 0                             | 0                     | 73.6                         | 48.6           | 73.5              |
|                                  | Troya                          | 22.1                            | 0.2                           | 0                     | 72.6                         | 48.8           | 73.7              |
|                                  | Malca                          | 24.1                            | 0.1                           | 0.1                   | 73                           | 49.1           | 74                |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 24.3                            | 0.1                           | 0.3                   | 73.9                         | 49.4           | 74.3              |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 23.8                            | 0.1                           | 0.3                   | 74.3                         | 49.3           | 74.2              |
|                                  | TETSUR                         | 25.2                            | 0.2                           | 0.4                   | 74.6                         | 49.7           | 74.6              |
| Viernes 29 de noviembre del 2019 | Sol del Norte                  | 26.9                            | 0.2                           | 0                     | 73.4                         | 49.7           | 74.6              |
|                                  | Troya                          | 22.9                            | 0                             | 0                     | 72.8                         | 48.7           | 73.6              |
|                                  | Malca                          | 24                              | 0                             | 0                     | 74.3                         | 48.9           | 73.8              |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 30                              | 0.4                           | 0.3                   | 74.3                         | 50.6           | 75.5              |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 30.8                            | 0.1                           | 0.2                   | 74.9                         | 50.3           | 75.2              |
|                                  | TETSUR                         | 24.6                            | 0.1                           | 0.4                   | 75.3                         | 49.4           | 74.3              |
| Sábado 30 de noviembre del 2019  | Sol del Norte                  | 26.1                            | 0.1                           | 0                     | 73.9                         | 49.4           | 74.3              |
|                                  | Troya                          | 22.2                            | 0.2                           | 0                     | 72.8                         | 48.8           | 73.7              |
|                                  | Malca                          | 23.3                            | 0                             | 0                     | 74.4                         | 48.8           | 73.7              |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 35.3                            | 0.2                           | 0.3                   | 76.2                         | 51             | 75.9              |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 29                              | 0.3                           | 0.2                   | 77.1                         | 50.3           | 75.2              |
|                                  | TETSUR                         | 20.6                            | 0                             | 0.3                   | 73.5                         | 48.6           | 73.5              |
| Domingo 1 de diciembre del 2019  | Sol del Norte                  | 27.2                            | 0.1                           | 0                     | 74.9                         | 49.6           | 74.5              |
|                                  | Troya                          | 19.9                            | 0                             | 0                     | 71.7                         | 48.1           | 73                |
|                                  | Malca                          | 22.6                            | 0                             | 0.1                   | 74.5                         | 48.8           | 73.7              |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 29.5                            | 0.1                           | 0.3                   | 75.1                         | 50.1           | 75                |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 28.3                            | 0.2                           | 0.3                   | 76.1                         | 50.1           | 75                |
|                                  | TETSUR                         | 22.9                            | 0.1                           | 0.1                   | 73.6                         | 49             | 73.9              |
| Lunes 2 de diciembre del 2019    | Sol del Norte                  | 24.8                            | 0.2                           | 0                     | 74.3                         | 49.3           | 74.2              |
|                                  | Troya                          | 19.5                            | 0.4                           | 0                     | 72.9                         | 48.7           | 73.6              |
|                                  | Malca                          | 23.8                            | 0                             | 0                     | 74.2                         | 48.9           | 73.8              |

|                                 |                                |      |     |     |      |      |      |
|---------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 24.9 | 0.3 | 0.1 | 74.8 | 49.6 | 74.5 |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 30.1 | 0.2 | 0.2 | 75.3 | 50.2 | 75.1 |
|                                 | TETSUR                         | 21.2 | 0.2 | 0.3 | 74.3 | 49   | 73.9 |
| Jueves 5 de diciembre del 2019  | Sol del Norte                  | 28.4 | 0.1 | 0   | 74.9 | 49.8 | 74.7 |
|                                 | Troya                          | 29.2 | 0.1 | 0   | 74   | 49.8 | 74.7 |
|                                 | Malca                          | 22.8 | 0   | 0   | 72.7 | 48.7 | 73.6 |
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 32.3 | 0.3 | 0.2 | 74.7 | 50.7 | 75.6 |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 36.7 | 0.5 | 0.2 | 75.3 | 51.3 | 76.2 |
|                                 | TETSUR                         | 22.3 | 0.2 | 0.4 | 74.1 | 49.2 | 74.1 |
| Viernes 6 de diciembre del 2019 | Sol del Norte                  | 22   | 0.1 | 0   | 72.6 | 48.7 | 73.6 |
|                                 | Troya                          | 21   | 0.3 | 0   | 73.5 | 48.9 | 73.8 |
|                                 | Malca                          | 23.2 | 0.2 | 0.1 | 73   | 49.1 | 74   |
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 28.2 | 0.1 | 0.3 | 74.2 | 50   | 74.9 |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 23.1 | 0.2 | 0.2 | 74.4 | 49.3 | 74.2 |
|                                 | TETSUR                         | 23.8 | 0.2 | 0.3 | 74.2 | 49.5 | 74.4 |
| Sábado 7 de diciembre del 2019  | Sol del Norte                  | 24.5 | 0.1 | 0   | 73   | 49.2 | 74.1 |
|                                 | Troya                          | 24.7 | 0.1 | 0   | 73.3 | 49.2 | 74.1 |
|                                 | Malca                          | 20.4 | 0.1 | 0   | 72.3 | 48.4 | 73.3 |
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 29.4 | 0.6 | 0.3 | 74.6 | 50.7 | 75.6 |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 30.3 | 0.2 | 0.2 | 74.3 | 50.3 | 75.2 |
|                                 | TETSUR                         | 19.1 | 0.1 | 0.4 | 72.9 | 48.5 | 73.4 |
| Domingo 8 de diciembre del 2019 | Sol del Norte                  | 23.4 | 0.1 | 0   | 73.1 | 36   | 73.9 |
|                                 | Troya                          | 20.1 | 0.1 | 0   | 71.8 | 48.3 | 73.2 |
|                                 | Malca                          | 22.2 | 0   | 0   | 72.5 | 48.6 | 73.5 |
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 29.1 | 0.2 | 0.3 | 74.2 | 50.3 | 75.2 |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 27.8 | 0.5 | 0.2 | 75.7 | 50.3 | 75.2 |
|                                 | TETSUR                         | 25.8 | 0.1 | 0.4 | 74.4 | 49.7 | 74.6 |
| Lunes 9 de diciembre del 2019   | Sol del Norte                  | 30.1 | 0.1 | 0   | 74.6 | 50   | 74.9 |
|                                 | Troya                          | 23   | 0   | 0   | 73.9 | 23   | 73.6 |
|                                 | Malca                          | 22.6 | 0.1 | 0.1 | 72   | 48.9 | 73.8 |
|                                 | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 29   | 0.2 | 0.2 | 74.5 | 50.1 | 75   |
|                                 | Sr. de Huamantanga             | 24.2 | 0.1 | 0.3 | 73.8 | 49.3 | 74.2 |
|                                 | TETSUR                         | 20.9 | 0.1 | 0.5 | 73   | 49   | 73.9 |
| Jueves 12 de                    | Sol del Norte                  | 32.1 | 0.1 | 0   | 74.9 | 50.2 | 75.1 |
|                                 | Troya                          | 26   | 0   | 0   | 74.1 | 49.2 | 74.1 |

|                                  |                                |      |     |     |      |      |      |
|----------------------------------|--------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|
| diciembre del 2019               | Malca                          | 20.8 | 0   | 0   | 71.3 | 48.3 | 73.2 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 27.3 | 0.1 | 0.2 | 73.5 | 49.8 | 74.7 |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 33.7 | 0.1 | 0.3 | 76   | 50.7 | 75.6 |
|                                  | TETSUR                         | 24.4 | 0.1 | 0.4 | 73.7 | 49.4 | 74.3 |
| Viernes 13 de diciembre del 2019 | Sol del Norte                  | 25.9 | 0   | 0   | 75.3 | 49.2 | 74.1 |
|                                  | Troya                          | 24   | 0   | 0   | 73.9 | 48.9 | 73.8 |
|                                  | Malca                          | 20.6 | 0   | 0   | 72   | 48.3 | 73.2 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 27.4 | 0.1 | 0.3 | 74.8 | 49.9 | 74.8 |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 29.4 | 0.1 | 0.2 | 75.5 | 50   | 74.9 |
|                                  | TETSUR                         | 25.1 | 0   | 0.6 | 74.7 | 49.6 | 74.5 |
| Sábado 14 de diciembre del 2019  | Sol del Norte                  | 27.2 | 0.1 | 0   | 74.4 | 49.6 | 74.5 |
|                                  | Troya                          | 24.4 | 0   | 0   | 74.7 | 49   | 73.9 |
|                                  | Malca                          | 20   | 0   | 0.1 | 71.1 | 48.2 | 73.1 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 26.8 | 0.1 | 0.2 | 73.5 | 49.7 | 74.6 |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 28.5 | 0.2 | 0.2 | 75.1 | 50.1 | 75   |
|                                  | TETSUR                         | 22.8 | 0.1 | 0.5 | 73.5 | 49.3 | 74.2 |
| Domingo 15 de diciembre del 2019 | Sol del Norte                  | 27.9 | 0.1 | 0   | 74   | 49.7 | 74.6 |
|                                  | Troya                          | 23.5 | 0   | 0   | 74.3 | 48.8 | 73.7 |
|                                  | Malca                          | 21.6 | 0   | 0.1 | 72.3 | 48.5 | 73.4 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 29.7 | 0.1 | 0.2 | 74.2 | 50.1 | 75   |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 29.5 | 0.2 | 0.2 | 75.4 | 50.2 | 75.1 |
|                                  | TETSUR                         | 23.8 | 0.1 | 0.5 | 73.5 | 49.4 | 74.3 |
| Lunes 16 de diciembre del 2019   | Sol del Norte                  | 24.9 | 0   | 0   | 75.1 | 49.1 | 74   |
|                                  | Troya                          | 25.4 | 0.1 | 0   | 74.5 | 49.3 | 74.2 |
|                                  | Malca                          | 20.6 | 0   | 0   | 71.6 | 48.3 | 73.2 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 26.4 | 0.1 | 0.3 | 74.5 | 49.8 | 74.7 |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 28.4 | 0.1 | 0.2 | 75.2 | 49.9 | 74.8 |
|                                  | TETSUR                         | 23.6 | 0   | 0.6 | 74.8 | 49.4 | 74.3 |
| Jueves 19 de diciembre del 2019  | Sol del Norte                  | 26.2 | 0.1 | 0   | 74   | 49.4 | 74.3 |
|                                  | Troya                          | 23.8 | 0.1 | 0   | 74.1 | 49   | 73.9 |
|                                  | Malca                          | 21.2 | 0   | 0   | 72.4 | 48.4 | 73.3 |
|                                  | Crucero Jaén/Turismo Fernández | 31.2 | 0.1 | 0.4 | 75.4 | 50.4 | 75.3 |
|                                  | Sr. de Huamantanga             | 30.9 | 0.3 | 0.3 | 75.7 | 50.6 | 75.5 |
|                                  | TETSUR                         | 21.6 | 0.1 | 0.5 | 74.7 | 49.1 | 74   |
|                                  | Sol del Norte                  | 29.1 | 0.1 | 0   | 74.4 | 49.9 | 74.8 |

|   |                                      |      |     |     |      |      |      |
|---|--------------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|
| Viernes 20<br>de<br>diciembre<br>del 2019 | Troya                                | 26.1 | 0   | 0   | 74.3 | 49.3 | 74.2 |
|   | Malca                                | 22.5 | 0.1 | 0.1 | 72.9 | 48.8 | 73.7 |
|   | Crucero<br>Jaén/Turismo<br>Fernández | 27.7 | 0.2 | 0.2 | 74.5 | 50   | 74.9 |
|   | Sr. de<br>Huamantanga                | 24.2 | 0.1 | 0.3 | 73.6 | 49.3 | 74.2 |
|   | TETSUR                               | 20.4 | 0.1 | 0.5 | 73.1 | 49   | 73.9 |
| Sábado 21<br>de<br>diciembre<br>del 2019  | Sol del Norte                        | 29.7 | 0.2 | 0   | 75   | 50   | 74.9 |
|   | Troya                                | 23.7 | 0   | 0   | 73.4 | 48.8 | 73.7 |
|   | Malca                                | 22   | 0.1 | 0.2 | 73.1 | 48.8 | 73.7 |
|   | Crucero<br>Jaén/Turismo<br>Fernández | 27.7 | 0.2 | 0.3 | 74.6 | 50   | 74.9 |
|   | Sr. de<br>Huamantanga                | 24   | 0   | 0.3 | 73.9 | 49.2 | 74.1 |
|   | TETSUR                               | 22.9 | 0.1 | 0.3 | 73.5 | 49.1 | 74   |
| Domingo<br>22 de<br>diciembre<br>del 2019 | Sol del Norte                        | 25.4 | 0.1 | 0   | 73.8 | 49.2 | 74.1 |
|   | Troya                                | 21.1 | 0   | 0   | 73.1 | 21.1 | 73.2 |
|   | Malca                                | 19.6 | 0   | 0   | 72   | 48   | 72.9 |
|   | Crucero<br>Jaén/Turismo<br>Fernández | 30.9 | 0.1 | 0.4 | 75.4 | 50.4 | 75.3 |
|   | Sr. de<br>Huamantanga                | 29.9 | 0.3 | 0.3 | 75.5 | 50.4 | 75.3 |
|   | TETSUR                               | 20.3 | 0.1 | 0.5 | 75   | 48.9 | 73.8 |

## Anexo 6: Estándares de Calidad Ambiental para ruido

| <b>Zonas de aplicación</b>  | <b>LAeqT (dB)</b> |                 |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
|                             | <b>Diurno</b>     | <b>Nocturno</b> |
| Zona de Protección Especial | 50                | 40              |
| Zona Residencial            | 60                | 50              |
| Zona Comercial              | 70                | 60              |
| Zona Industrial             | 80                | 70              |

Fuente: D.S. N° 085-2003-PCM

## Anexo 7: Panel fotográfico



Sonómetro Integrador Clase 1



Georreferenciación del terminal terrestre Malca



Georreferenciación del terminal terrestre TETSUR



Georreferenciación del terminal terrestre Crucero Jaén/Turismo Fernández



Georreferenciación del terminal terrestre Señor de Huamantanga



Georreferenciación del terminal terrestre Troya



Georreferenciación del terminal terrestre Señor de Huamantanga



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Señor de Huamantanga



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Troya



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Malca



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Señor de Huamantanga



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre TETSUR



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Crucero Jaén/Turismo Fernández



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Crucero Jaén/Turismo Fernández



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre TETSUR



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre TETSUR



Monitoreo de ruido en el terminal terrestre Sol del Norte



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido



Evidencia de tráfico fluido