

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DEL RUIDO PERCIBIDO POR LOS
USUARIOS DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA 1 DEL METRO DE LIMA**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

HECTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA

ASESOR:

CARLOS ROLANDO JIMÉNEZ DIANDERAS

Lima, NOVIEMBRE, 2021

RESUMEN

El ruido supone un tipo de contaminación ambiental al que no se le da la relevancia requerida en países como el nuestro dado que hay problemas más urgentes y tangibles que requieren atención. Por este motivo existe un escaso conocimiento público sobre este fenómeno y sus implicancias en el Perú. Generalmente, es en países de la Unión Europea donde se le ha dado mayor importancia, tal como lo evidencia la basta cantidad de normas y recomendaciones que se anuncian en países referentes en acústica y en la Organización Mundial de la Salud, respectivamente. Principalmente este último detalla en sus estudios el impacto negativo para el bienestar y la salud de las personas que puede generar el ruido ambiental a mediano o largo plazo si es que no se toman medidas preventivas y de control de ruido.

La tesis busca analizar esa problemática dentro del contexto de la ciudad de Lima y caracteriza el ruido percibido por los usuarios en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima debido a que este es un medio de transporte masivo que recibe, en cada estación, un gran flujo de personas cada día, las cuales pueden sufrir efectos derivados por la exposición al ruido. Además, debido a que los usuarios del servicio también están expuestos al ruido de los vehículos de las avenidas circundantes, se hace importante conocer la incidencia de dicho contaminante sobre ellos. Es por esto que se miden los niveles de presión sonora en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en períodos horarios y ubicaciones representativos haciendo uso de instrumentación validada. Luego, se determina la percepción de los usuarios respecto al ruido en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima mediante encuestas. Finalmente, se hace una comparación de los niveles de ruido registrados en las estaciones evaluadas con los límites establecidos por la normatividad nacional e internacional y se caracteriza la respuesta de frecuencia del ruido registrado.

Como resultado de la investigación se obtuvo que la totalidad de las estaciones sobrepasan los límites permitidos de ruido que recomiendan la normativa peruana y organismos como la OMS para asegurar la tranquilidad y la salud física, fisiológica y mental de los usuarios. Estos resultados se corroboran con la percepción de los pasajeros recopilada en las encuestas y pone sobre la mesa un problema ambiental a gran escala que afecta día a día la salud de los que utilizan el metro y laboran dentro o fuera de sus instalaciones. Es por ello que el problema debe ser tratado de manera multisectorial con el fin de salvaguardar la integridad de los usuarios del servicio de transporte más importante del país.

Palabras clave: Ruido, Acústica Ambiental, Línea 1 del Metro de Lima

ABSTRACT

Noise supposes a type of environmental pollution that doesn't receive the attention that it deserves because in countries like Peru there are more dangerous problems that deserves primary attention. Due to this, there is a poor public knowledge about this phenomenon and its impact in the environment. Generally, in the European Union's countries noise pollution receives more attention by authorities. That explains the several numbers of studies and recommendations given by countries with developed studies of Acoustics and the World Health Organization. This mainly explains the negative impact in health that cause noise pollution trough time if proper actions are no taken.

The investigation analyzes this problem in Lima by the characterization of noise perceived by users in the stations of Línea 1 del Metro de Lima. It is studied because the metro is a massive public transport that is used for a big amount of people everyday that can be in danger due to noise exposition. In addition, because of the users of the metro are exposed to traffic noise, it is relevant to know that impact of noise at the stations.

Given that the sound pressure level is registered by proper instrumentation in the facilities of the metro in time and periods that represent the acoustic condition of the stations. Then, public perception of noise in the facilities of the metro is determined by surveys. Finally, a comparison between noise pressure level registered and the maximum limits established by national and international regulation is made, along with the characterization of the frequency spectrum of the noise measurement.

As a result of the study all of the stations exceeds the maximum limits established by peruvian regulation and the World Health Organization. This means that physical and mental health of the users can be in danger. These results are verified by user's perception and let us state that the users of the metro can be suffering a systematic harm everyday that can be worst in the future. That is why this problem must be treated in several ways in order to guarantee the safety of the users of the most important public transport of Peru.

Keywords: Noise, Environmental Acoustics, Línea 1 del Metro de Lima



Gracias a mis padres, quienes me apoyaron a lo largo de la tesis tanto en casa como en campo. Gracias al profesor Richard Rivera por brindarme su tiempo y consejos. Agradezco también al MTC por proporcionarme todas las facilidades para realizar la investigación y finalmente gracias a mi asesor por todo su tiempo y mentoría a lo largo de estos años.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| RESUMEN | ii |
| ABSTRACT | iii |
| TABLA DE CONTENIDOS | v |
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE TABLAS | viii |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Formulación del problema | 1 |
| 1.2. Hipótesis | 1 |
| 1.3. Justificación del problema | 1 |
| 1.4. Objetivos | 3 |
| 1.5. Alcance del proyecto | 3 |
| 1.6. Normativa vigente | 3 |
| 2. MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| 2.1. El ruido | 5 |
| 2.2. Contaminación acústica | 9 |
| 2.3. Sistemas de transporte masivo: metro | 10 |
| 2.4. El ruido en sistemas de transporte masivo: metro | 13 |
| 2.5. La Línea 1 del Metro de Lima | 18 |
| 2.5.1. Contexto del transporte en Lima Metropolitana..... | 18 |
| 2.5.2. Reseña histórica de la Línea 1 del Metro de Lima | 19 |
| 2.5.3. Descripción de la Línea 1 del Metro de Lima | 20 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1. Revisión de la normativa | 25 |
| 3.1.1. Diseño del plan de medición | 26 |
| 3.1.2. Metodología de la medición | 29 |
| 3.2. Trabajo de campo | 34 |
| 3.2.1. Medición de los niveles de presión sonora..... | 34 |
| 3.2.2. Determinación de la percepción de usuarios | 39 |
| 4. RESULTADOS | 41 |
| 4.1. Mediciones exploratorias referenciales de los niveles de presión sonora | 41 |
| 4.2. Registro de los niveles de presión sonora | 47 |
| 4.3. Encuesta al público usuario | 61 |
| 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 62 |
| 5.1. Caracterización acústica de las estaciones | 62 |
| 5.2. Percepción del público usuario | 68 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 77 |
| 6.1. Conclusiones | 77 |
| 6.2. Recomendaciones | 81 |
| 7. REFERENCIAS | 83 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2-1 Niveles de ruido y sus efectos en el ser humano Tomado de Bruna 2019..... | 6 |
| Figura 2-2 Primera línea de tren subterráneo en Londres Tomado de <i>Caracterización acústica de estaciones de metro. Caso de estudio: Metro de Oporto</i> por Nascimento, 2018 | 11 |
| Figura 2-3 Red Básica del Metro de Lima y Callao Tomado de <i>Metro de Lima, el caso de la línea 1</i> por CAF, 2015 | 13 |
| Figura 2-4 Propagación del sonido Tomado de <i>Transit Noise and Vibration Impact Assessment</i> por FTA, 2006 | 14 |
| Figura 2-5 Espectro de sonido de un metro en una curva en estructura elevada Tomado de <i>Transit Noise and Vibration Impact Assessment</i> por FTA, 2006 | 14 |
| Figura 2-6 Área de influencia de la Línea 1 del Metro de Lima Tomado de Informe de desempeño 2019. Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1 por Ositran, 2019..... | 21 |
| Figura 2-7 Estaciones Metro de Lima Modificado de Informe de Sostenibilidad 2018 por Línea 1 del Metro de Lima, 2018..... | 21 |
| Figura 2-8 Estación Villa El Salvador Tomado de Google imágenes | 23 |
| Figura 2-9 Estación La Cultura Tomado de Google imágenes..... | 23 |
| Figura 2-10 Estación Atocongo Tomado de Google imágenes..... | 23 |
| Figura 2-11 Estación San Borja Sur Tomado de Google imágenes..... | 24 |
| Figura 2-12 Cobertura tipo 1 Estación Miguel Grau Tomado de Google imágenes | 24 |
| Figura 2-13 Cobertura tipo 2 Estación Villa María Tomado de Google imágenes | 25 |
| Figura 3-1 Flujograma de la metodología..... | 25 |
| Figura 3-2 Micrófono de medición Behringer ECM 8000 | 28 |
| Figura 3-3 Patrón polar y frecuencia de respuesta del Behringer ECM 8000 | 28 |
| Figura 3-4 Interfaz de audio Behringer U-Phoria UMC202HD | 29 |
| Figura 3-5 Calibración de la interfaz de audio..... | 31 |
| Figura 3-6 Tráfico de pasajeros por rango de horarios Tomado de <i>Reporte Estadístico Bimestral diciembre 2020</i> por Ositran, 2020..... | 35 |
| Figura 3-7 Tráfico de pasajeros por estaciones Tomado de <i>Reporte Estadístico Bimestral diciembre 2020</i> Ositran, 2020..... | 35 |
| Figura 3-8 Ubicación de puntos de medición – Estructura elevada..... | 39 |
| Figura 3-9 Ubicación de puntos de medición – Estructura a nivel de la calle..... | 39 |
| Figura 4-1 SPL en andén sin tren y con tren – Estación San Carlos | 44 |
| Figura 4-2 SPL en andén sin tren y con tren – Estación Caja de Agua | 45 |
| Figura 4-3 SPL en andén sin tren y con tren – Estación Parque Industrial | 45 |
| Figura 4-4 Estaciones seleccionadas para medición Modificado de Informe de Sostenibilidad 2018 por Línea 1 del Metro de Lima, 2018 | 47 |
| Figura 4-5 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Villa El Salvador..... | 49 |
| Figura 4-6 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Villa El Salvador..... | 49 |
| Figura 4-7 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación San Juan | 50 |
| Figura 4-8 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación San Juan | 50 |
| Figura 4-9 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Atocongo..... | 51 |
| Figura 4-10 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Atocongo..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Figura 4-11 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Cabitos | 52 |
| Figura 4-12 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Cabitos | 52 |
| Figura 4-13 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación San Borja Sur | 53 |
| Figura 4-14 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación San Borja Sur | 53 |
| Figura 4-15 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación La Cultura | 54 |
| Figura 4-16 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación La Cultura | 54 |
| Figura 4-17 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Gamarra..... | 55 |
| Figura 4-18 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Gamarra..... | 55 |
| Figura 4-19 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Miguel Grau..... | 56 |
| Figura 4-20 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Miguel Grau..... | 56 |
| Figura 4-21 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Presbítero Maestro | 57 |
| Figura 4-22 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Presbítero Maestro | 57 |
| Figura 4-23 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Pirámide del Sol..... | 58 |
| Figura 4-24 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Pirámide del Sol..... | 58 |
| Figura 4-25 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Los Jardines | 59 |
| Figura 4-26 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Los Jardines | 59 |
| Figura 4-27 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Bayóvar..... | 60 |
| Figura 4-28 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Bayóvar..... | 60 |
| Figura 5-1 Resultados Pregunta 1: Tipo de usuario..... | 69 |
| Figura 5-2 Resultados Pregunta 2: Edad..... | 69 |
| Figura 5-3 Resultados Pregunta 3: Sexo..... | 70 |
| Figura 5-4 Resultados Pregunta 4: ¿Cuál es su tiempo de permanencia en la estación un día cotidiano?..... | 70 |
| Figura 5-5 Resultados Pregunta 5: Considera que su capacidad auditiva es: | 71 |
| Figura 5-6 Resultados Pregunta 6: Mencione hasta 3 principales fuentes de ruido que percibe en esta zona de la estación | 71 |
| Figura 5-7 Resultados Pregunta 7: ¿Le genera molestia el ruido percibido en las estaciones? | 72 |
| Figura 5-8 Gráfico comparativo del nivel de molestia del ruido entre estaciones analizadas .73 | |
| Figura 5-9 Resultados Pregunta 8: De los sonidos percibidos, mencione hasta 2 que más le moleste:..... | 73 |
| Figura 5-10 Resultados Pregunta 9: ¿En qué horario del día percibe más ruido? | 74 |

| | |
|---|----|
| Figura 5-11 Resultados Pregunta 10: ¿Considera que el ruido percibido en las estaciones es un tipo de contaminante que afecta su calidad de vida? | 74 |
| Figura 5-12 Resultados Pregunta 11: De los siguientes efectos que puede provocar el ruido, indique aquellos que haya podido experimentar durante su estancia en las estaciones: | 75 |
| Figura 5-13 Resultados Pregunta 12: ¿Tiene conocimiento de alguna norma que regule el ruido ambiental?..... | 76 |
| Figura 5-14 Resultados Pregunta 13: Si desea realizar alguna denuncia sobre contaminación por ruido ¿a qué autoridad debe dirigirse?..... | 77 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2-1 <i>Efectos sobre la salud debido al ruido en distintos ambientes</i> | 8 |
| Tabla 2-2 <i>Estándares de Calidad Ambiental para ruido por zona de aplicación</i> | 10 |
| Tabla 2-3 <i>Primeras 20 líneas de metro</i> | 12 |
| Tabla 2-4 <i>Tiempo de exposición permitido para niveles de ruido según diferentes estándares</i> | 15 |
| Tabla 2-5 <i>Registro de nivel de ruido en Metro de Oporto</i> | 16 |
| Tabla 2-6 <i>Especificaciones trenes</i> | 22 |
| Tabla 3-1 <i>Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro</i> | 27 |
| Tabla 3-2 <i>Identificación y percepción del ruido en las estaciones</i> | 37 |
| Tabla 4-1 <i>Resultados de mediciones exploratorias en estaciones</i> | 43 |

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de un entorno de ciudad las actividades del hombre generan diversos tipos de ruido. Las personas expuestas a altos niveles de ruido por tiempo prolongado pueden desarrollar daños a la salud que pueden deteriorar su calidad de vida. Esta situación puede darse en distintos espacios de la ciudad, como por ejemplo establecimientos de medios de transporte y paraderos de autobuses. En Lima, una infraestructura de gran importancia a nivel de transporte público es la Línea 1 del Metro de Lima, la cual es el contexto donde se desarrolla la tesis.

1.1. Formulación del problema

La Línea 1 del Metro de Lima es un sistema de transporte masivo que moviliza, a diario, más de medio millón de personas (Ositran, 2019). Es en las estaciones donde se aglomera la gente, ya sea porque se pueden llegar a formar largas colas para entrar al servicio o porque en la entrada de acceso se posicionan vendedores ambulantes y demás que contribuyen a que el desorden sea notorio. Esta realidad, sumada al caos proveniente del transporte motorizado circundante a la estación y a la circulación del mismo tren, hacen que un problema ambiental se ponga en evidencia: el ruido. Dicho fenómeno ha resultado tener consecuencias negativas en la salud de las personas (OMS, 1999) y es por este motivo que será el objeto de estudio.

1.2. Hipótesis

Los niveles de ruido percibidos en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima sobrepasan los límites recomendados por la normativa nacional e internacional.

1.3. Justificación del problema

Lima Metropolitana destaca por los altos niveles de ruido urbano debido al acelerado crecimiento demográfico y a la desproporcionada y muchas veces desordenada expansión territorial que, sumado al deficiente sistema de transporte, hacen que gran cantidad de

vehículos motorizados circulen y congestionen, principalmente, las rutas y zonas comerciales de la ciudad. Dichos niveles fueron registrados en un estudio elaborado por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el 2016 en donde se evidencia la contaminación acústica a la que está sometida la capital y se comprueba que la principal fuente del ruido es el transporte motorizado.

Siguiendo esta misma línea, el documento *Guías para el Ruido Urbano* (OMS, 1999) define el ruido ambiental o urbano como el ruido emitido por el tránsito motor, ferroviario y aéreo, construcción, obras públicas y vecindario que puede provocar malestar y daños a la salud tales como dolencias cardiovasculares, molestia en los oídos, problemas de sueño, pérdida de la audición, déficit cognitivo, entre otros.

Para el estudio se escogió el servicio de la Línea 1 del Metro de Lima, ya que es un sistema de transporte que se superpone a avenidas importantes y de gran congestión en la ciudad puesto que su recorrido presenta un tramo donde las vías del tren pasan al nivel de la calle y otro donde el sistema atraviesa la ciudad de manera elevada (entre 6 a 8 metros por sobre el nivel del suelo), el sonido generado durante su recorrido, sumado al del tráfico vehicular, incide directamente en los usuarios de las estaciones del servicio de metro.

Debido al uso masificado de la Línea 1 del Metro de Lima, es posible que la problemática del ruido en las estaciones del metro pueda suponer un perjuicio a la salud de los usuarios si es que se comprueba que se superan los límites permitidos. Dada las condiciones actuales de contaminación sonora en la ciudad es muy probable que ese sea el caso y es por eso que se hará la caracterización acústica del ruido percibido por los usuarios de las estaciones del metro.

1.4. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Determinar y caracterizar los niveles de ruido urbano percibidos por los usuarios de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Medir los niveles de presión sonora en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en períodos horarios y ubicaciones representativos
- 2) Determinar la percepción de los usuarios respecto al ruido en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima mediante encuestas
- 3) Comparar los niveles de ruido registrados en las estaciones evaluadas con los límites recomendados por la normativa nacional e internacional

1.5. Alcance del proyecto

Realizar la caracterización acústica del ruido percibido por los usuarios de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima en horarios y ubicaciones representativos para conocer si se cumplen los límites de ruido recomendados por los estándares vigentes y así dar pie a futuros proyectos de investigación que tomen como punto de partida el estudio realizado.

1.6. Normativa vigente

La regulación y la normativa en materia del ruido y cómo afecta a las ciudades es un tema que ha sido abordado en su conjunto principalmente por la Unión Europea y la OMS. Una prueba de ello es que en el 2002 se establecieron lineamientos para el control y la evaluación de la contaminación sonora mediante el documento “EU Directive 2002/49/EC” para los países miembros de la Unión Europea. Con relación a esta política se constituyó la European Environment Agency (EEA) la cual emitió un reporte en el 2014 sobre la situación del ruido en Europa. De este reporte se concluyó que el ruido

provocado por el transporte ferroviario es el segundo con mayor impacto en la contaminación acústica, seguido del transporte motorizado. El reporte estima que 9.5 millones de personas en Europa están expuestas al ruido de metros en las ciudades (EEA, 2014), lo cual es una muestra que, en ciudades globales, el ruido en sistemas de metro tiene un gran impacto negativo que debe ser regulado.

En el ámbito nacional, el gobierno, a través del Ministerio del Ambiente, adoptó los lineamientos recomendados por la OMS y se establecieron medidas para la prevención, control y fiscalización de la contaminación acústica.

Entre los principales documentos normativos y de gestión ambiental se tiene el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido Decreto Supremo N° 085-2003-PCM, en el cual se establecen límites máximos permitidos de ruido y se instituyen los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) de ruido a fin de proteger la salud y mejorar la calidad de vida de las personas. Para ello recomienda que tanto las municipalidades provinciales como las distritales tienen como deber monitorear la contaminación sonora y fiscalizar en caso se incumpla con el reglamento.

Más adelante se aprobó, como consecuencia del decreto anterior, el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental mediante el Decreto Supremo N° 227-2013-MINAM, el cual tiene como objetivo establecer metodologías, técnicas y procedimientos que deben adoptarse para un monitoreo de ruido ambiental adecuado. Este protocolo es de carácter nacional y debe ser usado por cualquier entidad pública o privada para comparar lo medido con los ECA del ruido establecidos en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. El ruido

El ruido se define como cualquier sonido no deseado. Si el ruido emitido es provocado por tránsito motor, ferroviario, aéreo, obras públicas, entre otros, se denomina ruido urbano o ambiental, y ruido ocupacional, si se incluyen actividades industriales (OMS, 1999).

El nivel de presión sonora indica cuán intenso se percibe el ruido y se cuantifica mediante la unidad decibel (dB) (OEFA, 2016). Con esta unidad, se cuantifica el nivel de presión sonora que se propaga a través de un medio elástico, como lo es el aire. A través de este medio, las perturbaciones moleculares llegan al pabellón de la oreja y por el sistema auditivo se transmiten al cerebro donde se perciben dichas perturbaciones como impulsos electroquímicos que son interpretadas como sonido y son registradas como sonoridad (debido a características físicas y fisiológicas) (Moreno, 1990). Es por esta razón que la manera de cuantificar el sonido que capta una persona se realiza mediante los niveles de presión sonora con la ponderación A ($L_{Aeq, T}$) (que expresa sonoridad) (OMS, 2004) y es el valor que se usará para referirse al ruido al que están expuestas las personas. Por ejemplo, según la OMS en el texto *Guías para el ruido urbano* (OMS, 1999), un nivel aceptable de ruido al aire libre es de 55dB(A) en horario diurno antes de que represente la molestia para la persona.

Para fines de medición de ruido, en el Perú se definen los horarios diurno y nocturno. El horario diurno corresponde a un periodo comprendido desde las 07:01 horas hasta las 22:00, mientras que desde las 22:01 horas hasta las 07:00 horas del día siguiente le corresponde al horario nocturno. Otro término a definir es el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A ($L_{Aeq, T}$). Esta unidad indica el nivel de presión sonora constante expresado en decibeles A que en el mismo intervalo de tiempo (T)

contiene la misma energía total que el sonido medido (MINAM, 2003). Este parámetro servirá para comparar los niveles actuales percibidos en las estaciones de la línea 1 con la normativa nacional y demás estándares internacionales. Los niveles de ruido se pueden ejemplificar en la figura 2-1.



Figura 2-1 Niveles de ruido y sus efectos en el ser humano
Tomado de Bruna 2019

Los efectos sobre la salud son varios y afectan negativamente al bienestar de las personas (OMS, 1999). Entre los principales efectos se tienen: la audición, el sueño, la alteración de las funciones fisiológicas, el rendimiento y la conducta social. En el primero, se da la pérdida parcial o permanente de la audición, conocida como hipoacusia. Esto se produce debido a una exposición al ruido alto en intensidad y duración (OMS, 1999). Por ejemplo, luego de pasar más de 6 horas en un ambiente de discoteca se pierde temporalmente la sensibilidad de la audición, la cual se recupera de forma casi completa a

las dos horas y de forma completa al cabo de 16 horas de cesado el ruido solo si se está en un espacio donde prima el confort acústico, al menos 50 dB(A) (Licla, 2016). La exposición continua a altos niveles de ruido agrava la capacidad auditiva en el tiempo y cada vez se hace más lenta la recuperación al cesar la exposición al ruido, llegándose al punto de que la pérdida de la audición sea permanente (Licla, 2016).

Sobre el sueño se generan efectos adversos debido al ruido ambiental como dificultad para conciliar el sueño e interrupción del sueño, además de generar fatiga y bajo rendimiento (WHO, 2018).

En los efectos sobre funciones fisiológicas, se observa que la presión arterial y el riesgo de hipertensión se incrementan en trabajadores expuestos a altos niveles de ruido industrial durante 5 a 30 años (WHO, 2018).

En los efectos sobre el rendimiento, el ruido puede perjudicar el rendimiento de los procesos cognitivos de trabajadores en sus labores y de niños en los colegios ya que se estimula la distracción y el estrés. Entre los efectos cognoscitivos más afectados por el ruido se encuentran la lectura, la atención, la resolución de problemas, entre otros (WHO, 2018). Finalmente, los efectos sobre la conducta social se dan porque el ruido por encima de 80 dB(A) puede reducir la actitud cooperativa y aumentar la actitud agresiva. También se cree que la exposición continua a altos niveles de presión sonora puede incrementar la susceptibilidad de los escolares a sentimientos de desamparo (OMS, 1999).

Para un mayor detalle, la tabla 2-1 indica los efectos del ruido contra la salud según el ambiente específico, el nivel de ruido y el tiempo de exposición.

Es importante hacer énfasis en que todos los efectos mencionados anteriormente pueden estar soslayando la salud de las personas usuarias de la Línea 1 del Metro de Lima y que lo que se busca es comprobar esta realidad mediante la caracterización acústica de las estaciones.

Tabla 2-1
Efectos sobre la salud debido al ruido en distintos ambientes

| Ambiente específico | Efecto(s) crítico(s) sobre la salud | $L_{Aeq,T}$ dB | Tiempo (horas) |
|--|---|-----------------------------------|---------------------|
| Exteriores | Molestia grave en el día y el anochecer. | 55 | 16 |
| | Molestia moderada en el día y anochecer | 50 | 16 |
| Interior de la vivienda, dormitorios | Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer | 35 | 16 |
| | | 30 | 8 |
| Fuera de los dormitorios | Transtorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores) | 45 | 8 |
| Sala de la clase e interior de los centros preescolares | Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje | 35 | Durante clases |
| Dormitorios de centros preescolares, interiores | Transtorno del sueño | 30 | Durante el descanso |
| Escuelas, áreas exteriores de juego | Molestia (fuentes externas) | 55 | Durante el juego |
| Hospitales, pabellones, interiores | Transtorno del sueño durante la noche. Transtorno del sueño durante el día y al anochecer | 30 | 8 |
| | | 30 | 16 |
| Hospitales, salas de tratamiento, interiores | Interferencia en el descanso y la recuperación | Lo más bajo posible | |
| Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores | Deficiencia auditiva | 70 | 24 |
| Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento | Deficiencia auditiva (no más de 5 veces al año) | 100 | 4 |
| Discursos públicos, interiores y exteriores | Deficiencia auditiva | 85 | 1 |
| Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes | Deficiencia auditiva (valor de campo libre) | 85 (valor a campo libre) | 1 |
| Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación | Interrupción de la tranquilidad | Se debe preservar la tranquilidad | |

Nota: Modificado de *Guías para el ruido urbano* por OMS, 1999

2.2. Contaminación acústica

La contaminación acústica es un fenómeno ocasionado por el ruido que afecta el bienestar de las personas. En las ciudades se genera el ruido urbano y existen varios casos de estudio acerca de este tipo de contaminación como, por ejemplo, el estudio elaborado por Casas, Betancur y Montaña (2014), que da a conocer los niveles de ruido en ciudades como Bogotá que, por lo general, sobrepasan los 80 dB(A) y son ocasionados principalmente por el tráfico vehicular, actividades comerciales o el sector construcción. Otro estudio similar, que ayuda a poner en relieve el paulatino daño que sufren las personas a causa de la contaminación acústica, fue el elaborado por la Universidad Austral de Chile en el 2014, en cual se observa que los niveles de ruido de la Gran Santiago pueden llegar hasta los 80 dB(A) en carreteras de alto flujo vehicular.

En el contexto nacional, se realizó una campaña de medición en el 2015 por la OEFA en Lima y Callao para conocer los niveles de presión sonora a la que estaban expuestos los ciudadanos, de la cual se concluyó que, en Lima, el 90% de los puntos medidos superan los ECA del ruido (ver tabla 2-2) y en el Callao, en su totalidad, están por encima de los 70 dB(A). Para dar un panorama cualitativo que sirva para confirmar el alto ruido en la capital, se elaboraron encuestas de percepción de las personas de Lima y Callao ante el ruido (Lima Cómo Vamos, 2019). Los resultados indicaron que en el año en que se emitió el reporte de la OEFA (2015) el 52.2% de encuestados en Lima se encontraba insatisfecho con el control de niveles de ruido en las calles, mientras que en Callao fue de 52%. Más críticos aún fueron los resultados del 2019, donde la insatisfacción al control de niveles de ruido en las calles de Lima fue de 66.5%, y en Callao fue de 70.8%.

Con el objetivo de controlar la contaminación acústica, se definen los ECA como Estándares de Calidad Ambiental, los cuales establecen el nivel de concentración de elementos o sustancias presentes en el aire, agua o suelo que no representa un riesgo

significativo para la salud de las personas o el ambiente (OEFA, 2015). De esta forma, es posible diseñar normas legales y políticas públicas en beneficio de la sociedad.

Tabla 2-2
Estándares de Calidad Ambiental para ruido por zona de aplicación

| Zona de aplicación | Valores expresados: (LAeq,T) | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------|
| | Horario diurno | Horario nocturno |
| Zona de protección especial | 50 dB | 40 dB |
| Zona residencial | 60 dB | 50 dB |
| Zona comercial | 70 dB | 60 dB |
| Zona industrial | 80 dB | 70 dB |

Nota: Tomado de Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido por MINAM, 2003

La gestión ambiental del ruido engloba las acciones que tienen como objetivo prevenir o reducir la contaminación acústica a la que está sometida la población y preservar el confort acústico. En el Perú, las principales entidades reguladoras y fiscalizadoras del ruido ambiental son el Ministerio del Ambiente, los gobiernos regionales y las municipalidades provinciales y distritales.

2.3. Sistemas de transporte masivo: metro

El metro es un sistema de transporte masivo que tiene grandes resultados si se trata de resolver el problema de transporte público en una ciudad global. Según Winston y Larger (2004) la congestión vial se reduce en ciudades cuya oferta de metro se expande, pero crece al aumentar la oferta de buses. Esto ocurre porque los buses compiten entre sí por la vialidad existente, de tal manera que se contribuye a la congestión vial. En ciudades donde se ha implementado el servicio de metro, el índice de congestión antes de la implementación crecía en 2.8% anual, mientras que luego de implementar el servicio de metro el índice aumentaba solo en 1.5% anual (Winston & Larger, 2004). Otros beneficios que trae consigo el uso del metro, aparte de reducir tiempos de viaje e incentivar la reducción voluntaria del automóvil, es que los niveles de contaminación

ambiental disminuyen (De Grange, 2010). Este último dato es muy importante porque interconecta el problema del tráfico con la contaminación ambiental e indica que el metro mejora el sistema de transporte al hacerlo más eficiente y saludable. Sin embargo, probablemente el contaminante ruido siga siendo un problema que deba ser estudiado.

Primeras líneas de metro

A partir del siglo XIX, debido a la gran influencia de la revolución industrial, ciudades como Londres tuvieron un gran crecimiento y una imperiosa necesidad de movilidad que devino en problemas de tráfico. Para resolver ello, la primera línea de tren subterráneo abrió en 1863 y, en solo unos meses de operación, ya transportaba cerca de 26000 pasajeros al día. La figura 2-2 muestra un vagón de la primera línea del subterráneo y la gran acogida que tuvo. Sin embargo, la contaminación generada por el humo de las locomotoras causaba gran malestar en los usuarios dado que las líneas eran subterráneas y no permitía la renovación del aire. Es así que se cerró la línea a pesar de los intentos de adaptar los túneles para una mejor ventilación (Nascimento, 2018).



Figura 2-2 Primera línea de tren subterráneo en Londres
Tomado de *Caracterización acústica de estaciones de metro. Caso de estudio: Metro de Oporto*
por Nascimento, 2018

El problema logró solucionarse gracias a la electrificación de los túneles y en 1890 abrió la primera línea de metro, lo cual fue un hecho histórico y su éxito fue tal que llevó a la construcción de otras líneas de metro en el mundo. Por ejemplo, en 1896 se inauguró, como primer sucesor del metro en Londres, el metro de Budapest en Hungría

(Nascimento, 2018). En el siglo XX, varias líneas de metro se construyeron en el mundo, como se muestra en la tabla 2-3.

Tabla 2-3
Primeras 20 líneas de metro

| Ciudad | Año | Ciudad | Año |
|------------|-----------|--------------|------|
| Londres | 1863/1890 | Hamburgo | 1912 |
| Budapest | 1896 | Buenos Aires | 1913 |
| Glasgow | 1896 | Madrid | 1919 |
| Chicago | 1897 | Barcelona | 1924 |
| París | 1900 | Tokio | 1927 |
| Boston | 1901 | Osaka | 1933 |
| Berlín | 1902 | Moscú | 1935 |
| Atenas | 1904 | Estocolmo | 1950 |
| Nueva York | 1904 | Toronto | 1954 |
| Filadelfia | 1907 | Roma | 1955 |

Nota: Tomado de Caracterización acústica de estaciones de metro. Caso de estudio: Metro de Oporto por Nascimento, 2018

En el Perú, desde el año 2012 empezó a operar la Línea 1 del Metro de Lima. Este hecho va en correspondencia con que en las últimas décadas un número creciente de países latinoamericanos han comprendido la importancia de desarrollar sistemas de transporte público de mayor capacidad en sus principales ciudades (CAF, 2015). De este modo, la línea 1 forma parte de la denominada Red Básica del Metro de Lima y Callao (ver figura 2-3), la cual fue aprobada el 2010 y consta de 6 líneas con un total de 165 km de vías férreas (MTC, 2013).



Figura 2-3 Red Básica del Metro de Lima y Callao
Tomado de *Metro de Lima, el caso de la línea 1* por CAF, 2015

2.4. El ruido en sistemas de transporte masivo: metro

Un documento elaborado por la Administración Federal de Transporte de los Estados Unidos (FTA, 2006) dio pautas sobre el ruido y las vibraciones generadas por el paso del sistema ferroviario de metro en sus ciudades. Esta información servirá para comprender mejor cómo funciona el ruido generado por el metro a fin de usarlo en la investigación. A continuación, se muestra lo más relevante para el análisis:

El ruido del metro depende de las características de la fuente y viaja a través de un medio elástico donde el nivel de ruido se atenúa por la distancia y los obstáculos que existan hasta llegar al receptor, como se ve en la figura 2-4.

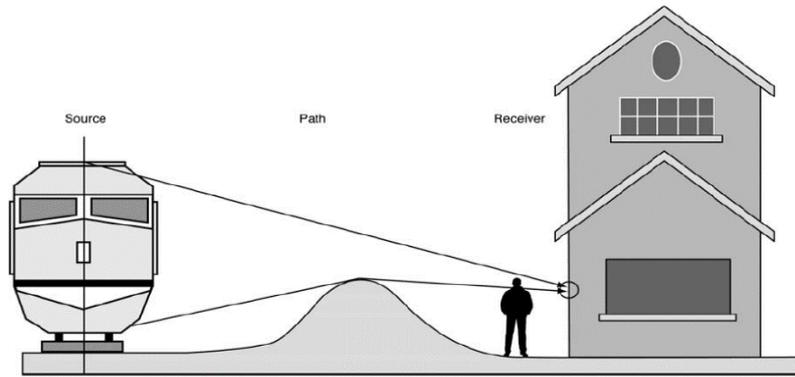


Figura 2-4 Propagación del sonido
Tomado de *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* por FTA, 2006

En la figura 2-5 se muestran los niveles de presión sonora en relación a la frecuencia del sonido para un tren sobre una estructura elevada de acero. El gráfico muestra la relevancia de la baja frecuencia y un pico por encima de los 2000 Hz asociado al chillido de los rieles en una curva.

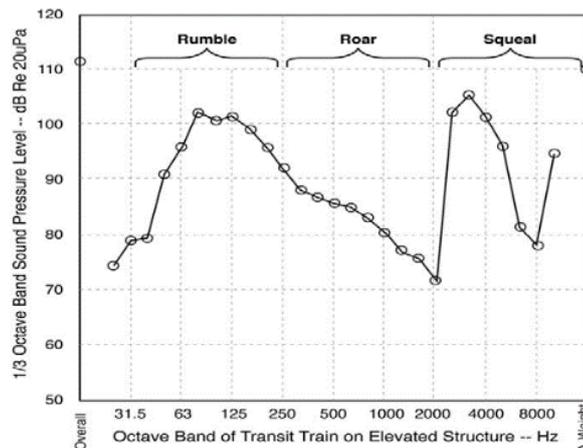


Figura 2-5 Espectro de sonido de un metro en una curva en estructura elevada
Tomado de *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* por FTA, 2006

Diversos estudios toman en consideración el ruido ocupacional al que deben estar expuestas las personas cuando laboran en sus centros de trabajo para tener valores límites de ruido en estaciones de metro, tal como se hizo en el artículo sobre el ruido en el metro de New York (Neitzel, Gershon, Zeltser, Canton y Akram, 2009), donde, en base a la magnitud del ruido y al tiempo de exposición, se determinan valores máximos permitidos. El artículo toma como base las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud

y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos y establece que, para evitar la pérdida de la audición, la exposición diaria debe ser máximo de 24 horas a 70 dB(A), 8 horas a 75 dB(A), 2.7 horas a 80 dB(A), 0.90 horas a 85 dB(A) y 0.30 horas a 90 dB(A). En base a estos parámetros, el artículo concluye que los conductores de metro pueden sufrir la pérdida de la audición ya que están expuestos a un ruido promedio mayor a 80 dB(A) en las líneas de New York con picos de hasta 100 dB(A).

Existen otros estándares para medir el tiempo de exposición al que deben estar sometidas las personas según los niveles de ruido. Los valores fueron desarrollados por entidades de los Estados Unidos, los cuales se muestran a continuación en la tabla 2-4:

Tabla 2-4
Tiempo de exposición permitido para niveles de ruido según diferentes estándares

| | Tiempo de exposición (min) | | | | | |
|---|----------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | 75 dB(A) | 85 dB(A) | 90 dB(A) | 100 dB(A) | 105 dB(A) | 115 dB(A) |
| OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional | >24h | 960 | 480 | 120 | 60 | 15 |
| NIOSH: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional | >24h | 480 | 151 | 15 | 4.5 | 0.5 |
| OMS y EPA: Agencia de Protección Ambiental | 480 | 47.5 | 15 | 15 | 0.5 | 0 |

Nota: Tomado de Noise pollution survey of a two-story intersection station in Teheran metropolitan subway system por Mohammad, 2012

Vale aclarar que esos valores hacen referencia a los límites para que las personas no pierdan la audición de manera gradual, pero en estudios más recientes, como el elaborado por la OMS (WHO, 2018) sobre el ruido en Europa, se recomienda que, para evitar efectos dañinos sobre la salud como alteración del sueño, sensación de molestia o déficit cognoscitivo, el ruido ferroviario debe ser máximo de 54 dB(A) en horario diurno y 44 dB(A) en horario nocturno. La interpretación de estos valores será de vital importancia al momento de la caracterización del ruido de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Resulta importante añadir que, en estudios realizados sobre la acústica en estaciones de metros en el mundo, además de medir el nivel de presión sonora, también miden el TR (tiempo de reverberación) y demás parámetros para determinar la inteligibilidad de la palabra. Esto con el fin de que se pueda dar la comunicación en las estaciones de metro puesto que, al estar ubicadas a nivel subterráneo, en un ambiente totalmente cerrado, se generan muchas reflexiones que hacen que no se pueda entender lo que se conversa o los anuncios a través de los sistemas de publifusión de parte del personal del metro hacia los usuarios, representando una pobre inteligibilidad de la palabra hablada. Sin embargo, al ser la línea 1 un sistema de metro con viaducto a nivel o sobre el suelo, estos factores no son aplicables puesto que la infraestructura de las estaciones se encuentra semiabierta o al aire libre. Es por ello que para el estudio solo se caracterizará el nivel de ruido percibido en las estaciones.

Se tomará como referencia el caso del metro subterráneo de Oporto en Portugal (Nascimento, 2018), en el cual se analizan los niveles de presión sonora (entre otros parámetros) en dos puntos al interior de las estaciones. Este caso se analizará de manera referencial ya que brinda un procedimiento de medición del nivel de presión sonora por etapas en donde la duración de la medición la dicta el paso del tren para la medición en el andén. Bajo esta consideración se obtuvo que, en las tres estaciones seleccionadas, los valores de nivel de presión sonora medidos fueron los siguientes:

Tabla 2-5
Registro de nivel de ruido en Metro de Oporto

| Posición / dBA | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 |
|----------------|------------|------------|------------|
| Andén sin tren | 47.6 | 57.1 | 52.7 |
| Andén con tren | 76.6 | 84.0 | 71.1 |
| Acceso | 58.4 | 62.1 | 56.0 |

Nota: Tomado de Caracterización acústica de estaciones de metro. Caso de estudio: Metro de Oporto por Nascimento, 2018

En ciudades globales de similar realidad a la nuestra también existen diversos estudios que evidencian la problemática del ruido en estaciones del servicio de metro que pueden servir como base para la caracterización del ruido en las estaciones del metro de Lima. A continuación, se detalla el caso de algunos países que servirán para hacer las comparaciones entre el ruido registrado en cada respectivo sistema de metro para así realizar un mejor análisis para el metro de Lima.

En el 2009 se hizo una evaluación del ruido en los andenes del metro de Ciudad de México, el cual consta de líneas subterráneas, superficiales y elevadas. Este medio de transporte cumple un rol fundamental en la movilidad de la ciudad al realizar, en ese entonces, más de 1300 millones de viajes al año a lo largo de sus más de 175 km de vías férreas. En el informe se estudia el ruido en 49 de las 175 estaciones que comprenden las 11 líneas de metro de la capital y su impacto a la salud de los usuarios (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. 2009). Los resultados indicaron que se sobrepasaban los límites de ruido según su normatividad nacional (sin importar si la medición se hacía en hora pico o no pico) ya que en promedio el ruido registrado en hora pico en todas las estaciones fue de 75.80 dB(A) y en hora no pico, 76.05 dB(A). Resulta importante añadir que el ruido en las estaciones subterráneas era mayor entre 1 y 10 dB que las estaciones superficiales o elevadas. Por ejemplo, un valor registrado en estaciones elevadas era del orden de 62.3 dB(A), mientras que en estaciones subterráneas se llegaba hasta 85.8 dB(A). Es importante señalar que, además, se registraron mediciones al interior de los vagones del metro, los cuales llegaban hasta los 92.30 dB(A). Como consecuencia, el ruido generado en algunas estaciones producía daños graduales a la salud al sobrepasar los valores de exposición recomendados por la OMS.

En el 2007 se elaboró un estudio sobre el ruido generado por el metro subterráneo de Santiago de Chile, el cual concluyó que el ruido en el andén del metro fluctuaba entre 80

dB(A) y 85 dB(A), con lo que se consolidaba como el medio de transporte más ruidoso hasta esa fecha (Platzer, Iñiguez, Cevo y Ayala, 2007).

Otro informe, realizado en el 2019, elaboró un estudio sobre el impacto que el metro de Santiago generaba, en términos de hipoacusia, a trabajadores de la ciudad. Cabe resaltar que el sistema realizó, en ese año, más de 700 millones de viajes en sus respectivas 7 líneas de metro a través de más de 125 km de viaducto (Castro, 2019).

En el ámbito nacional, en el 2019 se hizo un estudio sobre los niveles de ruido en los alrededores de la estación Bayóvar de la Línea 1 del Metro de Lima. Este sostuvo que los puntos medidos superaban los 70 dB(A), por lo que excedían los ECA del ruido para una zona comercial, como lo es el entorno de la estación de metro. En dicho estudio se propone un plan para la mitigación del ruido urbano, donde el ordenamiento de los paraderos de colectivos, mototaxis y el control del comercio informal resulta primordial para disminuir el ruido a las afueras de la estación (Yóplac, 2019).

Ahora se pondrá en contexto al sistema de transporte con el propósito de dotar de un panorama integral al estudio del metro y finalmente llegar a estudiar su infraestructura y caracterizar el ruido que incide en las personas al esperar el servicio en las estaciones.

2.5. La Línea 1 del Metro de Lima

2.5.1. Contexto del transporte en Lima Metropolitana

Lima Metropolitana ha experimentado varios procesos migratorios a lo largo de su historia, de los cuales la movilización a la ciudad de la década del 70 generó la idea de crear un metro desde Villa el Salvador hasta los límites históricos del centro de Lima dado que el 43.5% de la población, en ese entonces, era migrante (CAF, 2015). Esta población se instalaba en las periferias de la ciudad formando los denominados “pueblos jóvenes” y su viaje diario al centro de la ciudad, generadora de empleos, significaba trayectos muy largos que desbordaban la oferta de transporte. En los años siguientes,

durante los años 80 y comienzos de los 90 el sistema de buses provisto por la ya desaparecida entidad pública ENATRU era calificado como escaso, poco confiable, inseguro y con vehículos en mal estado (CAF, 2015). La desregulación del transporte introducida en 1991 (Mendiola, et al., 2014) generó el incremento desproporcionado y sin regulación que, a pesar de convertirse en una fuerte fuente de empleo y brindar mayor oferta a la creciente demanda del transporte, generó excesiva congestión vehicular, mayor tasa de accidentes de tránsito, contaminación atmosférica, entre otros (CAF, 2015).

2.5.2. Reseña histórica de la Línea 1 del Metro de Lima

En 1972, Lima Metropolitana tenía 3.3 millones de habitantes (25% del total en el Perú) (CAF,2015). En ese entonces se hizo un estudio de factibilidad que propuso la construcción de 4 líneas de metro subterráneas de 125 km, de la cual, la línea 1 iría desde Villa el Salvador hasta Comas (Consortio Metrolima 1972). Sin embargo, el proyecto se relegó por la falta de capital hasta el primer gobierno de Alan García (1985-1990), el cual creó en 1986, mediante un decreto supremo, la Autoridad Autónoma del Proyecto Especial Sistema Eléctrico de Transporte Rápido Masivo de Lima y Callao (AATE) para la ejecución de las líneas de metro. En el año 1998, pese a los problemas económicos y los conflictos sociales, el proyecto completó los primeros 9.85 km y las 7 estaciones desde Villa el Salvador hasta la estación Atocongo en San Juan de Miraflores (AATE 2018), pero al ser un tramo tan corto no pudo ser operativa. A la par de que aún se hacían estudios para determinar el mejor trazo para la ruta de la línea 1, el emergente proyecto del Metropolitano (COSAC 1) determinó aprovechar la vía expresa para su servicio de corredor segregado y llegar a Comas. Ante este contexto y considerando que el distrito de San Juan de Lurigancho era una zona de alta densidad poblacional con solo una avenida de acceso altamente congestionada, AATE entendió que la demanda cubriría la oferta de metro y decidió dirigir la línea hacia San Juan de Lurigancho. De esta forma, luego de

una serie de concursos, se eligió en el 2010 al consorcio Tren Eléctrico integrado por Odebrecht y Graña y Montero para la ejecución del tramo 1 y 2 del metro. El tramo 1 iría desde la estación Villa el Salvador hasta la estación Grau en Cercado de Lima y el tramo 2 culminaría en la estación Bayóvar, San Juan de Lurigancho (CAF, 2015). Es importante mencionar que en el año 2012 el tramo 1 inició su operación comercial, tanto que en el 2014 el tramo 2 se concretó y la Línea 1 del Metro de Lima, compuesto por ambos tramos, operó en su totalidad.

2.5.3. Descripción de la Línea 1 del Metro de Lima

El sistema de transporte masivo de la Línea 1 del Metro de Lima interconecta 11 distritos a lo largo de sus 26 estaciones en tan solo 54 minutos (Línea 1 del Metro de Lima, 2018). El primer tramo consta de 22.1 km y el segundo, de 11.9 km (Ositran, 2018). El boletín estadístico de febrero del 2020 indica que ha llegado a movilizar más de 500 mil pasajeros por día (Ositran, 2020) en un recorrido que atraviesa zonas de gran importancia comercial y traslada pasajeros de los distritos más poblados de Lima como lo son San Juan de Lurigancho, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador (INEI, 2017). Las figuras 2-6 y 2-7 muestran las 26 estaciones y los distritos a los cuales impacta la línea de metro.

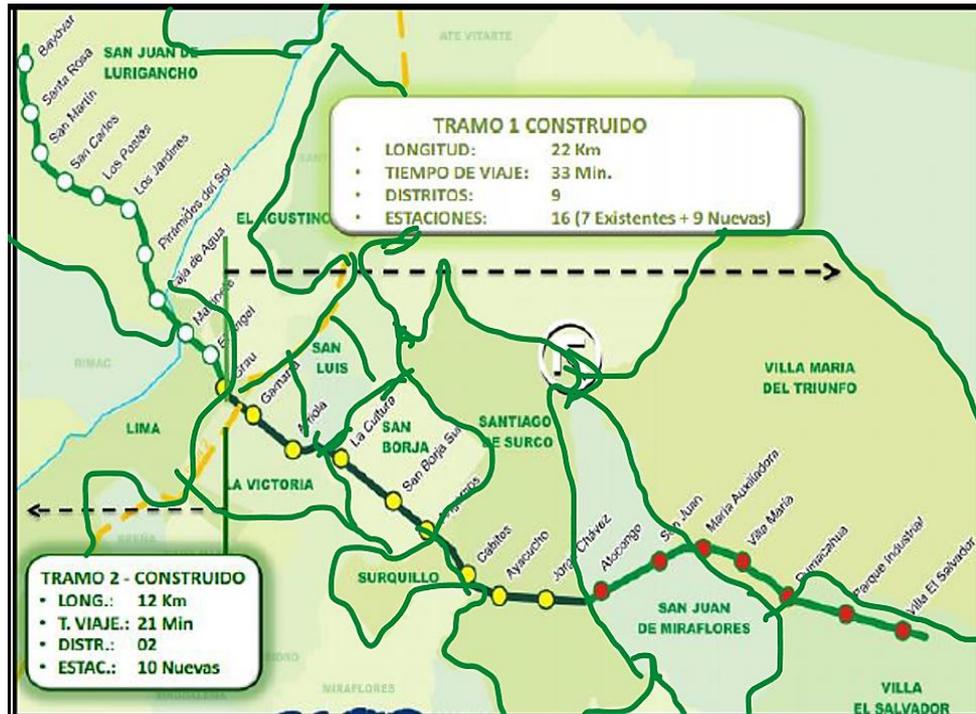


Figura 2-6 Área de influencia de la Línea 1 del Metro de Lima
 Tomado de Informe de desempeño 2019. Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1 por Ositran, 2019



Figura 2-7 Estaciones Metro de Lima
 Modificado de Informe de Sostenibilidad 2018 por Línea 1 del Metro de Lima, 2018

Del total de 34 km de vías férreas, aproximadamente 7 km constituyen un viaducto a nivel de la calle (tramo desde la estación Villa El Salvador hasta la estación San Juan), mientras que el resto se trata de un viaducto elevado (estación Atocongo hasta estación Bayóvar) (AATE, 2018). A inicios del 2019 se culminaron obras de infraestructura complementarias para ampliar la capacidad de las estaciones y mejorar el servicio de tren, entre las cuales destaca la remodelación de las estaciones La Cultura, Villa El Salvador, Miguel Grau, Gamarra y Bayóvar. También se adquirió una nueva flota de trenes, con lo

cual el material rodante existente a la fecha es de un total de 44 trenes de 6 coches cada uno. De esta forma la frecuencia de salida de los trenes se proyectó en intervalos de 3 minutos en hora punta, 6 minutos el resto del día y sábados y domingos cada 6 y 16 minutos respectivamente (Ositran 2018). A continuación, se muestran las especificaciones técnicas de los trenes en la tabla 2-6:

Tabla 2-6
Especificaciones trenes

| Marca | Ansaldo Breda | Alstom |
|------------------------|---|--|
| Modelo | Mb300 | Metrópolis 9000 |
| Año de llegada al Perú | 1989 | 2012 (19 trenes) y 2017 (20 trenes) |
| Año de repotenciación | 2010 | - |
| Formación de tren | 6 coches | 5 coches |
| Capacidad | 1200 pasajeros por tren | 1000 pasajeros por tren |
| Velocidad Max | 90 km/h | 80 km/h |
| Dimensiones | 107040 mm de longitud, 2850 mm de ancho y 2470 mm de alto | 88094 mm de longitud, 2710 mm de ancho y 3545 mm de alto |
| Equipamiento | Aire acondicionado | Aire acondicionado |
| Puertas | 4 puertas por cada lado del coche | 4 puertas por cada lado del coche |
| Espacios | Espacios exclusivos para persona con discapacidad | Espacios exclusivos para persona con discapacidad |

Nota: Adaptado de Descripción histórica del proyecto: Línea 1 del Metro de Lima por AATE, 2018

Tipos de estaciones

Las estaciones se desarrollan en dos niveles (ver figuras 2-8 y 2-9). En las estaciones desde Bayóvar hasta Jorge Chávez el primer nivel corresponde a la parte operativa que permite el acceso a la estación (boleterías, torniquetes, servicios higiénicos, accesos para personas con movilidad reducida, etc) y en el segundo, a la altura del viaducto, se encuentran los andenes que permiten acceder al tren. En las estaciones desde San Juan hasta Villa El Salvador la configuración de los niveles es a la inversa.

- Estación elevada



Figura 2-8 Estación Villa El Salvador
Tomado de Google imágenes

- Estación a nivel de la calle



Figura 2-9 Estación La Cultura
Tomado de Google imágenes

Un caso particular se da en las estaciones Atocongo y San Borja Sur. Para Atocongo, la estación se encuentra semi elevada respecto al nivel de la calle y el viaducto del tren pasa de forma elevada y para San Borja Sur, la estación se encuentra a nivel del suelo dividida por la avenida Aviación. A continuación, se muestran las estaciones mencionadas:

- Estación Atocongo



Figura 2-10 Estación Atocongo
Tomado de Google imágenes

- Estación San Borja Sur



Figura 2-11 Estación San Borja Sur
Tomado de Google imágenes

Vale mencionar que la estación Miguel Grau consta de 3 pisos debido a la afluencia de usuarios que recibe y al comercio interno que alberga.

Respecto al tipo de cobertura que existe en el techo de cada estación se delimitaron dos clases: cobertura tipo 1, la cual consiste en un cerramiento con cobertura metálica apoyado en viguetas de perfil metálico que atraviesan todo el viaducto (como se ve en la figura 2-12) y cobertura tipo 2, en la cual las viguetas de perfil metálico que sostienen la cobertura no terminan de cerrar la zona del viaducto (ver figura 2-13).



Figura 2-12 Cobertura tipo 1 Estación Miguel Grau
Tomado de Google imágenes



Figura 2-13 Cobertura tipo 2 Estación Villa María
Tomado de Google imágenes

3. METODOLOGÍA

Para entender la metodología planteada se elaboró el siguiente flujograma en la figura 3-1, en la cual se colocan los pasos a seguir, tanto para la medición de ruido ambiental (niveles de presión sonora) como para las encuestas de percepción.

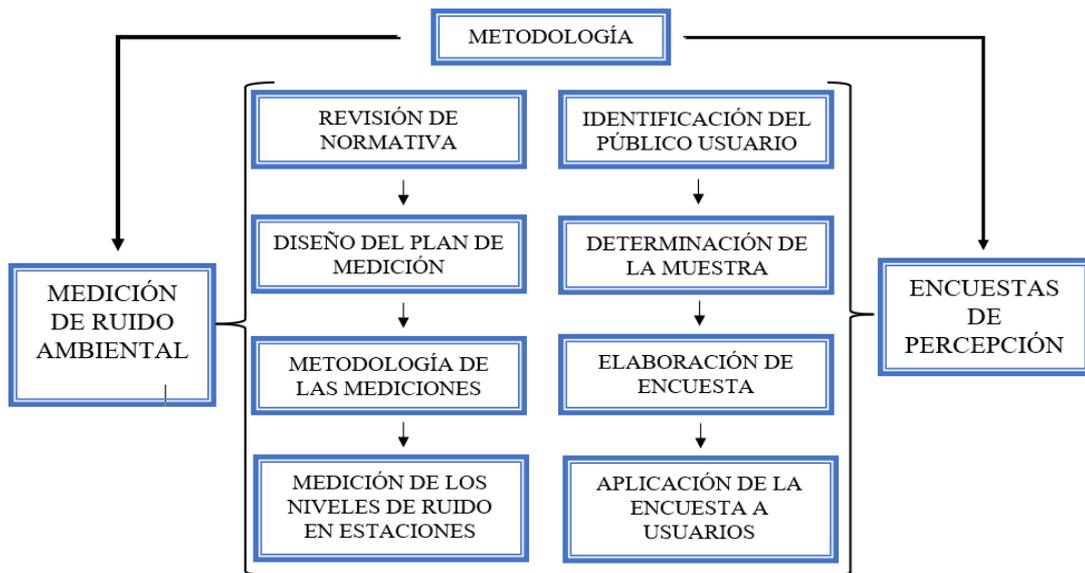


Figura 3-1 Flujograma de la metodología

3.1. Revisión de la normativa

Para realizar la caracterización acústica del ruido percibido por los usuarios en las estaciones de la línea 1 se tomará como referencia el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental (MINAM, 2013), el compendio de Normativa de Ruido y Vibraciones de la Comunidad de Madrid (Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control,

2004) y la tesis de maestría acerca de la caracterización acústica en las estaciones del metro de Oporto en Portugal (Nascimento, 2018).

Según la normativa peruana, el monitoreo de ruido ambiental es la medición del nivel de presión sonora generada por distintas fuentes hacia el exterior. El protocolo indica que se hará uso de la ponderación A para comparar los valores registrados con los ECA del ruido. Además, se medirá el nivel de presión sonora máxima (L_{max}), el nivel de presión sonora mínima (L_{min}) y los percentiles L_{A90} , L_{A50} , L_{A10} para una mejor representación de los valores registrados.

3.1.1. Diseño del plan de medición

Propósito de la medición

Se debe definir el propósito, incluyendo la fuente y la actividad a medir. En el caso de estudio el propósito es determinar el ruido percibido en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima. Las fuentes generadoras del ruido serían el metro, el tránsito de los vehículos a motor al exterior de la estación, las personas, los sistemas de publifusión usados en la estación, el sonido de escaleras mecánicas, el ruido generado por establecimientos comerciales dentro de las estaciones, entre otros.

Periodo de la medición

El periodo de la medición debe cubrir las variaciones significativas de la fuente generadora, es decir, el periodo de medición debe coincidir con el periodo de generación de los niveles de ruido representativo. Para tal efecto, se definen los rangos horarios del día en periodos donde hay mayor o menor afluencia de personas: hora pico y hora valle, respectivamente. Por lo que las mediciones se harán alrededor de dichos horarios, a fin de tener un espectro más completo en la caracterización acústica del ruido percibido en las estaciones del metro.

Ubicación de los puntos a medir

Se debe determinar la categoría de la zona en la cual se hará la medición. Para el caso de estudio, las estaciones se pueden catalogar como Zona Comercial según la zonificación en el ECA del ruido. Los puntos de medición deben seleccionarse según la ubicación de las fuentes generadoras de ruido. Además, se debe considerar que la velocidad y dirección del viento no tenga mucha preponderancia puesto que, por medio de este, la propagación del ruido puede variar.

Elección del equipo de medición ambiental

Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental señala el uso de un sonómetro integrador, el cual es un dispositivo que mide el nivel de presión sonora en decibeles y es capaz de ponderar la señal en función de la sensibilidad real del oído humano, es decir, la ponderación A. Existen tres tipos de sonómetros, clasificados según su nivel de precisión en clases: 0, 1 y 2, siendo la clase 0 la más precisa y la 2 la menos precisa. En la tabla 3-1 se muestran las tolerancias permitidas para los distintos tipos de sonómetros:

Tabla 3-1
Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro

| Tolerancias permitidas para los distintos tipos o clases definidas por la IEC 610651 | |
|--|-------------|
| Todas las tolerancias se expresan en decibelios (dB) | |
| Clase | Tolerancias |
| 0 | ± 0.4 |
| 1 | ± 0.7 |
| 2 | ± 1.0 |

Nota: Tomado de Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental por MINAM, 2013

Para el estudio se analizó la posibilidad de usar un sonómetro proporcionado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, sin embargo, su uso no iba a poder

cumplir con las implicancias y alcances de la investigación por lo que, siguiendo las recomendaciones de profesionales del Laboratorio de Acústica, Sección Física de la universidad, se vio conveniente utilizar un equipo de medición que reemplace y dote de las funciones necesarias para la medición y caracterización del ruido. A continuación, se detalla el equipo a utilizar:

Para las mediciones se usará un micrófono condensador de medición ultra lineal ECM 8000 de Behringer (ver figura 3-2). Este dispositivo permite captar las señales sonoras de manera prácticamente uniforme en todo el espectro de frecuencias audibles y su patrón polar omnidireccional le hace captar las ondas sonoras en igual intensidad en un radio de 360 grados. Estas especificaciones se muestran en la figura 3-3.



Figura 3-2 Micrófono de medición Behringer ECM 8000

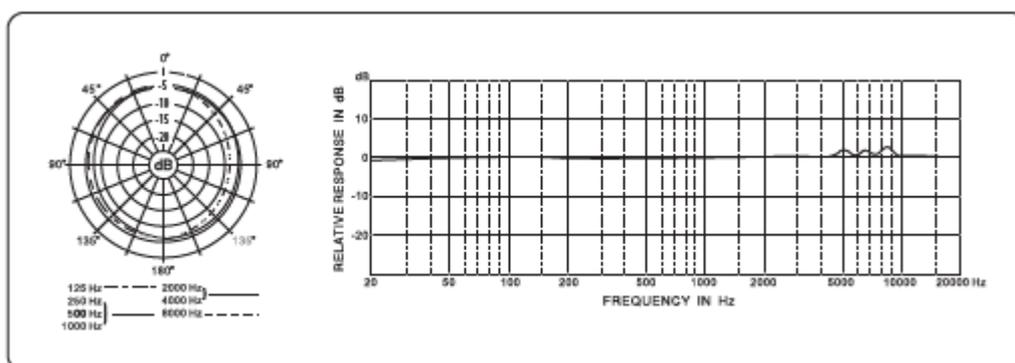


Figura 3-3 Patrón polar y frecuencia de respuesta del Behringer ECM 8000

Luego de captar las señales sonoras se necesita convertir el sonido analógico a digital para el procesamiento de información. Para ese fin se utilizará la interfaz de

audio Behringer U-Phoria UMC202HD (ver figura 3-4). El micrófono se conecta mediante un cable XLR a la interfaz y esta a su vez se conecta a una computadora para recolección de la data. El dispositivo permite un rango dinámico de hasta 110 dB(A) y una frecuencia de respuesta de 10 Hz a 50 kHz (0 / -3 dB).



Figura 3-4 Interfaz de audio Behringer U-Phoria UMC202HD

Para la medición y el procesamiento del ruido percibido se utilizará el software de medición Room EQ Wizard (REW) v5.1. Este software permite obtener diversos parámetros del sonido procesado, entre ellos el nivel de presión sonora y el espectro de frecuencias. La interfaz del programa es muy intuitiva y se adapta muy bien con el equipo previamente mostrado, por lo cual será de gran utilidad para el propósito de la investigación.

3.1.2. Metodología de la medición

Para realizar una correcta medición es importante alejar el micrófono de medición lo suficiente de la fuente y de superficies reflectantes (paredes, suelo, techos, etc) para que no se distorsionen los resultados. El operador del equipo debe estar alejado del micrófono de medición de tal manera que no altere las mediciones, para ello, el uso de un trípode para colocar el micrófono será indispensable. Es

importante advertir que, si se presentan situaciones climáticas que puedan interferir con las mediciones, como lluvia o viento extremo, se debe desistir de la medición.

Los pasos para una correcta medición son:

Paso 1: Calibración

Hay dos tipos de calibración: la de campo y la de laboratorio. La primera se realiza antes e inmediatamente después de cada serie de mediciones empleando un calibrador acústico de la clase correspondiente al equipo de medición utilizado. De esta manera, si el equipo fue transportado o manipulado de forma brusca, se debe proceder a la calibración para iniciar la medición.

El segundo tipo de calibración se hace en laboratorios especializados que cumplan con la norma internacional IEC 60942 (1968) sobre calibradores acústicos. Antes del monitoreo debe verificarse esta calibración para luego recién hacer la calibración *in situ* y medir el ruido.

Para la investigación se hará uso del calibrador Tenmars TM-100 clase 2 que cumple con los estándares ANSI S1.4 – 1984 y IEC 942 – 1988. Este dispositivo emite una señal de 1kHz a 94 dB o 114 dB, lo cual permite calibrar el micrófono de medición con el propósito de captar el ruido siguiendo las normas pertinentes.

Asimismo, debe calibrarse la interfaz de audio para asegurar que la respuesta de frecuencias sea plana en el espectro audible. Para ello se hace una conexión loopback entre el input donde irá conectado el micrófono de medición y el output correspondiente y se ajusta una señal de -12 dBFS para calibrar la conversión que hará la interfaz de audio de analógico a digital. A continuación, se muestra en la figura 3-5 la interfaz calibrada luego de terminado el proceso, donde se observa que la señal es plana entre los 20 Hz y 20 kHz.



Figura 3-5 Calibración de la interfaz de audio

Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido

Existen fuentes puntuales, las cuales son aquellas en donde el ruido se concentra en un solo punto; las fuentes zonales o de la que proviene el ruido de fondo, donde varias fuentes puntuales pueden agruparse por su proximidad y considerarse una sola; fuentes detenidas, las cuales hacen referencia a cuando un móvil, como por ejemplo un auto, se encuentra estacionado y genera ruido por el motor, la alarma o el claxon; y fuentes lineales, que se refiere al ruido percibido en una vía, calle, viaducto del tren, etc.

De acuerdo con la NTP ISO 1996-1 existen varios tipos de ruido que pueden clasificarse en función al tiempo y al tipo de actividad generadora del ruido. En función al tiempo se tiene que el ruido es estable si no presenta fluctuaciones de más de 5 dB durante un minuto de medición; será fluctuante si se superan los 5 dB en un minuto de medición; será intermitente si ocurre durante ciertos periodos de tiempo por no más de 5 y será impulsivo si el ruido se caracteriza por pulsos individuales de corta duración, los cuales, por lo general, no pasan de 1 segundo.

En función a la actividad generadora del ruido, se puede clasificar el ruido si proviene del tráfico automotor, tráfico ferroviario, actividades comerciales, etc.

Para la caracterización del ruido en la línea 1 se medirá la fuente sonora según el momento que se requiera monitorear y la medición se hará en todos los tipos de fuentes mencionados anteriormente. Por ejemplo, cuando se mida el caso en que no transite el tren por la estación, la fuente generadora de ruido será zonal, es decir que se medirá el ruido que en su conjunto forman las personas al hablar, el pregón de vendedores ambulantes, las indicaciones a través del sistema de publicidifusión, el ruido de los vehículos a motor a las afueras de la estación, el sonido del ascensor o las escaleras eléctricas, etc. Cuando se mida el caso en que el tren arribe a la estación, la fuente será principalmente lineal, pero a la vez se captarán las señales sonoras que generen las otras fuentes mientras el tren abre sus puertas, las personas entran, salen, nuevamente se cierran las puertas y el tren haya partido.

Paso 3: Ubicación de puntos de medición e instalación del sonómetro

Los puntos de medición deben de estar ubicados a máximo 3 metros del agente receptor que puede ser afectado por la fuente generadora de ruido. Para el estudio, la ubicación del sonómetro debe estar orientado al grupo de personas que esperan subir al tren, al flujo de personas que están en la entrada de la estación buscando ingresar a esta o dentro de las estaciones donde existan establecimientos comerciales, cajero automático, etc en donde las personas están expuestas a todas las señales de ruido.

Para la instalación del micrófono de medición se debe colocar este sobre un trípode a 1.5m sobre el suelo. Al momento de hacer la calibración *in situ* se deben anotar las desviaciones antes y después de las mediciones. Para el caso de estudio se determinó conveniente anotar estas variaciones antes de iniciar y al culminar las mediciones por estación dado que la medición se realizará en una misma locación y el

equipo no sufre cambios bruscos. También se debe verificar que el software señale que el micrófono de medición captará las señales en ponderación A y, siendo la fuente de ruido principalmente el tránsito automotor, se usará el modo *fast*.

Paso 4: Identificación de parámetros de ruido ambiental

Los parámetros que se medirán en campo serán: el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A ($L_{Aeq,T}$), el nivel de presión sonora máxima (L_{max}) y el nivel de presión sonora mínima (L_{min}). Además, como el ruido predominante será el del tráfico vehicular, se medirán los percentiles del $L_{Aeq,T}$ para cuantificar los valores que son excedidos según un porcentaje del periodo de medición. Por ello, se medirá el L_{A90} , que representa el ruido de fondo, el L_{A50} , que funciona como un valor medio de presión sonora y el L_{A10} , que señala los valores pico durante la medición (Moreno, 1990).

Paso 5: Medición del ruido

El protocolo de monitoreo de ruido ambiental indica que como mínimo se deben realizar 10 mediciones de un minuto para cada punto de medición. También resalta que si al medir el ruido durante 1 minuto en modo $L_{Aeq,T}$ este resulta estable, se deberá volver a medir el $L_{Aeq,T}$ durante 5 minutos a fin de determinar la estabilidad del ruido. Por el contrario, si el ruido medido en ese minuto resulta fluctuante, se efectuarán nuevas mediciones en la zona representativa de 10 minutos por cada punto de medición. Sin embargo, seguir estas recomendaciones no será aplicable en todos los casos de medición ya que hay dos eventos bien diferenciados en las estaciones que modifican considerablemente el ruido percibido: cuando no hay presencia de tren y cuando este ingresa a la estación. Para esos dos casos, se medirá el respectivo ruido zonal y la duración de la medición se ajustará a las condiciones de cada caso. En el primero, se medirá el intervalo hasta que se aviste la llegada del tren (alrededor de 1

minuto), mientras que en el segundo, la medición del ruido zonal se hará durante el periodo en que el tren llegue a la estación hasta que se haya marchado de la misma (aproximadamente 1 minuto), tal como se aplicó en la tesis sobre la caracterización acústica en las estaciones del metro de Oporto en Portugal (Nascimento, 2018). Adicionalmente, se medirá en el interior y a las afueras de la estación durante un intervalo que represente la realidad del ruido zonal, tanto debido a las fuentes como lo son el tren, las personas, el tránsito vehicular, etc como sus respectivos lapsos de tiempo en que la medición del ruido se hace representativa y constante. Según el análisis hecho los primeros días de medición se determinó que el periodo de medición por lectura alrededor de hora valle sería de 4 minutos y alrededor de hora pico, de 3 minutos. Asimismo, se corroboró que el ruido es fluctuante por lo que el periodo de medición seleccionado será representativo para el estudio.

3.2. Trabajo de campo

3.2.1. Medición de los niveles de presión sonora

Determinación de horas pico y valle de afluencia de usuarios

Según el reporte estadístico del metro (Ositran, 2020), el tráfico de pasajeros o número total de viajes según el horario se muestra en la figura 3-6. Se observa que los valores han disminuido respecto al año 2019 debido a la contingencia sanitaria del Covid 19 pero que la tendencia es la misma: la hora pico es de 7:00 a 8:00 horas y de 18:00 a 19:00 horas, mientras que la hora valle es de 11:00 a 12:00 horas.

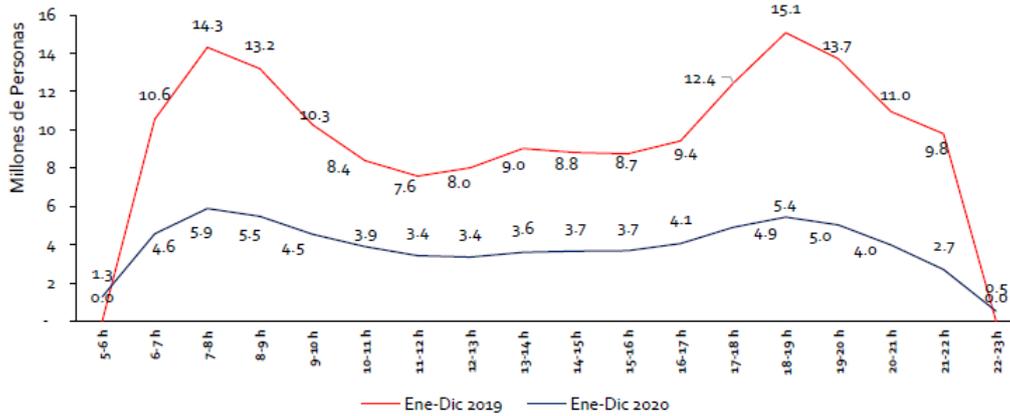


Figura 3-6 Tráfico de pasajeros por rango de horarios
Tomado de *Reporte Estadístico Bimestral diciembre 2020* por Ositran, 2020

Adicionalmente, se ha verificado que existe una diferencia del tráfico por rango de horarios según los días de la semana. Así, en días laborales (de lunes a viernes) el flujo corresponde a la figura 3-6, mientras que durante los fines de semana (sábado y domingo) las horas valle son de 6:00 a 8:00 horas, de 20:00 a 22:00 y las horas pico, entre las 13:00 y 18:00 horas (Ositran, 2019). Asimismo, los fines de semana se registra mayor tráfico de pasajeros en la estación Gamarra, por lo que se confirma que los viajes son por motivos comerciales los fines de semana, a diferencia de los días de semana que son por motivos laborales, principalmente.

El tráfico de pasajeros según la estación se muestra en la figura 3-7. Los valores indican que hay mayor flujo en las estaciones La Cultura, Miguel Grau y Gamarra.

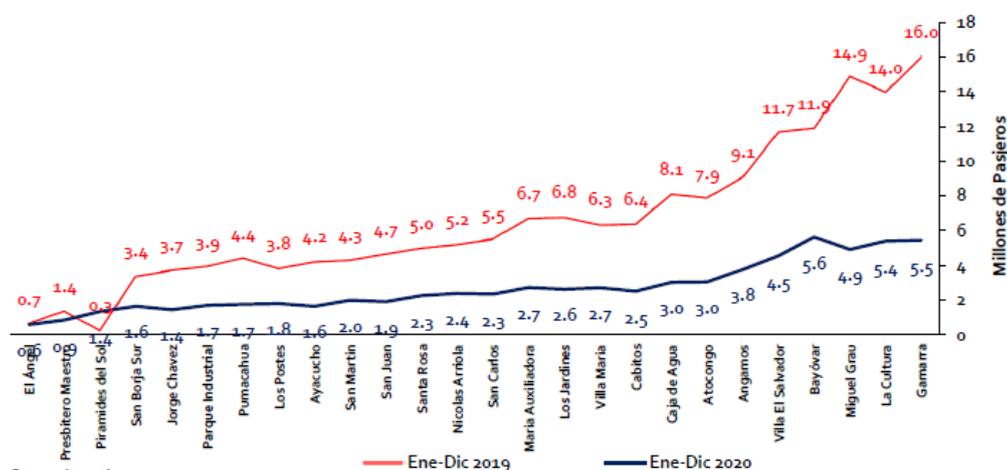


Figura 3-7 Tráfico de pasajeros por estaciones
Tomado de *Reporte Estadístico Bimestral diciembre 2020* Ositran, 2020

Definición de los intervalos y días en los cuales se llevarán a cabo las mediciones

De lo visto en las figuras anteriores se concluye que los períodos más representativos para realizar las mediciones de ruido se harán en las estaciones los días sábados en la tarde y noche para caracterizar alrededor de la hora pico y en la mañana para caracterizar alrededor de la hora valle los días de semana.

Identificación de las estaciones de metro

Se realizó una exploración inicial de cada una de las 26 estaciones de metro con el motivo de conocer las características de cada una y poder luego compararlas y buscar las estaciones que sean representativas. Cabe precisar que el porcentaje de afluencia fue tomada de los registros de Ositran para el periodo Enero – Abril del 2020 con el fin de caracterizar la demanda de pasajeros de cada estación y tener otro criterio más para seleccionar las estaciones representativas.

La exploración se hizo el día 5 de septiembre de 2020 entre las 17:00 horas y 21:00 horas. En el anexo 3 se muestra el registro fotográfico del interior de cada estación.

A continuación, se muestra la tabla resumen de lo recopilado.

Tabla 3-2
Identificación y percepción del ruido en las estaciones

| ESTACIÓN | Infraestructura | Techo | Ambientes interiores | Acceso | Fuente de ruido + críticos | Percepción del ruido | Afluencia % |
|--------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|------------|--|----------------------|-------------|
| Villa el Salvador | Elevada | Cobertura tipo 1 | Espacio libre | 1 entrada | Tren y parlantes | Moderado | 6.78 |
| Parque Industrial | Elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 1 entrada | Tren y parlantes | Moderado | 2.18 |
| Pumacahua | Elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 1 entrada | Tren y parlantes | Moderado | 2.18 |
| Villa María | Elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 1 entrada | Tren y parlantes | Moderado | 3.63 |
| María Auxiliadora | Elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 1 entrada | Tren y parlantes | Moderado | 3.63 |
| San Juan | Elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 2.91 |
| Atocongo | Semi elevada | Cobertura tipo 1 | No hay espacio libre | 2 entradas | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 4.60 |
| Jorge Chávez | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 2.18 |
| Ayacucho | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 2.42 |
| Cabitos | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 3.63 |
| Angamos | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso y tiendas | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 5.57 |
| San Borja Sur | A nivel | Cobertura tipo 2 | No hay espacio libre | 2 entradas | Tren y parlantes | Moderado | 1.94 |
| La Cultura | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso y tiendas | 2 entradas | Tren y parlantes | Moderado | 8.72 |
| Arriola | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Alto | 3.15 |
| Gamarra | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso y tiendas | 2 entradas | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 8.96 |
| Miguel Grau | A nivel (3pisos) | Cobertura tipo 2 | Espacio libre y tiendas | 2 entradas | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 8.23 |
| El Ángel | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren y parlantes | Bajo | 0.48 |
| Presbítero Maestro | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren y parlantes | Bajo | 0.97 |
| Caja de Agua | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Moderado | 4.36 |
| Pirámide del Sol | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Moderado | 1.69 |
| Los Jardines | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 3.39 |
| Los Postes | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 2.18 |
| San Carlos | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 3.15 |
| San Martín | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Moderado | 2.66 |
| Santa Rosa | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 1 entrada | Tren, parlantes y tránsito vehicular | Moderado | 2.91 |
| Bayóvar | A nivel | Cobertura tipo 2 | Espacio libre en 1er piso | 2 entradas | Tren, parlantes, comerciantes y tránsito vehicular | Muy Alto | 7.51 |

Nota: La afluencia fue tomada de *Reporte Estadístico Bimestral abril 2020* por Ositran, 2020

De la identificación preliminar hecha se observó que las estaciones de Villa El Salvador hasta María Auxiliadora tienen características similares (infraestructura y ruido). Para el caso de las estaciones de San Juan y Atocongo son parecidas, pero la estación Atocongo tiene un desnivel diferente y un espacio central donde hay dos accesos para los usuarios. Desde la estación Jorge Chávez hasta la estación Angamos (incluido Arriola) pueden caracterizarse de igual forma por la infraestructura y las fuentes de ruido percibidas. La estación San Borja Sur debe analizarse por separado puesto que se encuentra dividida en dos accesos por la avenida Aviación. La estación La Cultura debe evaluarse por separado puesto que tiene hay tiendas en el interior. En el caso de la estación Gamarra es particular porque hay una masiva cantidad de personas que concurren al emporio comercial, por lo que el ruido percibido era excesivamente alto en comparación al resto de estaciones. La estación Miguel Grau puede analizarse por separado ya que es la única con 3 niveles y además hay tiendas al interior y 2 accesos a la estación. Para las estaciones El Ángel y Presbítero Maestro tienen realidades similares con poco ruido debido a la ubicación. Las estaciones Caja de Agua y Pirámide del Sol son similares en cuanto a contexto urbano y percepción del ruido. Las estaciones Los Jardines, Los Postes y San Carlos también pueden considerarse de condiciones similares debido a que se ubican en una misma avenida y el contexto urbano es el mismo. Las estaciones San Martín y Santa Rosa no presenta un alto nivel de ruido, por lo que pueden considerarse parecidas. Finalmente, Bayóvar debe analizarse por separado ya que el ruido era muy alto y porque es una estación terminal.

Determinación de los puntos de medición

Para las estaciones de infraestructura elevada se determinaron tres posiciones de medición: una en el interior (andén lado impar) y otras dos afuera de la estación.

Esto debido a que luego de hacer el reconocimiento de la percepción de ruido y las fuentes que lo producen en cada estación se observó que existen 3 zonas donde el nivel de ruido se percibe a diferente escala y por diferentes fuentes. La distribución propuesta se muestra en la figura 3-8.

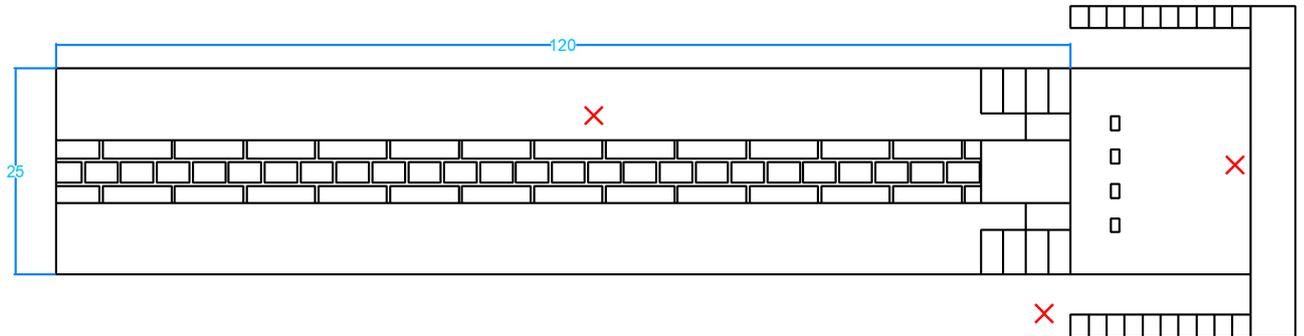


Figura 3-8 Ubicación de puntos de medición – Estructura elevada

Para las estaciones de infraestructura a nivel de la calle se realizarán 3 mediciones: dos al interior de las estaciones (andén lado impar y hall) y una afuera de la estación (explanada). La razón de esta selección corresponde a lo mencionado para la estación de estructura elevada, ya que existen 3 zonas donde el ruido se genera por fuentes distintas y se percibe en diferente contexto. La distribución propuesta se muestra en la figura 3-9.

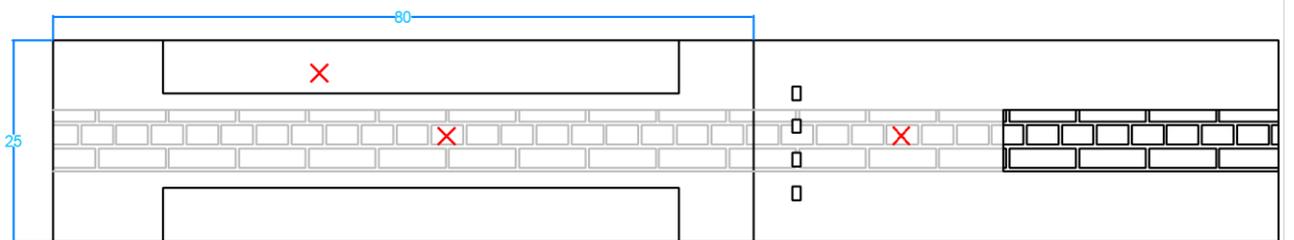


Figura 3-9 Ubicación de puntos de medición – Estructura a nivel de la calle

3.2.2. Determinación de la percepción de usuarios

Para determinar la valoración subjetiva del ruido percibido por los usuarios en las estaciones de la línea 1 se elaboró una encuesta que ayude a identificar las fuentes de ruido, si este representa alguna molestia para los usuarios y si perturba las actividades a realizar en las estaciones.

Todos estos alcances permitirán comparar los niveles de presión sonora medidos con la percepción de los usuarios con el fin de valorar la relación que existe entre lo subjetivo y lo cuantitativo. De esta manera, el análisis comparativo a realizar de acuerdo con el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM y los valores recomendados por la OMS y la EPA será contrastado con la percepción del usuario.

Diseño de la encuesta

Se han tomado como referencia el documento de Buenas Prácticas de una encuesta por muestreo (INEI, 2011) para el diseño de la encuesta. La guía resalta que el muestreo probabilístico asegura la representatividad de la muestra extraída a toda la población ya que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos y, por ende, todas las posibles muestras de tamaño “n” tienen la misma probabilidad de ser elegidas.

Población y muestra

Se tomó como población la cantidad de viajes que se hace en un día en todo el sistema de metro (500 000) dado que registra el uso cotidiano de los usuarios.

Para la obtención de la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{E^2(N-1) + Z^2 \times p \times q}$$

Donde:

N: Tamaño de la población= 500000

n: Tamaño de muestra

E: Error máximo= 5%

Z: Margen de confiabilidad= 1.96

p: Proporción de individuos que poseen las características de estudio= 0.5

q: Proporción de individuos que no poseen las características de estudio= 0.5

De esta manera se obtuvo que la muestra tiene valor de n= 384.

Consideraciones

Las encuestas se aplicarán en horas pico y valle en las estaciones con mayor y menor afluencia de personas. La intención inicial fue la de encuestar todos los distintos usuarios del metro: pasajeros, personal administrativo, empleados de limpieza, agentes de seguridad, entre otros. Sin embargo, debido a la coyuntura del Covid 19 la población usuaria del metro a encuestar se redujo a solo pasajeros en edad de trabajar. Asimismo, solo se permitió realizar las encuestas en el exterior de las estaciones debido a restricciones para realizar actividades académicas dentro las instalaciones del metro, por lo que tampoco fue posible encuestar a personal de la línea 1. Debido a estas limitaciones, los resultados de la encuesta nos permiten elaborar conclusiones referenciales que sirven para obtener la percepción del público usuario y compararlo con lo analizado cuantitativamente.

La encuesta cuenta con preguntas de respuestas cerradas, es decir, el encuestado responde en base a las opciones señaladas. El tipo de preguntas para conocer las características del encuestado son de carácter demográfico y para saber sobre su percepción del ruido se hicieron preguntas relacionadas con su capacidad auditiva en las inmediaciones de las estaciones de metro. En el anexo 7 se muestra el formato de encuesta a utilizar.

4. RESULTADOS

4.1. Mediciones exploratorias referenciales de los niveles de presión sonora

Con el fin de determinar las condiciones de ruido en cada estación se realizaron mediciones exploratorias (fuera de norma) el día 12 de septiembre del 2020 entre las 12:00 horas y 15:00 horas. Para ello se hizo uso del aplicativo SPL Meter de Keuwlsoft, el cual permitió medir el nivel de presión sonora con ponderación A. Respecto al uso de este medio para realizar las mediciones es importante aclarar que existieron varias

limitaciones por el uso de un dispositivo móvil, siendo uno de los más resaltantes que las bajas frecuencias no se captaba eficientemente por el micrófono del celular puesto que es de dimensiones reducidas y eso le resta validez a las mediciones. Sin embargo, los resultados medidos dieron un significativo valor preliminar para el estudio acústico de las estaciones.

El proceso de medición inició con la calibración del equipo según los niveles recomendados visto en la tabla 2-1. De esta manera, cuando el ruido de tránsito vehicular era muy alto se le asignó un valor de 80 dB(A) al registro del equipo para calibrarlo, mientras que cuando el ruido era menor se le asignó 70 dB(A). De esta forma los valores a obtener tendrían esa referencia, sin embargo, lo representativo en la medición exploratoria, más que determinar un valor absoluto, fue conocer la fluctuación del nivel de presión sonora en cada estación para así caracterizar cada una y determinar cuáles son las estaciones representativas para medir con el equipo correspondiente una vez que la contingencia del Covid 19 permita ir a campo con el instrumental más adecuado.

Las mediciones iniciaron a las 12:00 del mediodía en la estación Bayóvar y culminaron a las 3:00 pm en la estación Villa El Salvador.

Con el fin de tener un registro más fiel del ruido en cada estación, las mediciones se hicieron en dos zonas estratégicas: andén y hall. En la primera se midió en tres momentos: cuando no había presencia de tren (alrededor de 50 segundos), cuando se aproximaba el tren (alrededor de 30 segundos) y cuando sonaba la sirena de este (aproximadamente 10 segundos). En la segunda, se registraba una única medición de 1 minuto de duración. Cabe mencionar que el registro de la medición correspondió a la visita previa en la que se recopilaban las características de cada estación con el fin de agruparlas y medir solo en las representativas, por lo que en algunas estaciones solo se

registró el ruido en el andén. En el anexo 5 se muestra el registro de las mediciones referenciales realizadas.

De los niveles de presión sonora registrados con el aplicativo se hizo una correlación con las características anteriormente analizadas de cada estación (infraestructura, afluencia, ambientes interiores, percepción del ruido, etc) para determinar las estaciones consideradas representativas en las cuales se haría la medición con equipo apropiado y validado. A continuación, se muestra en la tabla 4-1 el resumen de los registros de niveles de ruido y la agrupación hecha entre estaciones de características similares delimitado por una diferenciación en los colores en los nombres de las estaciones:

Tabla 4-1
Resultados de mediciones exploratorias en estaciones

| ESTACIÓN | Andén | | | | Hall | |
|--------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------------|-----------|
| | Sin tren | Máx dB(A) | Con tren | Máx dB(A) | Promedio dB(A) | Máx dB(A) |
| Villa el Salvador | 62.0 | 68.5 | 69.0 | 82.4 | 66.0 | 73.4 |
| Parque Industrial | 63.0 | 65.5 | 74.0 | 81.8 | 71.0 | 80.1 |
| Pumacahua | 66.0 | 79.4 | 73.0 | 80.4 | 66.0 | 69.4 |
| Villa María | 64.0 | 69.9 | 71.0 | 80.4 | 67.0 | 74.6 |
| María Auxiliadora | 64.0 | 70.8 | 72.0 | 77.7 | 64.0 | 68.0 |
| San Juan | 64.0 | 78.0 | 70.0 | 74.9 | 64.0 | 76.9 |
| Atocongo | 68.0 | 83.8 | 74.0 | 84.7 | 68.0 | 80.0 |
| Jorge Chávez | 64.0 | 73.7 | 72.0 | 81.8 | | |
| Ayacucho | 65.0 | 79.1 | 70.0 | 77.3 | 70.0 | 82.4 |
| Cabitos | 62.0 | 68.1 | 72.0 | 84.5 | 69.0 | 75.7 |
| Angamos | 62.0 | 67.7 | 76.0 | 81.9 | 65.0 | 76.8 |
| San Borja Sur | 64.0 | 75.4 | 75.0 | 81.3 | 69.0 | 83.0 |
| La Cultura | 63.0 | 68.5 | 72.0 | 82.2 | 67.0 | 78.4 |
| Arriola | 66.0 | 77.5 | 74.0 | 79.1 | 73.0 | 82.3 |
| Gamarra | 67.0 | 74.9 | 74.0 | 81.4 | 75.0 | 84.0 |
| Miguel Grau | 62.0 | 65.9 | 68.0 | 71.1 | 83.0 | 92.3 |
| El Ángel | 60.0 | 78.7 | 72.0 | 81.6 | | |
| Presbítero Maestro | 63.0 | 72.1 | 73.0 | 81.0 | 67.0 | 81.5 |
| Caja de Agua | 69.0 | 82.4 | 74.0 | 84.2 | | |
| Pirámide del Sol | 63.0 | 82.7 | 72.0 | 77.8 | 69.0 | 85.9 |
| Los Jardines | 67.0 | 77.6 | 70.0 | 82.0 | | |
| Los Postes | 66.0 | 81.6 | 77.0 | 81.9 | | |
| San Carlos | 72.0 | 81.2 | 83.0 | 89.5 | 82.0 | 89.3 |
| San Martín | 69.0 | 74.7 | 69.0 | 80.0 | | |
| Santa Rosa | 69.0 | 78.8 | 77.0 | 84.1 | 75.0 | 93.3 |
| Bayóvar | 73.0 | 78.1 | 72.0 | 78.0 | | |

Se observa que, en general, el nivel de ruido registrado es mayor cuando el tren se aproxima a la estación, esto debido a la fricción de las ruedas con los rieles, la apertura de puertas, la salida en ingreso de personas y la propia sirena del tren. Es importante resaltar que todas estas fuentes de ruido mencionadas enmascaran, en mayor o menor medida, al ruido del tránsito vehicular y que el ruido percibido en la zona del andén y el hall sufre variación debido a esas fuentes, por lo que el detalle del análisis del ruido por estación se hará con la medición hecha con el equipo calibrado. Este hecho se evidencia con los registros referenciales realizados con el aplicativo en la zona del andén, en donde se muestran los componentes significativos en las bandas centrales de octavas de baja frecuencia de 250 Hz y 500 Hz, dando como resultado que se enmascare el ruido del tránsito vehicular. A continuación, se muestra -como ejemplo- el aumento del nivel de presión sonora para cuando interviene el tren.



Figura 4-1 SPL en andén sin tren y con tren – Estación San Carlos



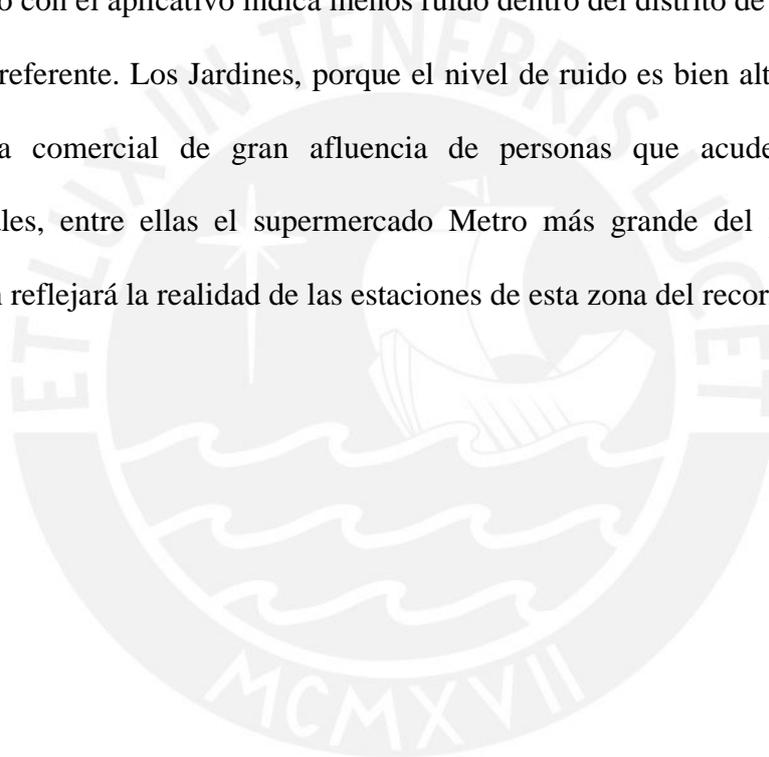
Figura 4-2 SPL en andén sin tren y con tren – Estación Caja de Agua



Figura 4-3 SPL en andén sin tren y con tren – Estación Parque Industrial

Luego de agrupar las estaciones de características similares se determinaron las estaciones consideradas representativas en las cuales se harán las mediciones del nivel de presión sonora con el equipo correspondiente, las cuales se enmarcan en la figura 4-4. Además de las estaciones Villa El Salvador, Atocongo, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra y Bayóvar, se eligieron las siguientes estaciones: San Juan, porque se encuentra cerca a uno de los mercados más grandes de Lima y su ubicación es un referente de las estaciones de la zona del sur, además que recibe una importante afluencia de usuarios que es representativo entre las estaciones del sur y el ruido

medido con el aplicativo es similar al de las otras estaciones de esa zona del metro. Cabitos, porque su infraestructura, el ruido percibido y la afluencia de usuarios es similar a las estaciones contiguas. Además, dentro de ella se ubica la oficina de Atención al Pasajero, por lo que caracterizar esta estación resulta distintiva. Presbítero Maestro, porque es una zona poco concurrida, no hay comercio, hay pocas casas (es el caso con menos contaminación sonora de todas las 26 estaciones por lo que su medición será única y representativa). Pirámide del Sol, porque es de afluencia menor, el registro con el aplicativo indica menos ruido dentro del distrito de SJL por lo que es un buen referente. Los Jardines, porque el nivel de ruido es bien alto por ubicarse en una zona comercial de gran afluencia de personas que acuden a las tiendas comerciales, entre ellas el supermercado Metro más grande del país. Por ello su medición reflejará la realidad de las estaciones de esta zona del recorrido.



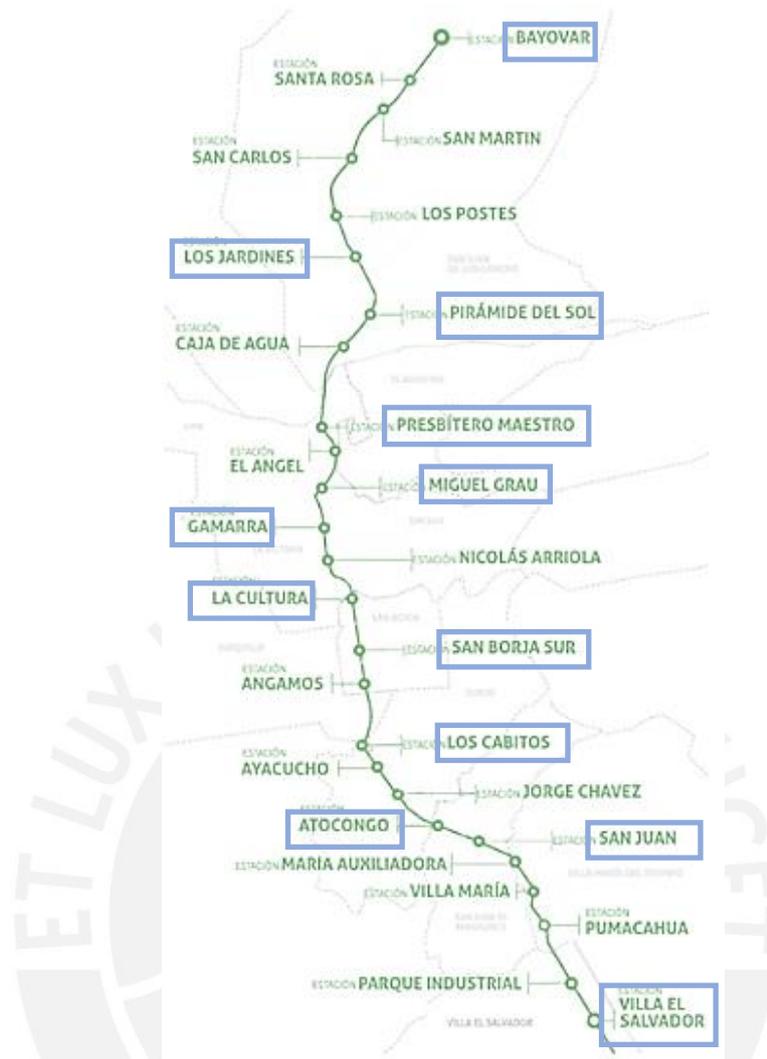


Figura 4-4 Estaciones seleccionadas para medición
Modificado de Informe de Sostenibilidad 2018 por Línea 1 del Metro de Lima, 2018

4.2. Registro de los niveles de presión sonora

El registro de los niveles de presión sonora se realizó con el micrófono de medición y la interfaz de audio indicados en el acápite correspondiente. De esta manera se logró obtener los niveles de ruido de las 12 estaciones de metro representativas alrededor del horario pico y valle en las respectivas posiciones previamente determinadas.

Vale resaltar que según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos se considera instrumentos de medición tipo 2 a aquellos que tengan un nivel de precisión de ± 2 dB(A), por lo que según este criterio y el que corresponde al Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental del Perú, se puede concluir que

para fines académicos es posible realizar mediciones válidas de ruido mediante el uso del micrófono de medición y la interfaz de audio expuestos.

El registro fotográfico de las mediciones, así como el detallado de las mediciones se muestran en los anexos 4 y 6, respectivamente. A partir de la siguiente hoja se muestran los resultados registrados de nivel de presión sonora en las estaciones representativas para los horarios pico (entre las 13:00 y 20:00 horas) los días sábados y valle (entre las 10:00 y 14:00 horas) los días de semana.

Los resultados se muestran por estación y en dos horarios: pico y valle. En cada horario se muestran el promedio de las mediciones según la posición de medición expresados en dB para cada frecuencia central de banda octava. Finalmente, se muestra el nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A para cada posición para así tener una caracterización completa del ruido percibido. Directamente de estos valores se desprende que el nivel de presión sonora en horas pico y valle no difiere de una manera apreciable.

El gráfico de barras permite visualizar mejor el nivel de presión sonora y comparar sus valores por banda de octava. De esta manera se hace evidente que los niveles de ruido corresponden, en su mayoría, a la baja y media frecuencia. También se observa que para la posición 3 con tren predomina la alta frecuencia. Estos cambios en las características del ruido demuestran que el ruido percibido en las estaciones depende de la ubicación del usuario que percibe el ruido y por eso la importancia de medir en cada posición analizada.

Los resultados de las mediciones indican que el L_{Aeq} medido en la posición 3 con tren es el más elevado que respecto a otras posiciones, excepto en la estación Gamarra, donde el ruido en el exterior (posición 1) es mayor. Sin embargo, el valor más alto de nivel de presión sonora en la posición 1 se da en la estación Bayóvar. Por el contrario, la estación Presbítero Maestro registra los niveles más bajos de ruido de todas las estaciones.

Villa El Salvador

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 73.3 | 69.5 | 66.2 | 63.2 | 61.6 | 58.6 | 54.0 | 47.2 | 71.4 |
| Posición 2 | 72.3 | 68.2 | 68.1 | 70.5 | 68.6 | 65.0 | 60.0 | 51.8 | 74.3 |
| Posición 3 s/tren | 70.7 | 64.4 | 62.6 | 60.4 | 57.9 | 55.9 | 52.5 | 45.0 | 65.0 |
| Posición 3 c/tren | 72.9 | 71.1 | 75.0 | 75.0 | 71.0 | 68.5 | 64.0 | 56.0 | 80.0 |

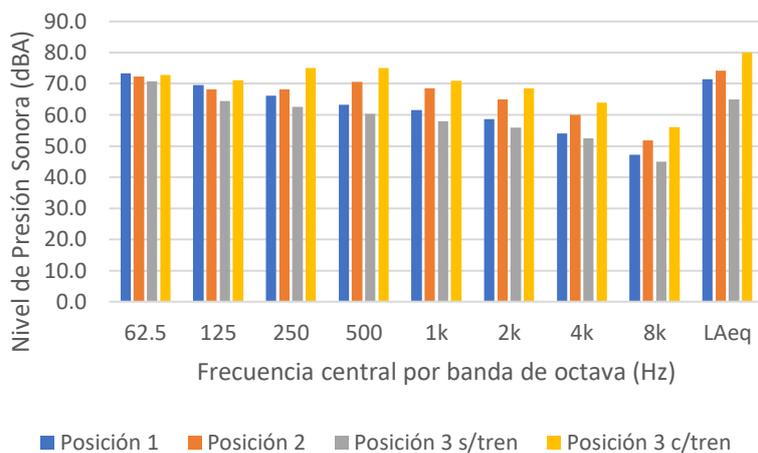


Figura 4-5 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Villa El Salvador

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 74.9 | 71.9 | 68.5 | 64.2 | 61.9 | 59.0 | 54.9 | 49.3 | 71.0 |
| Posición 2 | 71.4 | 68.1 | 73.0 | 72.7 | 66.7 | 61.9 | 57.3 | 50.9 | 75.0 |
| Posición 3 s/tren | 70.6 | 65.3 | 62.8 | 62.2 | 59.2 | 56.5 | 51.8 | 44.1 | 65.8 |
| Posición 3 c/tren | 71.5 | 69.5 | 76.1 | 75.0 | 71.4 | 68.1 | 64.2 | 56.4 | 80.8 |

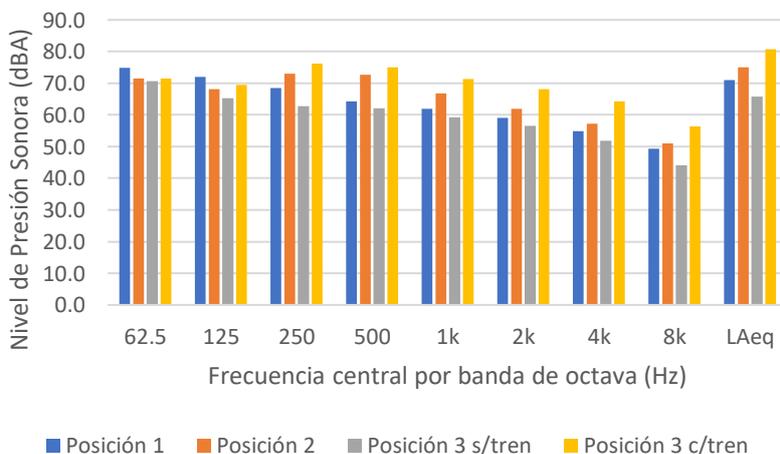


Figura 4-6 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Villa El Salvador

San Juan

| Hora pico Nivel de Presión Sonora (dB) | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | L_{Aeq} |
|--|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Posición 1 | 81.1 | 77.5 | 75.5 | 73.2 | 73.0 | 71.1 | 65.5 | 58.6 | 79.8 |
| Posición 2 | 78.4 | 74.3 | 71.4 | 70.5 | 69.6 | 67.1 | 61.1 | 53.5 | 75.5 |
| Posición 3 s/tren | 77.8 | 73.3 | 70.5 | 70.0 | 70.0 | 67.9 | 63.2 | 55.7 | 75.5 |
| Posición 3 c/tren | 79.4 | 76.0 | 76.5 | 77.8 | 74.8 | 73.0 | 68.6 | 60.2 | 83.3 |

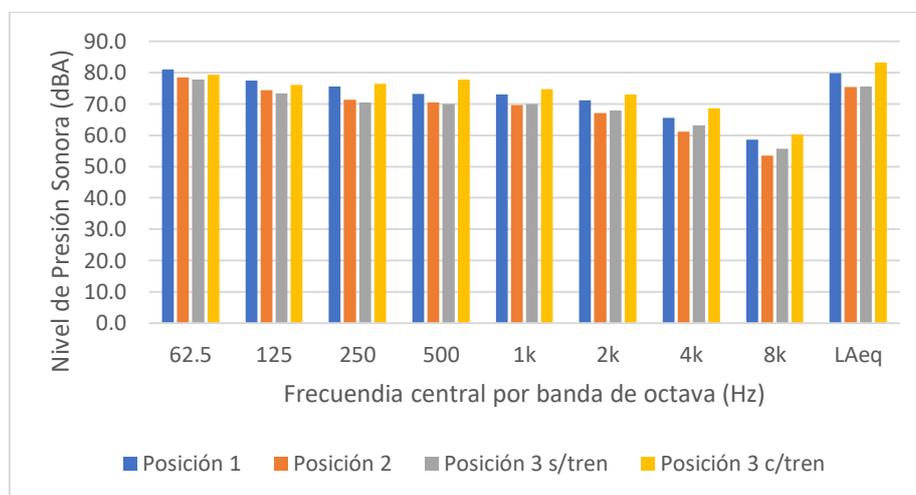


Figura 4-7 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación San Juan

| Hora valle Nivel de Presión Sonora (dB) | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | L_{Aeq} |
|---|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Posición 1 | 81.1 | 78.0 | 75.3 | 73.2 | 72.6 | 70.5 | 65.0 | 58.9 | 79.5 |
| Posición 2 | 77.5 | 75.4 | 73.6 | 72.8 | 70.2 | 67.0 | 61.9 | 55.3 | 78.1 |
| Posición 3 s/tren | 77.5 | 73.8 | 73.3 | 71.8 | 70.3 | 67.7 | 62.3 | 55.3 | 77.0 |
| Posición 3 c/tren | 79.4 | 77.3 | 79.7 | 78.1 | 74.4 | 71.2 | 67.1 | 59.7 | 83.1 |

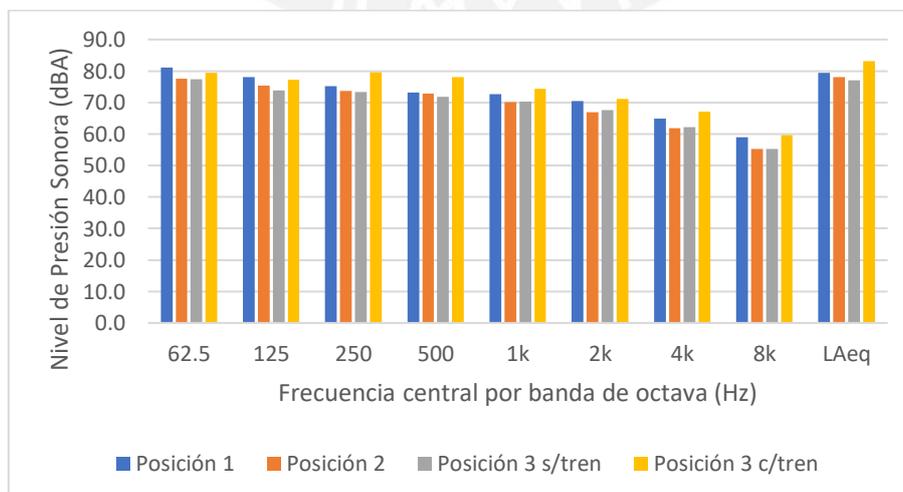


Figura 4-8 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación San Juan

Atocongo

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 80.7 | 77.8 | 74.8 | 72.1 | 71.1 | 67.5 | 61.4 | 54.8 | 78.2 |
| Posición 2 | 83.2 | 78.6 | 75.4 | 76.6 | 74.0 | 70.6 | 65.2 | 58.2 | 80.7 |
| Posición 3 s/tren | 77.8 | 72.4 | 70.4 | 68.2 | 67.5 | 64.7 | 59.7 | 52.5 | 75.1 |
| Posición 3 c/tren | 79.3 | 76.4 | 78.4 | 78.0 | 74.7 | 71.9 | 66.6 | 58.5 | 82.8 |

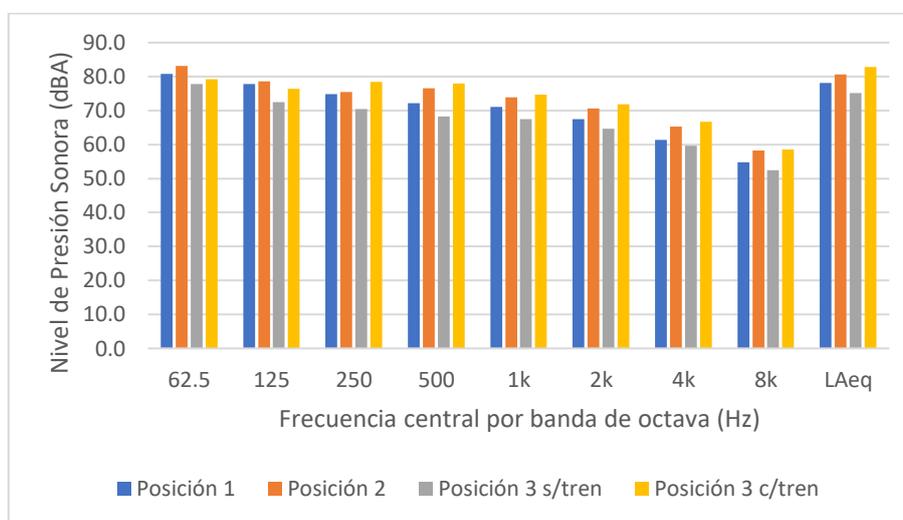


Figura 4-9 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Atocongo

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 81.3 | 77.8 | 74.3 | 71.7 | 70.4 | 66.9 | 61.4 | 55.4 | 77.1 |
| Posición 2 | 80.7 | 76.3 | 74.0 | 73.5 | 70.7 | 67.4 | 62.1 | 55.5 | 78.4 |
| Posición 3 s/tren | 78.1 | 72.3 | 70.7 | 69.1 | 68.2 | 65.1 | 59.8 | 53.0 | 73.4 |
| Posición 3 c/tren | 79.5 | 73.6 | 73.9 | 78.9 | 75.0 | 71.8 | 67.2 | 57.7 | 82.4 |

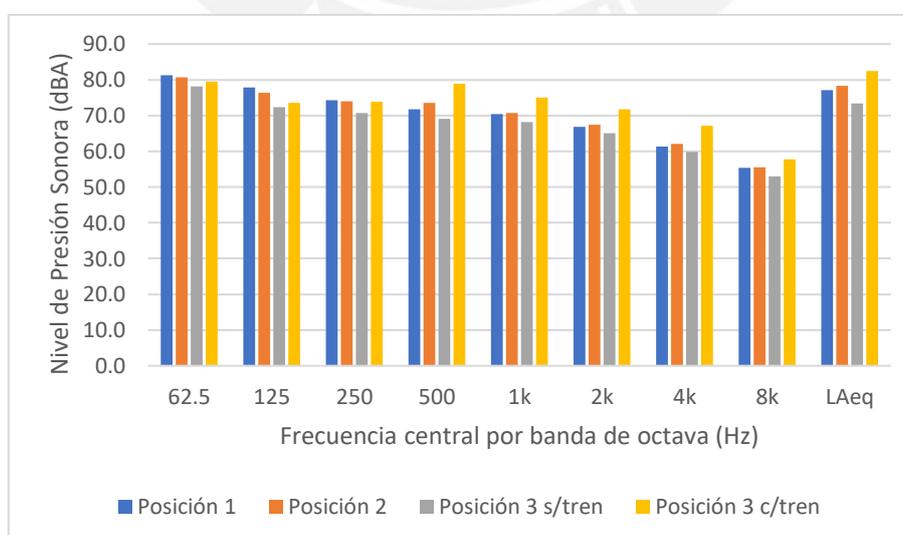


Figura 4-10 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Atocongo

Cabitos

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 79.6 | 76.9 | 74.6 | 72.1 | 69.7 | 68.0 | 62.6 | 55.5 | 77.5 |
| Posición 2 | 79.5 | 76.3 | 75.1 | 71.9 | 69.4 | 65.7 | 60.5 | 53.2 | 76.8 |
| Posición 3 s/tren | 71.9 | 68.2 | 65.6 | 62.4 | 60.0 | 57.0 | 52.1 | 43.6 | 70.0 |
| Posición 3 c/tren | 76.1 | 74.9 | 79.0 | 78.7 | 75.8 | 72.7 | 67.1 | 57.6 | 84.2 |

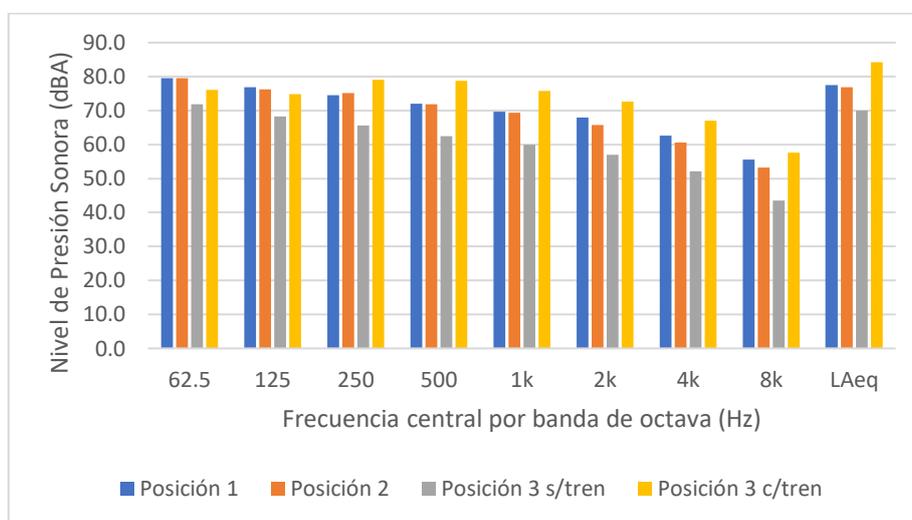


Figura 4-11 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Cabitos

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 79.7 | 76.9 | 73.3 | 71.5 | 69.1 | 67.3 | 61.6 | 55.7 | 77.9 |
| Posición 2 | 79.1 | 75.0 | 73.5 | 70.0 | 67.5 | 63.8 | 59.1 | 51.1 | 75.0 |
| Posición 3 s/tren | 72.7 | 68.6 | 68.4 | 67.8 | 62.6 | 59.7 | 55.2 | 48.6 | 71.8 |
| Posición 3 c/tren | 76.8 | 73.4 | 77.1 | 77.6 | 74.1 | 70.7 | 66.2 | 57.3 | 83.5 |

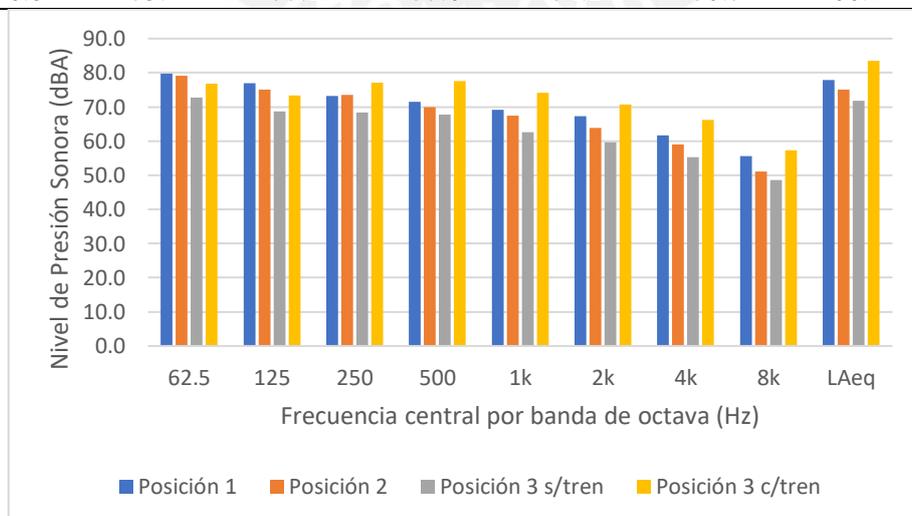


Figura 4-12 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Cabitos

San Borja Sur

| Hora pico | | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
|------------------------------|------|---|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 79.7 | 76.2 | 71.4 | 67.7 | 65.8 | 64.6 | 60.7 | 53.5 | 74.4 |
| Posición 2 | 75.0 | 71.1 | 69.2 | 67.6 | 64.4 | 62.2 | 56.8 | 48.8 | 73.1 |
| Posición 3 s/tren | 70.3 | 65.9 | 62.0 | 61.4 | 56.2 | 53.2 | 51.1 | 44.6 | 67.8 |
| Posición 3 c/tren | 78.2 | 73.2 | 76.8 | 77.7 | 73.5 | 70.8 | 67.1 | 58.7 | 85.0 |

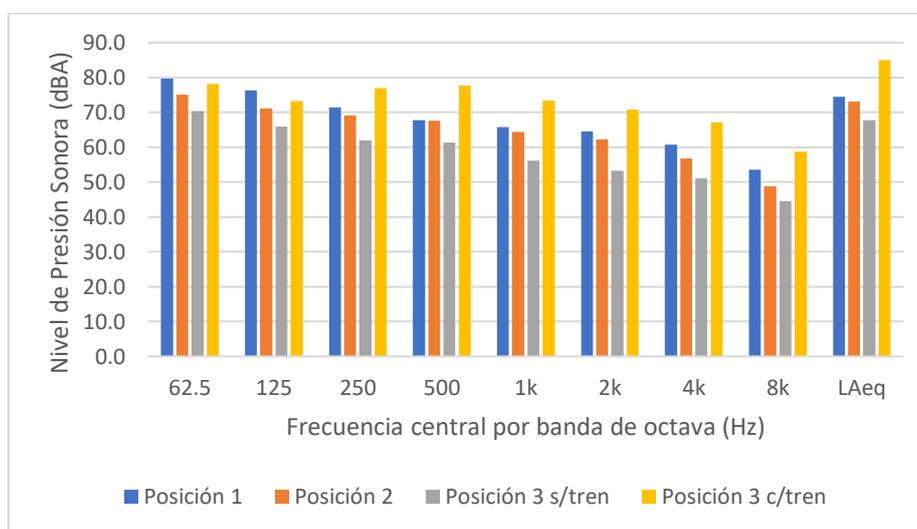


Figura 4-13 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación San Borja Sur

| Hora valle | | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
|------------------------------|------|---|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 75.8 | 72.2 | 68.2 | 64.5 | 63.4 | 61.7 | 57.0 | 51.0 | 73.9 |
| Posición 2 | 74.0 | 69.0 | 66.9 | 66.2 | 67.0 | 62.3 | 55.4 | 48.2 | 71.2 |
| Posición 3 s/tren | 69.0 | 64.5 | 61.6 | 59.5 | 56.9 | 54.2 | 50.5 | 45.6 | 65.1 |
| Posición 3 c/tren | 73.3 | 74.4 | 80.3 | 79.7 | 72.5 | 68.7 | 62.8 | 54.4 | 81.2 |

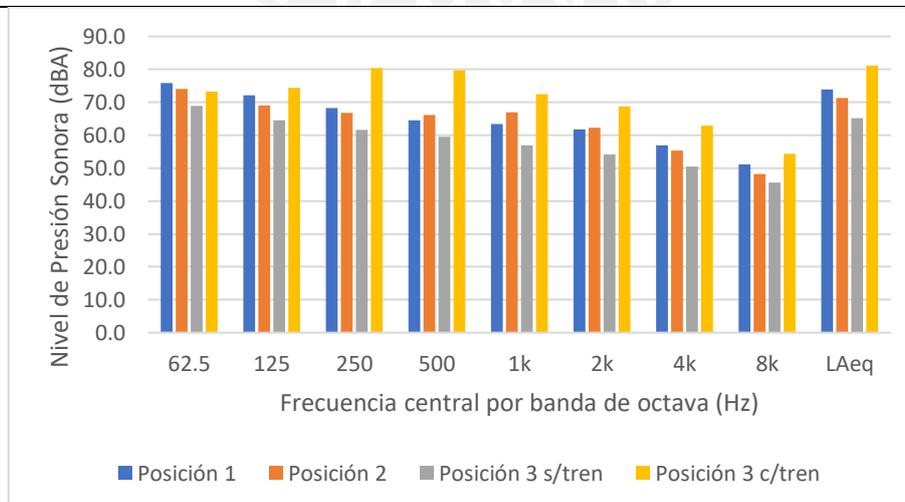


Figura 4-14 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación San Borja Sur

La Cultura

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 82.4 | 79.0 | 74.3 | 71.8 | 70.0 | 67.7 | 62.8 | 55.5 | 78.7 |
| Posición 2 | 77.1 | 73.8 | 71.3 | 70.2 | 68.0 | 64.5 | 60.6 | 52.8 | 75.1 |
| Posición 3 s/tren | 71.5 | 66.1 | 63.1 | 63.8 | 60.6 | 56.3 | 52.2 | 44.2 | 67.0 |
| Posición 3 c/tren | 75.8 | 72.9 | 76.0 | 77.4 | 72.3 | 69.3 | 64.5 | 55.7 | 84.2 |

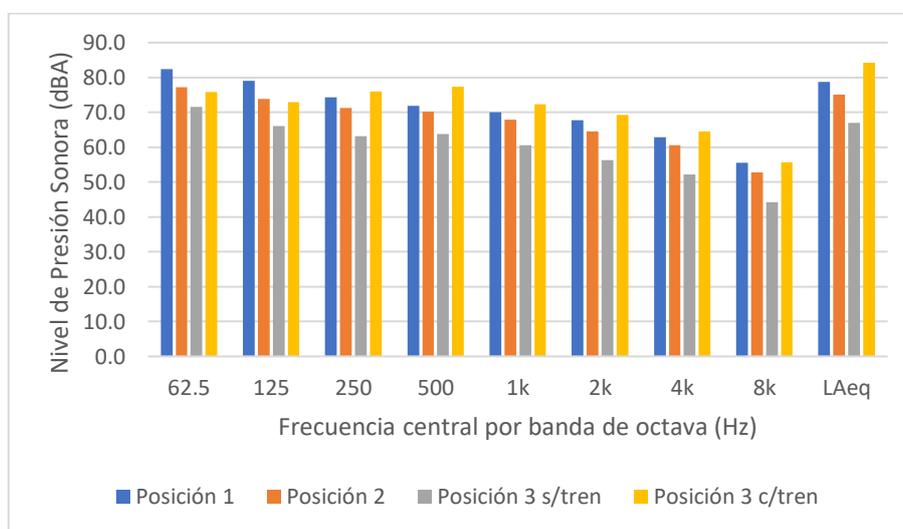


Figura 4-15 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación La Cultura

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 77.1 | 72.7 | 68.5 | 65.4 | 63.9 | 61.7 | 57.6 | 50.2 | 74.7 |
| Posición 2 | 73.8 | 69.7 | 67.0 | 65.4 | 62.8 | 59.3 | 55.6 | 47.0 | 70.7 |
| Posición 3 s/tren | 67.4 | 62.3 | 61.2 | 59.1 | 56.1 | 53.6 | 50.0 | 42.9 | 65.5 |
| Posición 3 c/tren | 70.0 | 68.6 | 74.1 | 75.1 | 69.1 | 65.3 | 61.5 | 53.5 | 82.5 |

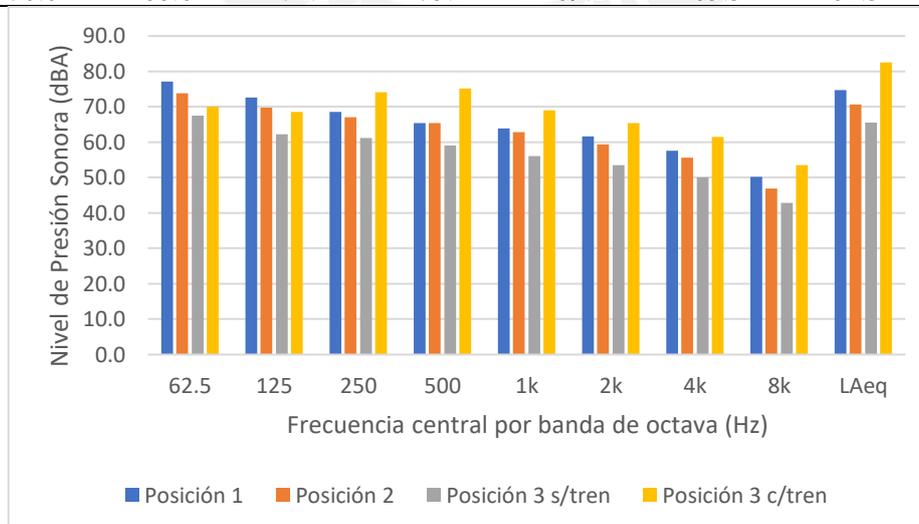


Figura 4-16 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación La Cultura

Gamarra

| Hora pico Nivel de Presión Sonora (dB) | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | L_{Aeq} |
|--|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Posición 1 | 75.3 | 70.9 | 69.9 | 80.1 | 78.5 | 69.9 | 63.6 | 54.2 | 86.7 |
| Posición 2 | 73.3 | 68.2 | 67.5 | 74.3 | 73.1 | 67.0 | 59.4 | 50.4 | 77.7 |
| Posición 3 s/tren | 69.3 | 63.5 | 62.0 | 66.9 | 64.3 | 59.0 | 51.8 | 42.6 | 72.8 |
| Posición 3 c/tren | 72.9 | 70.7 | 76.6 | 79.2 | 72.3 | 67.4 | 62.2 | 53.7 | 84.6 |

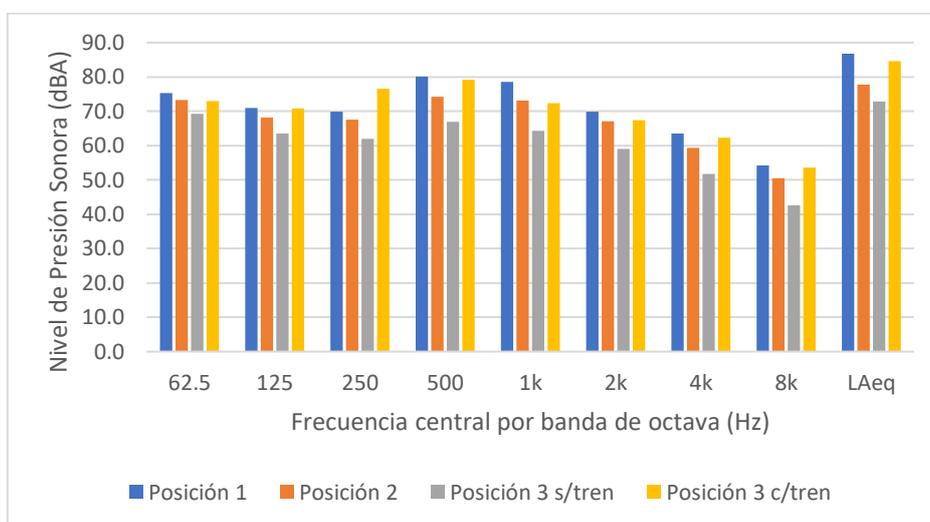


Figura 4-17 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Gamarra

| Hora valle Nivel de Presión Sonora (dB) | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | L_{Aeq} |
|---|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Posición 1 | 72.7 | 71.0 | 71.3 | 79.9 | 79.6 | 71.8 | 60.6 | 51.6 | 86.1 |
| Posición 2 | 71.0 | 67.8 | 68.7 | 74.8 | 72.1 | 64.7 | 57.8 | 49.6 | 77.9 |
| Posición 3 s/tren | 66.2 | 62.7 | 65.5 | 72.7 | 70.5 | 63.0 | 53.8 | 44.9 | 77.7 |
| Posición 3 c/tren | 70.4 | 70.0 | 74.8 | 78.4 | 72.7 | 67.5 | 61.4 | 52.5 | 81.4 |

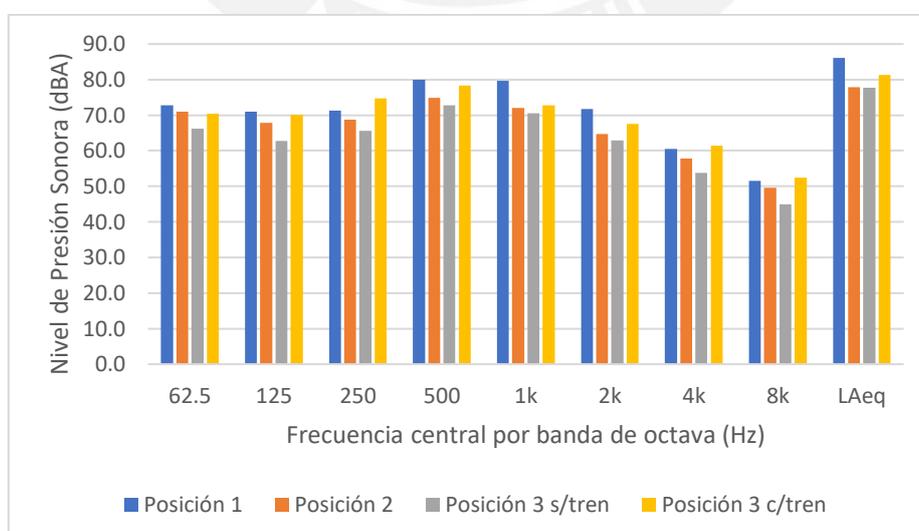


Figura 4-18 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Gamarra

Miguel Grau

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 84.6 | 81.6 | 78.5 | 77.2 | 75.2 | 72.6 | 68.6 | 61.8 | 82.8 |
| Posición 2 | 78.0 | 75.4 | 72.7 | 72.2 | 69.6 | 66.4 | 62.9 | 55.7 | 79.1 |
| Posición 3 s/tren | 73.3 | 67.0 | 64.5 | 63.8 | 62.0 | 59.1 | 55.4 | 48.8 | 69.8 |
| Posición 3 c/tren | 79.3 | 74.9 | 77.6 | 77.2 | 73.9 | 70.6 | 66.1 | 58.4 | 83.6 |

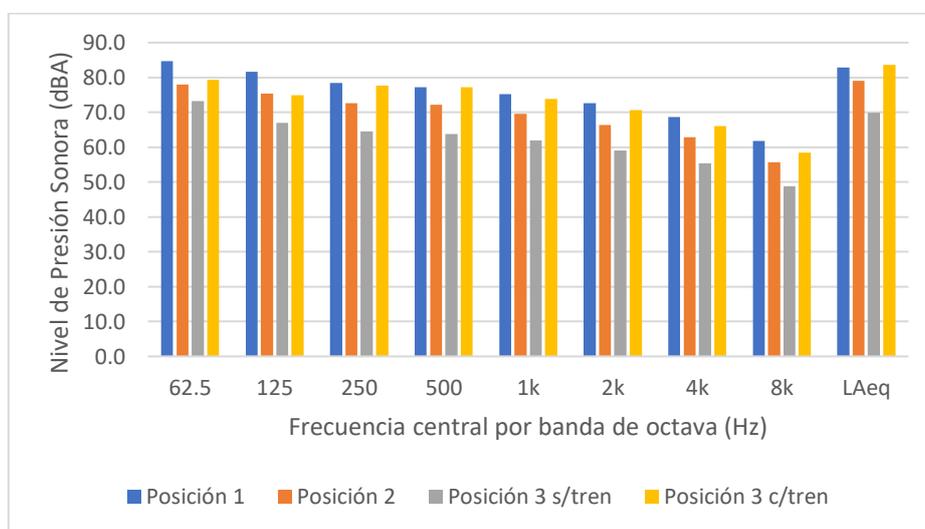


Figura 4-19 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Miguel Grau

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 82.3 | 78.7 | 75.8 | 74.3 | 71.7 | 69.4 | 65.9 | 59.4 | 80.1 |
| Posición 2 | 76.5 | 73.3 | 70.2 | 70.1 | 67.9 | 65.7 | 62.7 | 53.4 | 76.7 |
| Posición 3 s/tren | 70.6 | 63.4 | 61.1 | 60.4 | 57.7 | 55.2 | 51.7 | 44.0 | 62.8 |
| Posición 3 c/tren | 77.4 | 72.8 | 76.7 | 78.8 | 71.8 | 69.8 | 64.0 | 55.6 | 84.2 |

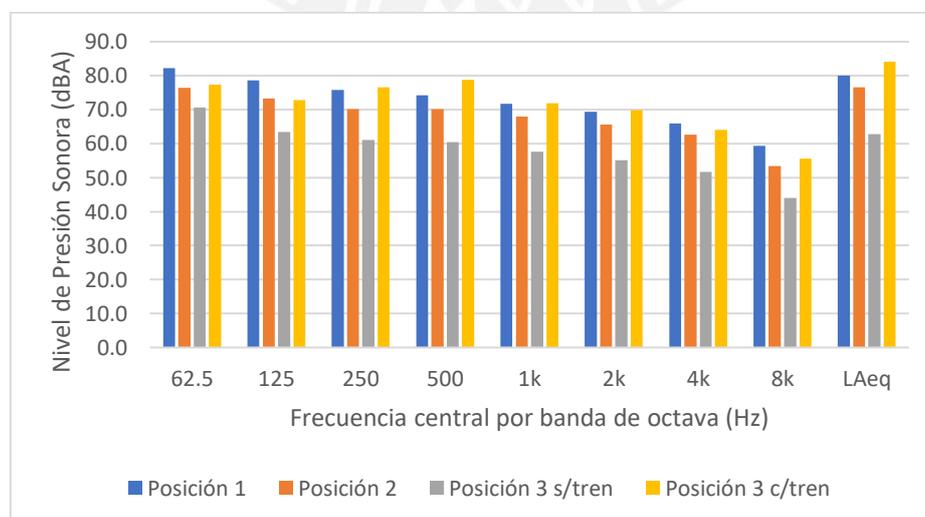


Figura 4-20 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Miguel Grau

Presbítero Maestro

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 70.4 | 68.1 | 63.2 | 60.8 | 57.7 | 54.7 | 50.7 | 44.9 | 69.1 |
| Posición 2 | 70.7 | 70.6 | 66.2 | 64.1 | 59.9 | 56.7 | 50.4 | 42.6 | 69.6 |
| Posición 3 s/tren | 64.0 | 59.7 | 59.0 | 56.1 | 53.8 | 50.8 | 43.7 | 35.9 | 61.4 |
| Posición 3 c/tren | 68.4 | 71.5 | 76.3 | 77.5 | 72.2 | 68.7 | 62.5 | 53.5 | 85.5 |

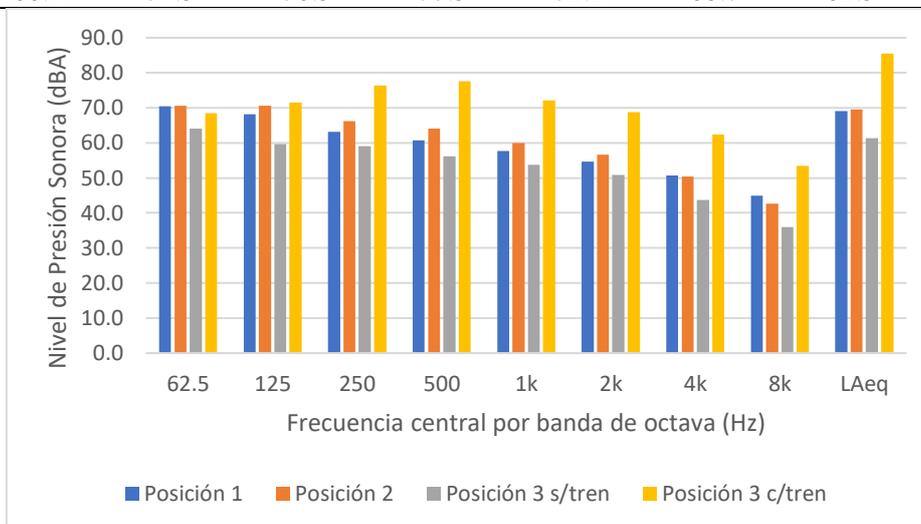


Figura 4-21 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Presbítero Maestro

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 77.9 | 75.1 | 69.7 | 68.2 | 67.8 | 64.5 | 60.6 | 52.9 | 71.5 |
| Posición 2 | 75.0 | 74.3 | 69.8 | 67.1 | 63.9 | 62.6 | 53.7 | 45.1 | 73.0 |
| Posición 3 s/tren | 69.2 | 64.9 | 61.2 | 58.4 | 55.4 | 56.1 | 46.6 | 38.4 | 65.1 |
| Posición 3 c/tren | 71.8 | 74.5 | 78.5 | 78.5 | 75.0 | 72.0 | 67.0 | 57.2 | 83.7 |

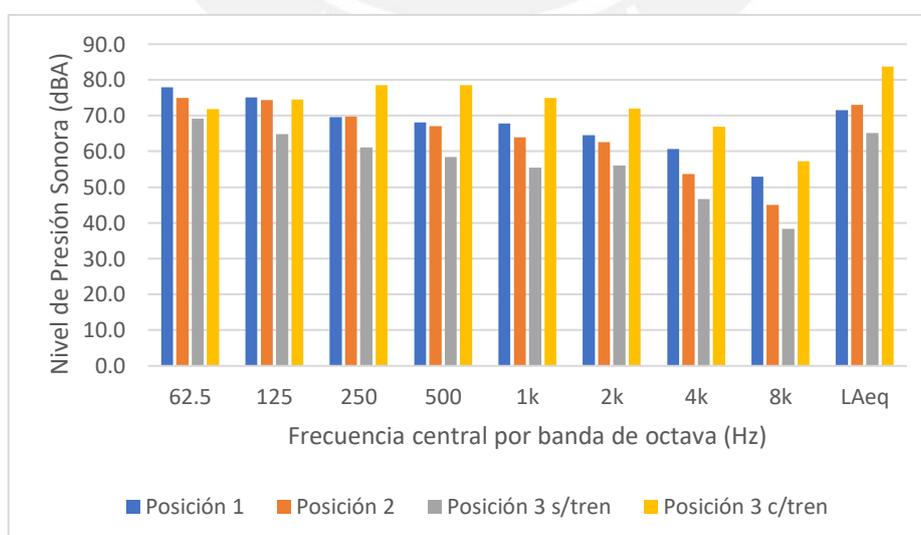


Figura 4-22 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Presbítero Maestro

Pirámide del Sol

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 69.7 | 66.8 | 63.8 | 62.9 | 61.3 | 55.2 | 56.8 | 46.2 | 71.3 |
| Posición 2 | 70.1 | 67.2 | 66.0 | 65.0 | 60.7 | 56.2 | 51.3 | 43.9 | 74.1 |
| Posición 3 s/tren | 64.2 | 62.3 | 64.3 | 62.1 | 58.6 | 53.8 | 49.7 | 42.7 | 66.1 |
| Posición 3 c/tren | 71.3 | 73.1 | 77.9 | 78.1 | 73.0 | 69.5 | 63.9 | 55.2 | 85.5 |

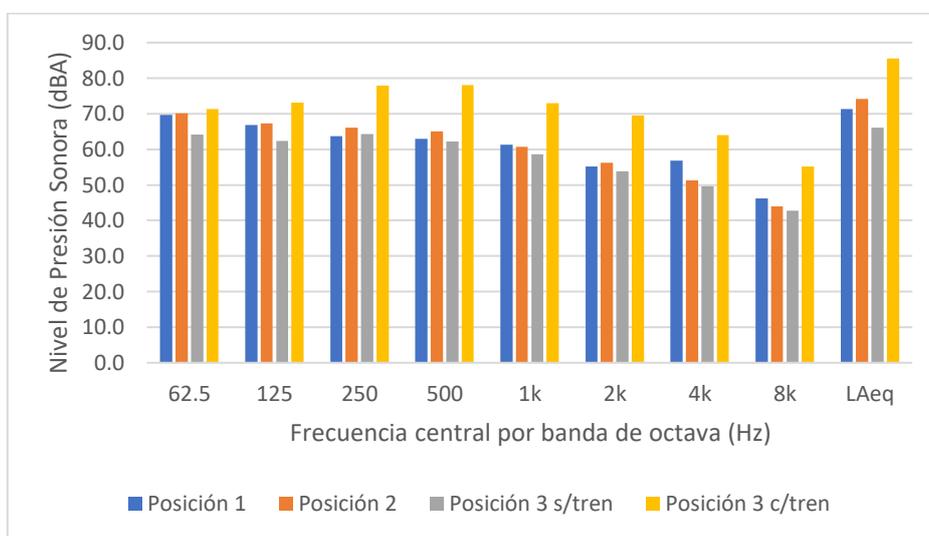


Figura 4-23 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Pirámide del Sol

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L _{Aeq} |
| Posición 1 | 75.7 | 72.0 | 68.6 | 67.3 | 64.3 | 60.3 | 56.8 | 49.1 | 72.0 |
| Posición 2 | 74.5 | 71.5 | 70.3 | 69.7 | 66.2 | 62.3 | 57.3 | 49.6 | 76.2 |
| Posición 3 s/tren | 68.6 | 66.8 | 68.0 | 67.8 | 62.0 | 57.1 | 53.6 | 48.0 | 72.6 |
| Posición 3 c/tren | 73.4 | 74.0 | 78.8 | 78.4 | 74.5 | 71.6 | 67.7 | 59.4 | 82.1 |

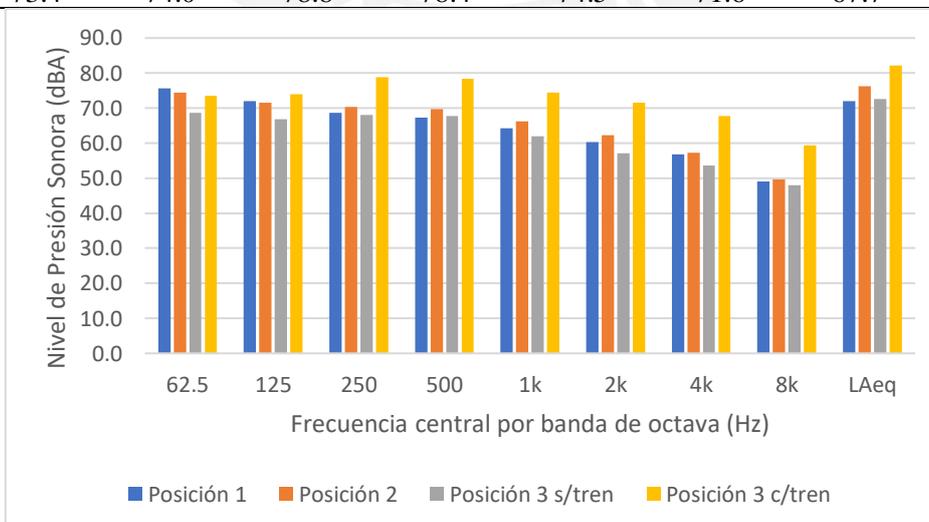


Figura 4-24 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Pirámide del Sol

Los Jardines

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 83.1 | 80.8 | 76.7 | 74.9 | 72.8 | 71.1 | 68.9 | 60.5 | 82.5 |
| Posición 2 | 81.7 | 79.4 | 76.5 | 76.3 | 73.8 | 71.2 | 66.5 | 58.6 | 81.0 |
| Posición 3 s/tren | 76.5 | 73.5 | 71.0 | 71.3 | 69.7 | 67.8 | 64.6 | 55.0 | 77.8 |
| Posición 3 c/tren | 74.6 | 76.0 | 80.1 | 79.2 | 75.4 | 72.2 | 67.8 | 58.4 | 84.4 |

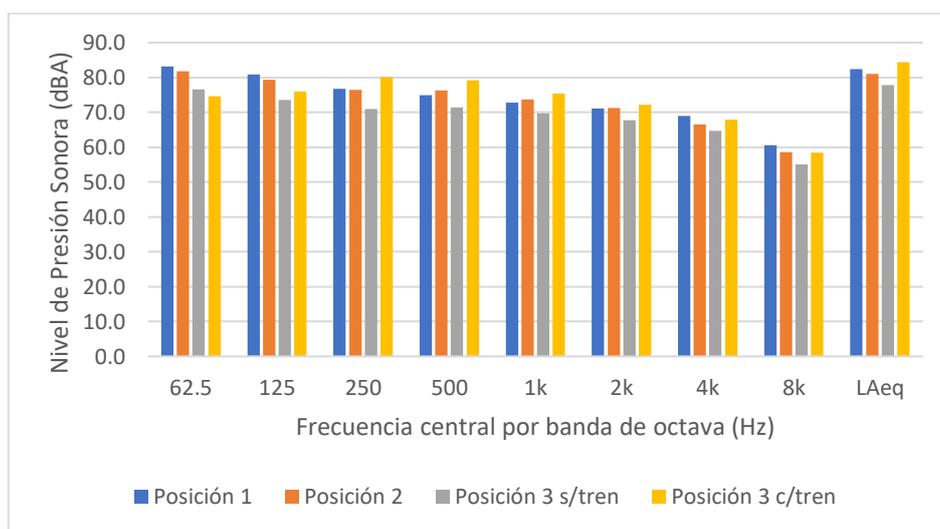


Figura 4-25 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Los Jardines

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 83.4 | 80.1 | 76.4 | 74.6 | 72.1 | 69.0 | 66.2 | 58.9 | 80.2 |
| Posición 2 | 80.8 | 78.2 | 75.8 | 74.2 | 71.5 | 69.2 | 65.1 | 57.0 | 78.3 |
| Posición 3 s/tren | 74.1 | 69.8 | 69.0 | 68.7 | 65.3 | 62.1 | 57.9 | 49.3 | 75.4 |
| Posición 3 c/tren | 75.6 | 77.6 | 82.2 | 81.2 | 77.6 | 74.2 | 69.5 | 60.9 | 84.7 |

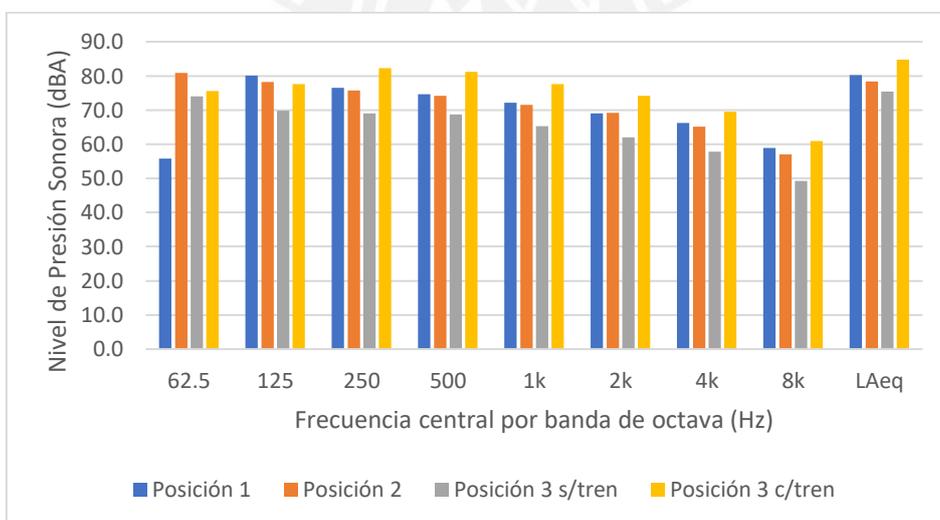


Figura 4-26 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Los Jardines

Bayóvar

| Hora pico | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 84.4 | 81.1 | 78.0 | 80.2 | 78.7 | 75.5 | 71.9 | 64.1 | 87.4 |
| Posición 2 | 84.6 | 80.5 | 76.9 | 75.8 | 74.5 | 73.0 | 71.1 | 62.9 | 85.9 |
| Posición 3 s/tren | 80.5 | 75.2 | 71.3 | 74.8 | 72.5 | 67.4 | 66.6 | 58.6 | 85.4 |
| Posición 3 c/tren | 77.8 | 78.9 | 83.7 | 82.3 | 79.2 | 76.4 | 72.5 | 63.8 | 87.9 |

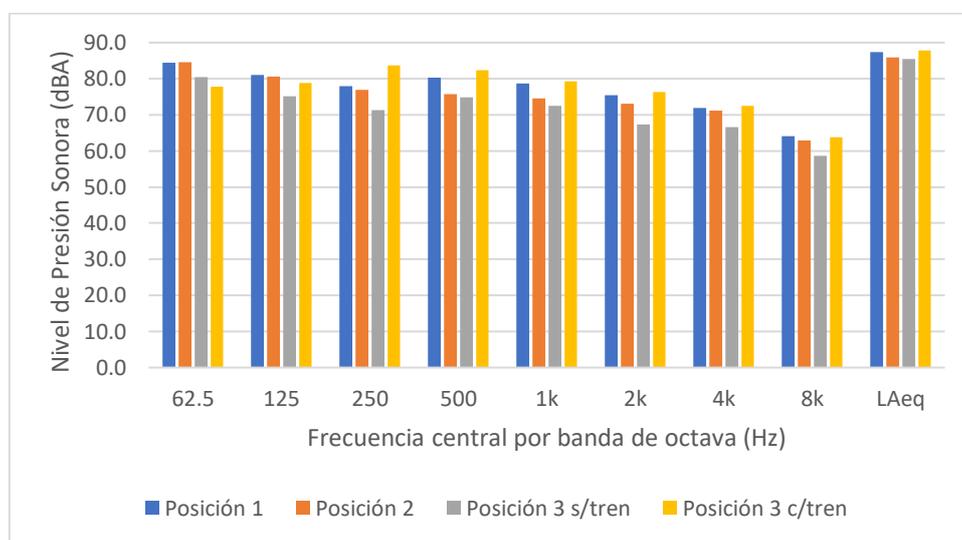


Figura 4-27 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora pico – Estación Bayóvar

| Hora valle | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
|------------------------------|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|
| Nivel de Presión Sonora (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | L_{Aeq} |
| Posición 1 | 82.5 | 78.6 | 75.3 | 78.3 | 76.2 | 74.4 | 69.3 | 61.8 | 82.9 |
| Posición 2 | 83.5 | 77.5 | 73.7 | 75.3 | 73.7 | 71.8 | 68.7 | 61.2 | 82.2 |
| Posición 3 s/tren | 74.1 | 70.6 | 71.1 | 72.5 | 68.7 | 65.9 | 62.6 | 52.2 | 81.2 |
| Posición 3 c/tren | 75.6 | 76.4 | 79.3 | 79.7 | 76.0 | 72.9 | 69.4 | 60.4 | 84.6 |

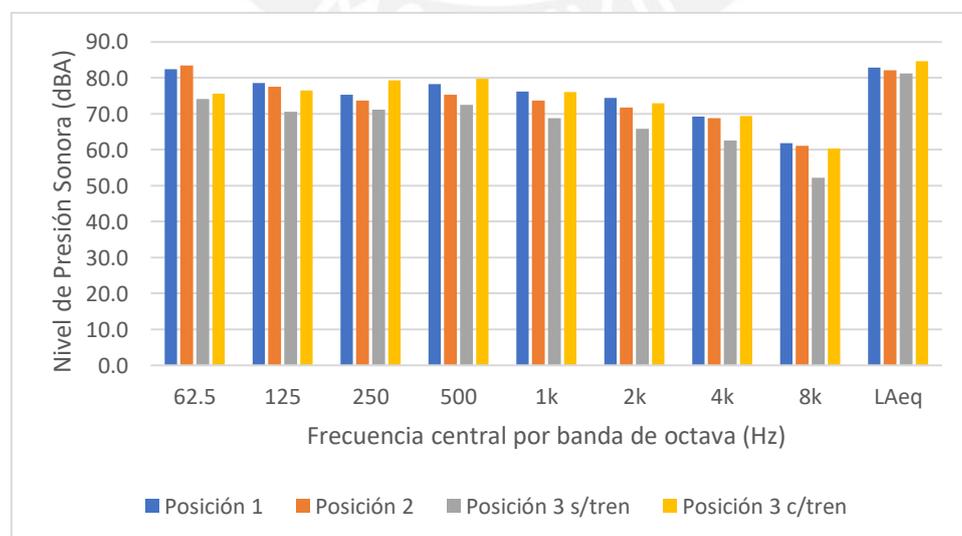


Figura 4-28 Nivel de Presión Sonora en posiciones 1, 2 y 3 alrededor de hora valle – Estación Bayóvar

4.3. Encuesta al público usuario

Las encuestas se realizaron de manera netamente presencial durante el mes de septiembre del 2020 en días y horarios representativos. Se encuestó a los usuarios del servicio del metro en cada una de las 26 estaciones según la afluencia mostrada en la tabla 3.2. Por lo tanto, en las estaciones más concurridas: Gamarra, Miguel Grau, Bayóvar, Villa El Salvador y La Cultura se logró encuestar a una mayor cantidad de personas.

Las encuestas solo se realizaron afuera de las estaciones debido a que en el interior no se permitía ningún tipo de comunicación entre personas por la situación de pandemia. Es por ello que la percepción del ruido registrada en las encuestas responde mayoritariamente a cómo el tránsito vehicular –principal fuente de ruido urbano- impacta en el usuario al momento de ingresar a la estación.

Es importante mencionar que debido a la situación extraordinaria vivida durante la pandemia de Covid 19, el tiempo de espera para el ingreso de la estación durante ese periodo era aproximadamente de 1 hora, mientras que en tiempos normales la espera era de alrededor de 10 minutos, por lo que la molestia percibida por el ruido del motor de los autos era más notoria que en situaciones de pre-pandemia. Asimismo, la mayoría de las personas encuestadas eran pasajeros que buscaban abordar el tren. Solo unos pocos vendedores informales fueron encuestados, de manera que se mantiene relación con la proporción entre pasajeros y vendedores que comparten el espacio de la estación y se logra tener registro de ambos tipos de usuarios.

Debe precisarse que en las encuestas no fue posible conseguir testimonio representativo de personas de la tercera edad por la coyuntura del Covid 19, por lo que la percepción, en general, correspondería a personas con una mejor capacidad auditiva, lo cual otorga más credibilidad a la percepción del ruido registrado en las encuestas que

servirá para la posterior comparación con los niveles de presión sonora registrados con el micrófono de medición.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Caracterización acústica de las estaciones

5.1.1. Determinación de parámetros acústicos

Con los resultados registrados por el equipo normado se exponen los parámetros a analizar, los cuales son: L_{Aeq} , L_{max} , L_{min} , L_{A90} , L_{A50} y L_{A10} . Asimismo, se analiza el espectro de frecuencias del ruido registrado para caracterizarlo y conocer las diferentes fuentes sonoras que generan el ruido percibido en las estaciones. La correcta recopilación de estos parámetros permitirá obtener resultados válidos que podrán ser analizados para así comparar los niveles de presión sonora en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima con los estándares nacionales y otros metros en el contexto global.

5.1.2. Evaluación comparativa de los niveles de ruido según estándares nacionales

Se hace la precisión de que los valores registrados de presión sonora se compararon con los estándares nacionales para una zona comercial a fin de conocer su relación con lo establecido por norma, sin embargo, el fin de esta comparación es caracterizar el ruido percibido por los usuarios mas no analizar el impacto de las mismas en las zonas aledañas.

Las mediciones realizadas en las instalaciones de la Línea 1 del Metro de Lima indicaron que solo en la estación Presbítero Maestro para el horario de los sábados no se sobrepasa el límite permitido de nivel de presión sonora de 70 dB(A), según el ECA del ruido para una zona comercial (MINAM, 2003). Estos resultados corresponden a la medición hecha tanto al interior como al exterior de la respectiva

estación alrededor de la hora pico que, debido a que no funciona la fábrica los días sábados, disminuye el ruido percibido en la estación. Sin embargo, cuando se hace la medición en la zona del andén en presencia de tren se observa que sí se logra sobrepasar el nivel máximo permitido. Esta realidad se refleja de igual manera en todas las estaciones analizadas, ya que los registros obtenidos en las posiciones 3 en el momento en que el tren se encuentra en la estación son de al menos 81 dB(A) (pudiendo ser mayor si se captó la llegada de 2 trenes a la misma vez). Las razones de esta alza generalizada en los niveles de presión sonora respecto a las demás posiciones de medición pueden deberse al ruido constante generado por la fricción entre las ruedas del tren con los rieles cada que este se aproxima a la estación que, sumado a la entrada y/o salida de personas y al sonido emitido por la sirena al momento del cerrado de puertas, son generadas durante aproximadamente un minuto y en intervalos de 4 minutos que aumentan drásticamente el ruido ambiental en el espacio de la estación.

En contraste con el caso anterior, se puede decir que solo en las estaciones Villa El Salvador, San Borja Sur, La Cultura, Miguel Grau y Presbítero Maestro los registros de nivel de presión sonora en la posición 3 sin presencia de tren están por debajo del límite de 70 dB(A). Esto se debe a que, en el caso de las estaciones elevadas, el ruido del tránsito vehicular no incide directamente sobre las personas y por eso el ruido percibido por los usuarios es menor. Además, que en algunos momentos se escucha más o en menor medida el claxon de los autos por lo que esto también influye en lo registrado. Vale precisar que en la estación Villa El Salvador el ruido disminuye porque no hay flujo importante en la avenida circundante a las vías del tren, es por ello que no se percibe mucho ruido ambiental.

Según lo mencionado anteriormente, las estaciones San Juan, Atocongo, Cabitos, Gamarra, Los Jardines y Bayóvar sobrepasan los niveles permitidos durante todo el momento del día puesto que los niveles de presión sonora son mayores a 70 dB(A) para todas las posiciones de medición. Es decir, en la mitad de las estaciones seleccionadas los usuarios se ven expuestos a un ruido incesante que podría mermar su salud según el tiempo de exposición al ruido.

Más crítico resulta saber que 11 de las 12 estaciones sobrepasan los 70 dB(A) en las posiciones 1 y 2, evidenciándose que las estaciones de metro son zonas con mucha exposición de ruido urbano o ambiental.

Como caso particular se da que en la estación Gamarra se sobrepasan ampliamente los límites permitidos de ruido registrado, tanto alrededor de la hora pico como de la hora valle, con más de 70 dB(A) en todas las posiciones donde se hicieron las mediciones, en especial en la posición 1, donde el nivel de ruido llega hasta los 86 dB(A) tanto alrededor de la hora pico como la hora valle.

Es importante esclarecer que estos valores corresponden principalmente al ruido generado por los comerciantes informales, ya que al usar de forma desmedida sus micrófonos o megáfonos ofreciendo sus productos generaban un ruido excesivo que enmascaraba al ruido propio del poco flujo vehicular que atravesaba la estación. Asimismo, como el ruido imposibilitaba la comunicación, el personal de la línea 1 también se veía obligado a usar megáfonos para poder realizar sus indicaciones a los pasajeros, por lo que la sensación de ruido percibida era mucho mayor.

Lo que resulta alarmante son los excesivos niveles de ruido percibidos en la estación Bayóvar en cada una de las tres posiciones analizadas ya que se sobrepasaron los 80 dB(A) tanto alrededor de hora pico como hora valle. Más de 87 dB(A) se percibieron en la explanada de la estación alrededor de la hora pico debido a que ahí

se ubica el paradero del transporte público y se hace un uso indiscriminado de bocinas de vehículos, además de que había personas que vociferaban a través de sus megáfonos y micrófonos atrayendo pasajeros para que suban a sus micros y colectivos. Esta situación se repite en la posición dado que el ruido del exterior impacta con facilidad al interior de la estación. Además, en la posición 3 se sobrepasan los 80 dB(A) la mayoría del tiempo porque la presencia de un tren en la estación se da prácticamente en todo momento ya que es el paradero inicial del servicio de metro.

En cuanto a la variación de los niveles de ruido a lo largo del día en las estaciones se observó que las diferencias de nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A (L_{Aeq}) en hora pico y valle varían aproximadamente hasta un máximo de 11% en algunas posiciones de las estaciones, por lo que se puede caracterizar el nivel de ruido percibido de igual incidencia en los usuarios durante cualquier momento del día.

En cuanto al espectro de frecuencias registrado en cada una de las mediciones se evidenció que en las posiciones 1, 2 y 3 sin tren el ruido preponderante es de baja frecuencia. Esto corresponde a que la mayor fuente de ruido son los vehículos a motor. Luego disminuye un poco el nivel de ruido en las frecuencias medias y es mínimo en las altas frecuencias. Esta apreciación varía un poco en estaciones como Bayóvar o Gamarra donde hay más presencia de frecuencias medias y medio altas debido a que el sonido de megáfonos y micrófonos usados por los vendedores informales, cobradores de micros e incluso personal de la línea 1 al momento de dar indicaciones a las personas son tan notorios como el ruido de los vehículos a motor.

En el rango de las frecuencias medias es importante destacar que en las posiciones 2 y 3 hay presencia importante de estas debido al sonido de los sistemas de

publidifusión es más notorio. A su vez, cuando el tren se encuentra en la estación, la banda central de octava de 500 Hz es mayor debido a que la sirena del metro emite un sonido a esa frecuencia que eleva bastante esa banda de octava.

5.1.3. Comparación de niveles de ruido con los metros de México, Chile y Portugal

La comparación y análisis de los niveles de ruido entre los diferentes metros seleccionados exige que los registros de presión sonora hayan obtenido sus resultados a través de la misma norma y con un equipo de similares características. Sin embargo, debido a las dificultades ocasionadas por el contexto vivido, como se mencionó anteriormente, no fue posible hacer esa comparación a tal grado. A pesar de ello, el equipo utilizado cumple con características similares a lo usado en los demás estudios de metro, por lo que los niveles de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (L_{Aeq}) obtenidos en las estaciones de la línea 1 tendrán un valor referencial importante para ser comparados con los niveles registrados en los metros de Ciudad de México, Santiago y Oporto. De igual modo esta comparación permitirá situar y dar conclusiones al caso de la única línea de metro del país para una futura línea de investigación.

Respecto al metro de Santiago de Chile, el nivel de presión sonora en los andenes es similar a lo registrado en las estaciones del metro de Lima ya que en Chile se oscila entre los 80 dB(A) y 85 dB(A), mientras que en el metro de Lima va desde 80 dB(A) hasta incluso 87 dB(A). Esta similitud con lo registrado en las estaciones de la línea 1 puede deberse a que el tipo y el funcionamiento de los metros son de características similares. También puede deberse a que el metro de Lima está compuesto mayoritariamente por un viaducto elevado y se encuentra en un espacio al aire libre que es impactado en mayor o menor medida por el ruido del tráfico vehicular (el cual es el más contaminante y preponderante) por lo que los niveles de

ruido tienden a elevarse según la ubicación de la estación. En el caso del metro de Santiago este no es el caso ya que al ser subterráneo las paredes de la estación reflejan en múltiples direcciones el sonido y por la natural amplificación sonora de una fuente en un espacio cerrado. Sin embargo, el ruido es similar porque la principal fuente de ruido es el metro.

En el caso del metro de Ciudad de México la comparación va más acorde ya que se analizó una línea de metro con viaducto elevado (igual que la línea 1 del Metro de Lima). En esta línea de metro (línea 4) se registró un nivel de 62.3 dB(A) en el andén que se encuentra elevado respecto a la calle. Este valor, bastante por debajo de las mediciones elaboradas para el metro de Lima, puede deberse a que esta línea de tren es poco utilizada por los usuarios y tiene un corto recorrido (no más de 11 km de viaducto), por lo que los usuarios no están expuestos al ruido provocado por el tránsito en vías aledañas ni al generado por las personas. Además, que el informe del metro de México no especifica que la medición fue hecha mientras el tren estaba en la estación, por lo que de ser ese el caso sería similar a lo registrado en la estación Presbítero Maestro con 62 dB(A) en promedio en el andén sin presencia de tren.

En cuanto al metro de Oporto en Portugal la comparación es similar al hecho con el metro de Santiago ya que ambos son subterráneos, pero con el agregado de que se analizan los casos en los que hay presencia de tren o no en la estación. Los valores medidos en el andén sin presencia de tren van desde los 47 dB(A) hasta los 53 dB(A), mientras que los valores en el andén con presencia de tren oscilan entre 71 dB(A) y 84 dB(A).

La comparación muestra que los valores en el andén sin presencia de tren están muy por debajo que los registrados en la Línea 1 del Metro de Lima ya que este oscila entre los 61 dB(A) y 77 dB(A) (incluso a un pico de 85.4 dB(A) si se considera el

caso particular de Bayóvar). Esto puede deberse a un óptimo diseño en la acústica arquitectónica de la estación en el metro de Oporto. En el caso en que hay presencia de tren los valores se asemejan a lo registrado en la línea 1, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el metro de Oporto es subterráneo, por lo que el nivel ruido en el metro de Lima debería ser menor si es que el ruido de transporte motorizado no fuera tan desproporcionado en algunas estaciones.

Adicionalmente, se hizo la comparación del nivel de presión sonora registrado en la posición 1 al exterior de la estación Bayóvar con lo medido en la tesis sobre ruido en los alrededores de esa estación (Yóplac, 2019). En la tesis se obtuvo un nivel de 84.9 dB(A) en la zona de la entrada de la estación, mientras que lo medido con el micrófono de medición en esa posición fue de 85.2 dB(A) en promedio. Esta diferencia de menos del 0.5% puede ser un factor muy importante a considerar ya que certifica que el equipo utilizado en la presente investigación registra el nivel de presión sonora con una precisión similar a la hecha por un sonómetro integrador tipo 2.

5.2. Percepción del público usuario

Para analizar la percepción del público usuario del servicio de metro se realizaron 397 encuestas en total hechas en un rango entre las 11:00 am y 17:00 pm durante el mes de septiembre del 2020 (la fecha y horario de la aplicación de las encuestas se muestra en el anexo 8). Los resultados se registraron en gráficos circulares para cada una de las 13 preguntas hechas al público encuestado. A continuación, se analiza cada uno de los resultados:

5.2.1. Datos generales de los usuarios

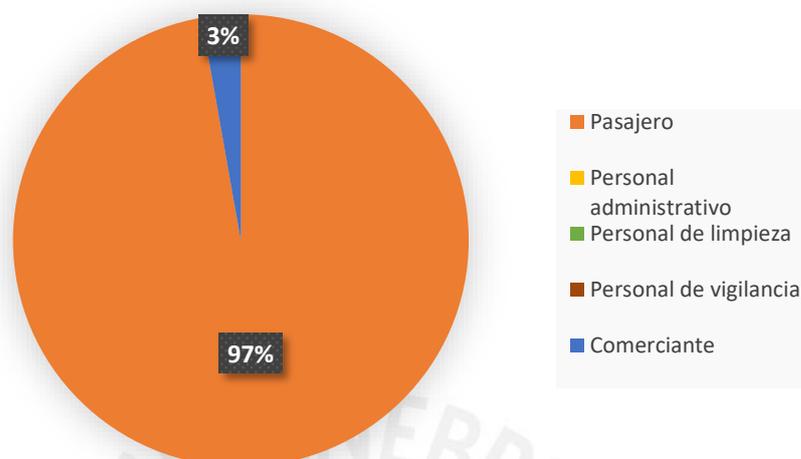


Figura 5-1 Resultados Pregunta 1: Tipo de usuario

El 97 % de los encuestados fueron pasajeros, los cuales rindieron la encuesta afuera de las estaciones debido a las disposiciones de la línea 1 de no permitir interacción social dentro de sus instalaciones por motivos de la pandemia del Covid 19. Esto trajo como resultado que no se tenga registro del personal administrativo, de limpieza o de vigilancia.

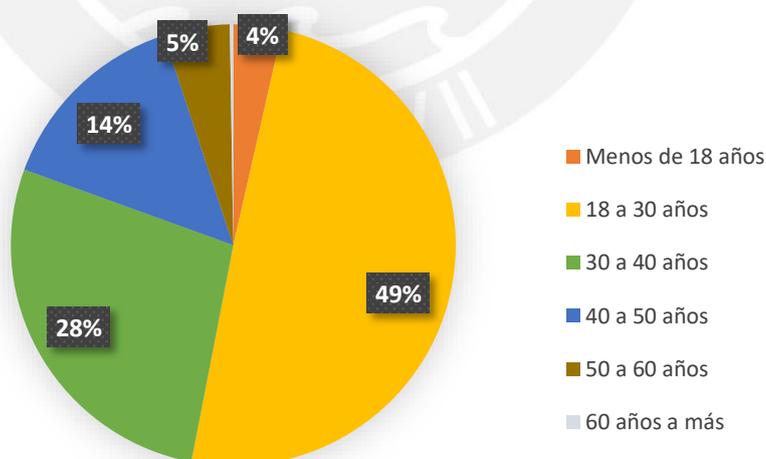


Figura 5-2 Resultados Pregunta 2: Edad

La edad preponderante de los encuestados fue de 18 a 30 años, seguido de personas entre los 30 y 40 años. Este resultado refleja el hecho de que los pasajeros

corresponden, en su mayoría, a personas en edad de trabajar, lo cual concuerda con la situación vivida en época de pandemia al restringirse el libre tránsito de menores de edad y personas de la tercera edad a fin de resguardar la salud de los más vulnerables y contener la propagación del virus.

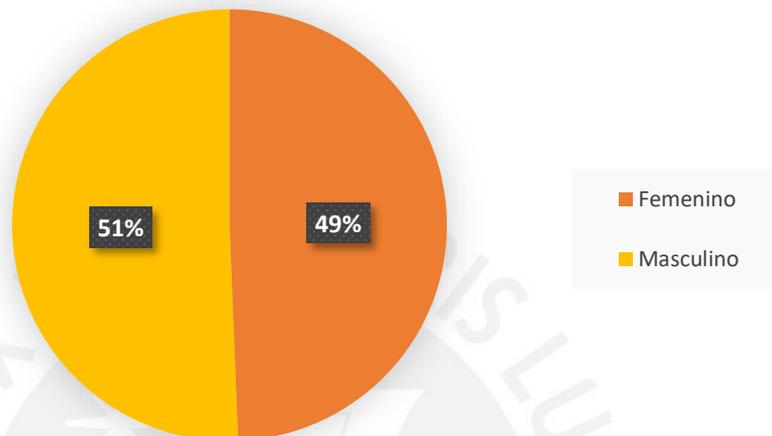


Figura 5-3 Resultados Pregunta 3: Sexo

La figura anterior indica que aproximadamente el 51 % de encuestados fue varón, mientras que un 49 % correspondió a mujeres.

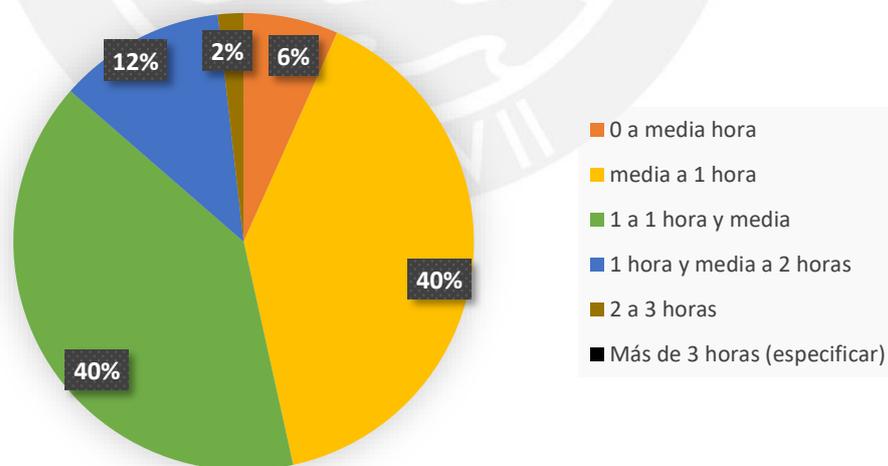


Figura 5-4 Resultados Pregunta 4: ¿Cuál es su tiempo de permanencia en la estación un día cotidiano?

La mayoría de las personas manifestó que demoran entre una hora y una hora y media para abordar el tren. Esto debido a que en esa época de pandemia se restringió el aforo de los trenes para disminuir el contagio del Covid 19.

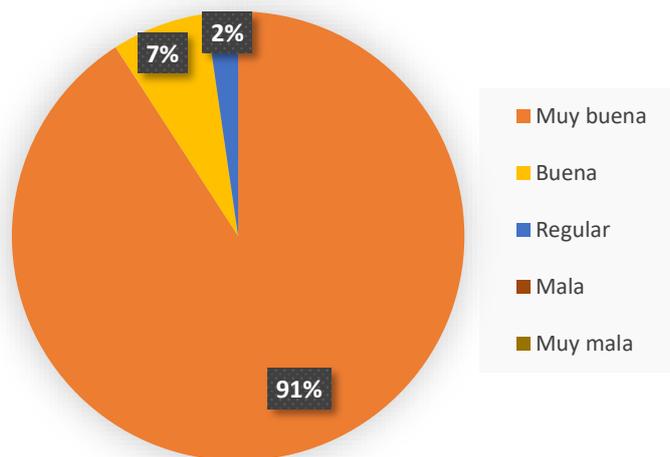


Figura 5-5 Resultados Pregunta 5: Considera que su capacidad auditiva es:

El 90 % de los encuestados considera que tiene una capacidad auditiva muy buena, por lo que se podría considerar que la percepción de cada uno de los encuestados es confiable al momento de compararlo con los resultados de la medición con el micrófono de medición.

5.2.2. Percepción del ruido ambiental

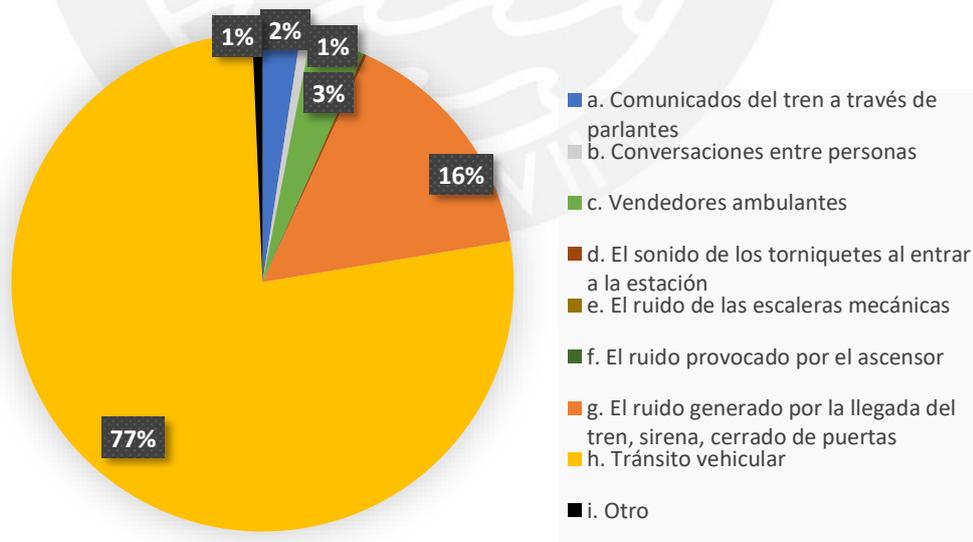


Figura 5-6 Resultados Pregunta 6: Mencione hasta 3 principales fuentes de ruido que percibe en esta zona de la estación

La figura 5-6 expone que la gran mayoría de personas manifiesta que el ruido que más presencia tiene al momento de hacer la cola para entrar la estación es el del

tránsito vehicular. Esto corresponde con la ubicación en la que se realizaron las encuestas ya que a las afueras de cada estación es más notorio el ruido provocado por el tránsito vehicular. Solo en algunas estaciones (desde Villa El Salvador a San Juan) que tienen infraestructura elevada el ruido del tren también era perceptible para los usuarios. Sin embargo, la mayor incidencia que ellos perciben antes de ingresar a las estaciones sigue siendo la del ruido provocado por el transporte motorizado.

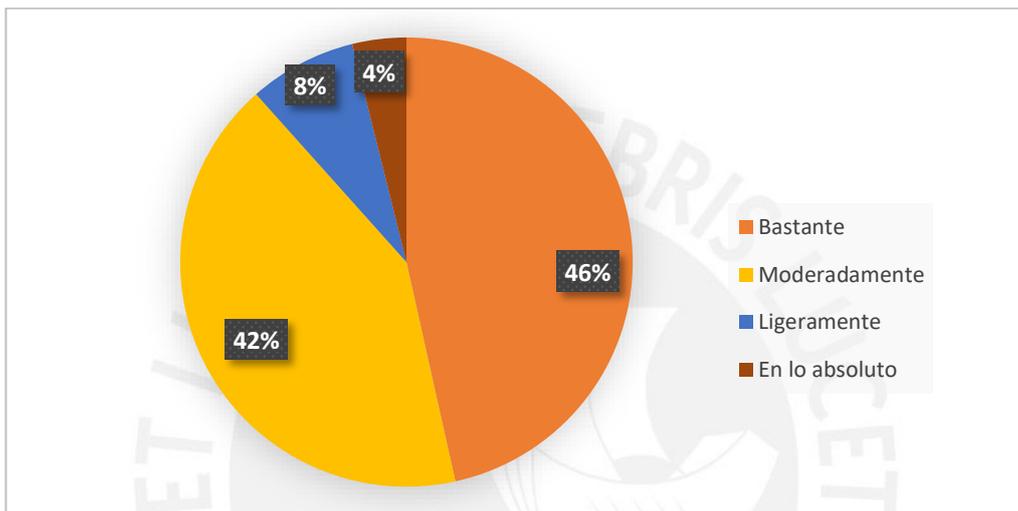


Figura 5-7 Resultados Pregunta 7: ¿Le genera molestia el ruido percibido en las estaciones?

La figura 5-7 indica que 46% de los encuestados encuentra bastante molesto el ruido percibido en las estaciones, mientras que un 42% considera que el ruido es moderado. Esto demuestra que un gran porcentaje de los usuarios es consciente del ruido al que está expuesto cada día. A su vez, un importante número de personas manifiesta no tener mayor inconveniente por el ruido ya que se han habituado a este fenómeno.

En la gráfica siguiente se compara la sensación de molestia por cada estación analizada. En ella se indica que las estaciones más críticas son Gamarra y Bayóvar. Asimismo, se puede decir que en las estaciones Presbítero Maestro, Cabitos y San Juan los usuarios perciben menor molestia por ruido.

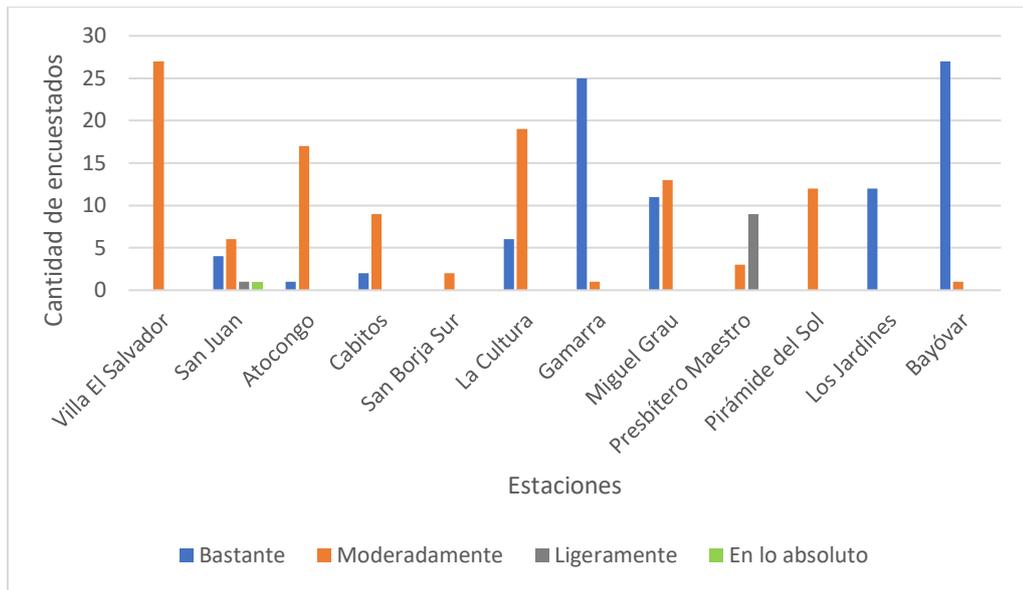


Figura 5-8 Gráfico comparativo del nivel de molestia del ruido entre estaciones analizadas

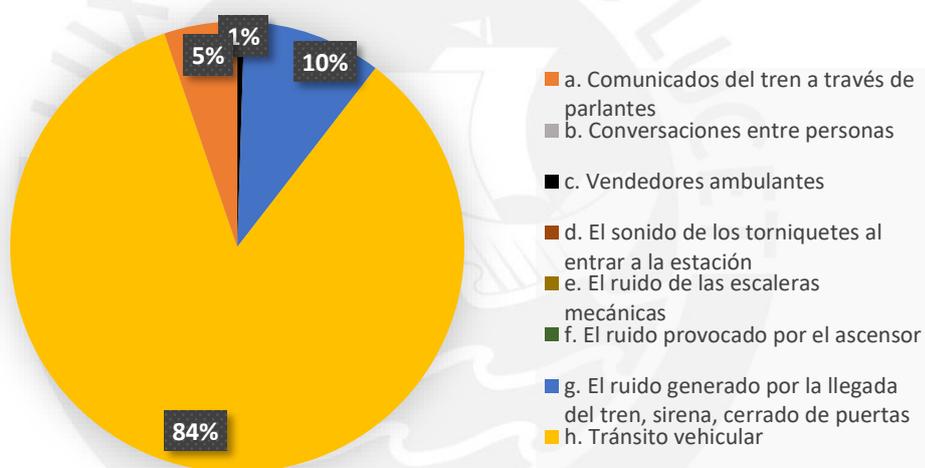


Figura 5-9 Resultados Pregunta 8: De los sonidos percibidos, mencione hasta 2 que más le moleste:

En contraste a la pregunta 6, en la que se registraron las fuentes de ruido más percibidas por los usuarios, la presente pregunta demuestra y comprueba que el ruido generado por el tránsito vehicular es el que resulta más molesto para las personas. Además, se muestra que un pequeño porcentaje cree que el ruido proveniente del tren es molesto. Esta valoración hecha por los usuarios puede corresponder a la ubicación en la cual se realizaron las encuestas, ya que el ruido de los vehículos incide directamente sobre los usuarios y puede enmascarar el ruido proveniente del tren. Es importante añadir que en las estaciones El Ángel y Presbítero Maestro las personas

respondieron que ningún ruido les generaba molestia, esto debido a que se trata de zonas con poco tránsito vehicular.

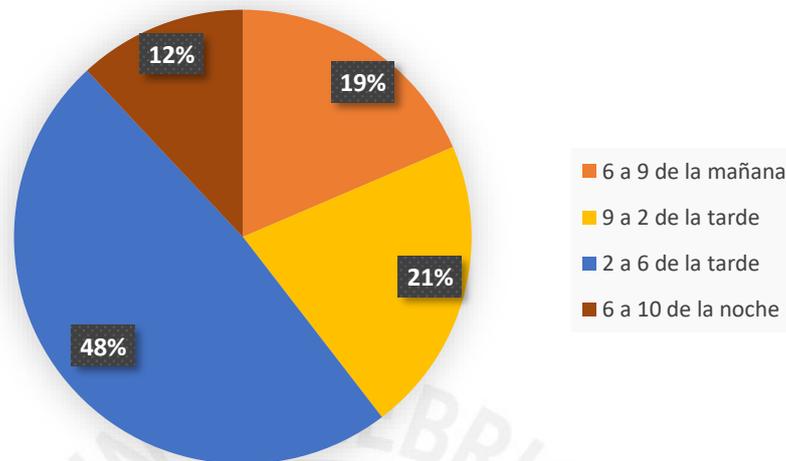


Figura 5-10 Resultados Pregunta 9: ¿En qué horario del día percibe más ruido?

Casi el 50% de encuestados estuvo de acuerdo en que el horario del día en el que se percibe más ruido era el de la tarde, a la hora en que las personas retornan del trabajo a sus casas. Esto guarda relación con las gráficas hechas por Ositrán (figura 3.2) en donde muestran que la hora pico en horario tarde se da entre las 4:00 pm y las 7:00 pm. Por lo tanto, a mayor aglomeración de personas y movilización de estas, mayor es el ruido percibido en las estaciones.

5.2.3. Efectos del ruido

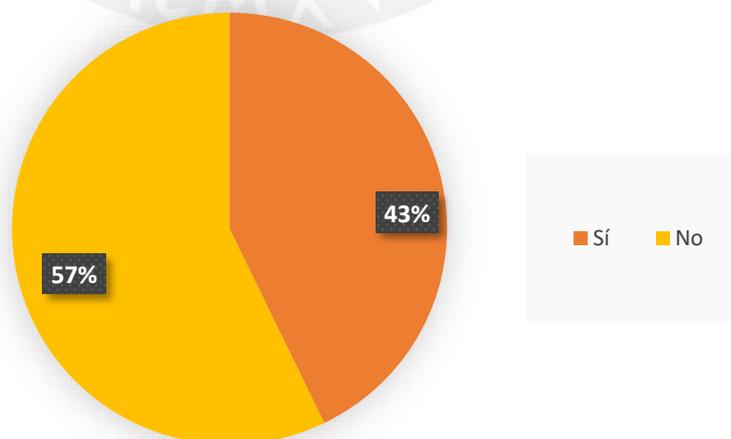


Figura 5-11 Resultados Pregunta 10: ¿Considera que el ruido percibido en las estaciones es un tipo de contaminante que afecta su calidad de vida?

Resulta congruente que el 57% de los encuestados manifieste que no consideran al ruido como un contaminante que afecte su calidad de vida ya que casi el 50 % del total de personas indicaron que su molestia debido al ruido es moderada. El mismo sentido correlativo se da para el 47% restante de personas que sí cree que su calidad de vida se ve afectada a causa del ruido. Estas cifras guardan cierta relación con la encuesta sobre ruido elaborada por Lima Cómo Vamos en el 2019, donde indican que, en Lima, un 66.5% de personas se muestra insatisfecha por el control de los niveles de ruido en las calles (Lima Cómo Vamos, 2019). Por lo tanto, se puede decir que la mayoría de las personas es consciente de la molestia que les genera el ruido, pero al no ser un problema tan visible como otros y no recibir la fiscalización adecuada por parte de las autoridades, se habitúan a el y por eso la mayoría no considera que afecte su calidad vida.

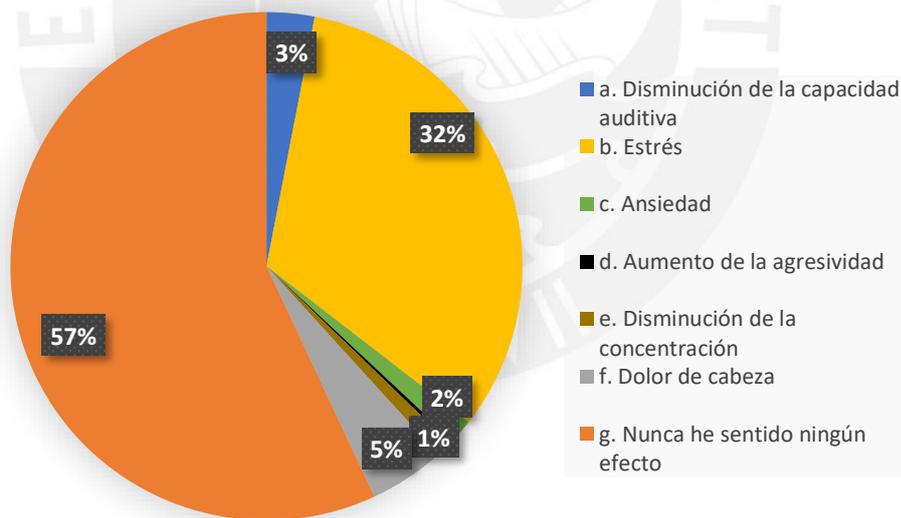


Figura 5-12 Resultados Pregunta 11: De los siguientes efectos que puede provocar el ruido, indique aquellos que haya podido experimentar durante su estancia en las estaciones:

La gran mayoría de personas manifiesta no haber sentido ningún efecto adverso a causa del ruido. Esto tiene relación con que la mayoría de encuestados no considere al ruido un contaminante que afecte su calidad de vida. Sin embargo, un número importante de personas sí cree que al menos el ruido les ha generado estrés.

Vale decir que es probable que el estrés manifestado por los usuarios se deba a dos condiciones que intervienen a la par: el ruido del tránsito vehicular y el tiempo de espera para ingresar a la estación (tiempo de espera prolongado debido a la pandemia del Covid 19).

Debido a que no se podía extender demasiado el tiempo para cada encuesta, las dos últimas preguntas solo se hicieron a un menor número de personas que accedieron a responderlas.

5.2.4. Conocimiento de normativa

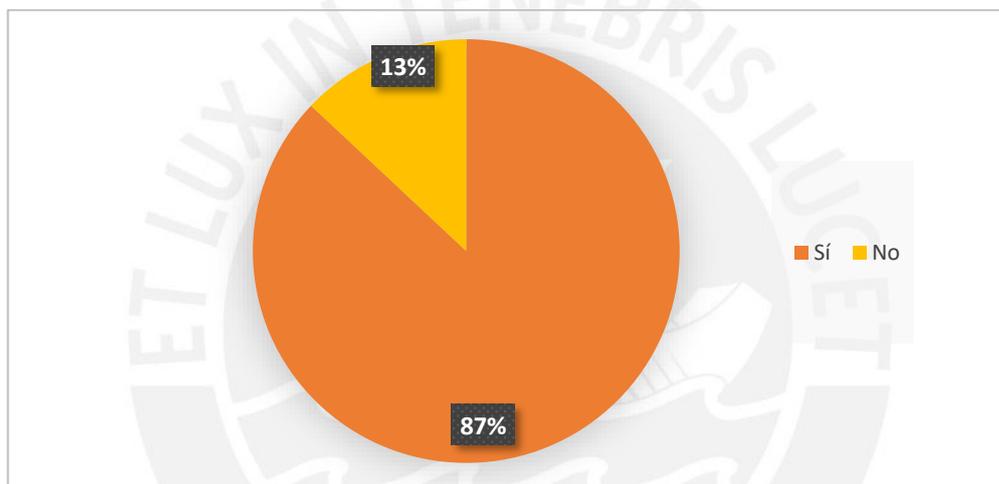


Figura 5-13 Resultados Pregunta 12: ¿Tiene conocimiento de alguna norma que regule el ruido ambiental?

La mayoría de las personas que respondieron la presente pregunta evidenciaron conocer sobre normas o prohibiciones acerca del ruido, por ejemplo, la prohibición del uso indebido del claxon en algunos distritos de la capital.

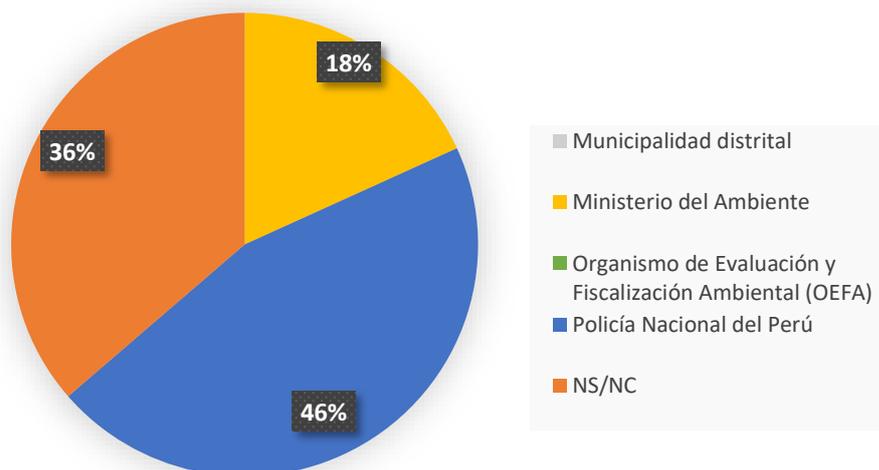


Figura 5-14 Resultados Pregunta 13: Si desea realizar alguna denuncia sobre contaminación por ruido ¿a qué autoridad debe dirigirse?

Algunas de las personas indicaron que para realizar alguna denuncia por ruido debían dirigirse a la policía, sin embargo, la gran mayoría no estaba segura de la institución a la cual acudir. Esto concuerda con el hecho de que el concepto de contaminación sonora y el derecho a un ambiente silente no está muy arraigado en la población peruana y las personas no se preocupan ni por las consecuencias a largo plazo que puede traer estar expuesto un nivel alto de ruido ambiental o a dónde dirigirse para denunciar cuando se sobrepasan los niveles permitidos de ruido.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La caracterización acústica de las 12 estaciones representativas del sistema de la Línea 1 del Metro de Lima permite aseverar que los resultados obtenidos son válidos para el 100% de las estaciones de esa línea. Esta situación se da debido a los criterios estudiados para la comparación y agrupación de cada estación, los cuales permiten validar el análisis cuantitativo y cualitativo realizado en las estaciones. El impacto de la información recolectada y la información que derive de esta demuestra la importancia del estudio del

ruido en sistemas de metro que se debe tomar en consideración para el bien de los usuarios de la línea 1 o de las próximas líneas de metro.

Respecto a las mediciones hechas para caracterizar el ruido en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima se analizaron los resultados obtenidos. De ellos se desprende que, según las 12 estaciones representativas seleccionadas y las mediciones del nivel de presión sonora continua equivalente con ponderación A (L_{Aeq}) registradas en estas, es factible concluir que la totalidad de las estaciones sobrepasan los ECA del ruido tanto en el interior como al exterior de la misma en la mayor parte del día. Esta realidad indicaría que los usuarios pueden manifestar daños a la salud, en mayor o menor escala, durante el uso del servicio. Sin embargo, como los pasajeros se ven expuestos poco tiempo a este ruido (entre 1 y 2 horas en promedio por viaje) no tendrían problemas a futuro, pero sí sufrirían de estrés y sensación de molestia constante al usar el servicio ya que en algunas estaciones como Gamarra y Bayóvar se exceden los 85 dB(A) y según la OMS junto con la EPA este valor no puede extenderse por más de 47.5 minutos si se quiere preservar la tranquilidad y salud de las personas.

Esta realidad se torna crítica para los trabajadores del servicio ya que en 7 de las 12 estaciones analizadas se sobrepasan los 75 dB(A) durante todo el día. Esto, sumado a las largas jornadas de trabajo diario puede provocar un déficit en el rendimiento de las labores que realizan y disminuir su capacidad auditiva con el tiempo. Es por ello que es importante conocer la percepción del ruido que tienen los trabajadores y establecer horarios y espacios más flexibles para proteger su integridad física a futuro.

En relación a la percepción del ruido ambiental al cual están expuestos los usuarios del metro de Lima, las encuestas de percepción del ruido realizadas permitieron corroborar que el tránsito vehicular aledaño a la infraestructura del metro es la principal fuente de contaminación acústica en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima. Esta

situación se da tanto en el interior como el exterior de la estación y puede alterar la salud de los usuarios. Sin embargo, resulta preocupante saber que más del 50% de los encuestados manifieste que el ruido percibido en las estaciones no representa un problema a la salud para ellos. Esta realidad refleja la poca conciencia ciudadana respecto al daño paulatino que genera el ruido en las personas, pudiendo llegar a desembocar en cuadros de estrés, molestia, déficit cognoscitivo e incluso pérdida paulatina de la capacidad auditiva en el caso de los trabajadores del servicio y también de los vendedores informales que trabajan a las afueras de las estaciones.

Respecto al ruido ambiental analizado en las estaciones representativas del metro de Lima, se concluye que existe una concordancia entre los registrado con las mediciones y lo obtenido de las encuestas de percepción. Bajo ambas metodologías se comprueba que los usuarios están expuestos a niveles de ruido que sobrepasan las recomendaciones nacionales e internacionales y pueden llegar a sufrir daños temporales o permanentes a la salud. La única diferencia destacable sería que en las encuestas los usuarios indicaron que la sensación de ruido percibida es mayor en horas de mayor afluencia, sin embargo, los registros de los niveles de presión sonora en la mayoría de los casos demostraron que durante el día no hay diferencia significativa entre el nivel de ruido registrado alrededor de las horas pico y hora valle en la mayoría de las estaciones analizadas.

Dado a que se determinó que el ruido generado por el tránsito vehicular es el predominante en el servicio de metro para los usuarios, se cumple que en las estaciones donde el uso del transporte público es limitado (Villa El Salvador y Presbítero Maestro) el ruido ambiental en el andén sin tren no sobrepasa los ECA establecidos para zonas de uso comercial 70 dB(A). Sin embargo, en las demás estaciones (incluso en donde el viaducto es elevado) el ruido registrado en el andén sin tren sobrepasa este valor debido al significativo tráfico vehicular circulante. Además, sumado a esta fuente de ruido se

encuentra el ruido generado por las personas al conversar, los vendedores informales ofreciendo sus productos y el sistema de publifusión que se usa para ofrecer indicaciones periódicamente, los cuales generan, en mayor o menor medida, que las estaciones de metro se perciban como espacios ruidosos. Asimismo, las estaciones con menor cantidad de afluencia de usuarios (Presbítero Maestro y San Borja Sur) registran los niveles de ruido más bajos entre las estaciones medidas. No obstante, quedó demostrado que todas las estaciones del servicio de metro están por encima de los niveles máximos recomendados para zona comercial en la zona del andén cada que el tren se aproxima a la estación.

Debido a la coyuntura del Covid 19 los pasajeros del servicio de metro se ven más tiempo de lo habitual inmersos en el ruido ambiental al hacer largas colas de ingreso a las estaciones, principalmente en horarios pico y tanto en estaciones con mucha demanda como Gamarra o incluso baja como San Borja Sur. Esto se da porque se restringe el ingreso de los usuarios en cada estación con el propósito de que no esté muy saturado el metro y puedan entrar pasajeros en cada estación. En la mayoría de las posiciones y a la largo del día se sobrepasa el nivel de presión sonora máximo recomendado por la normativa nacional, por lo que los niveles de estrés tienden a ser altos para quienes usen el servicio de manera diaria. Un caso de mayor cuidado se da con los trabajadores del servicio de la Línea 1 del Metro de Lima ya que pueden llegar a presentar con el tiempo problemas de salud como presión alta, hipoacusia, déficit cognoscitivo, entre otros debido a que están en presencia constante de un nivel de ruido que excede los 75 dB(A) recomendados para una jornada de trabajo de 8 horas señalado por la OMS y entidades de seguridad en el trabajo como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

En cuanto a las comparaciones hechas entre el ruido percibido en la Línea 1 del Metro de Lima con respecto a los metros de similares características (Santiago de Chile y Ciudad de México) se hizo un análisis referencial de gran valor para el estudio del ruido en las estaciones del metro de Lima. Los resultados de niveles de presión sonora continuo equivalente con ponderación A establecen que hay una relación entre los valores registrados para cada metro, concluyendo que, si bien es cierto se infringe lo expuesto sobre los ECA de ruido, en otros países el panorama en cuanto a acústica ambiental es de similares características. Vale mencionar que la comparación con el metro de Oporto se aleja de lo registrado en los 3 metros de Latinoamérica ya que la puesta en marcha de proyecto de gran envergadura contempla una importante inversión y fiscalización del apartado acústico.

6.2. Recomendaciones

En base a los valores registrados de nivel de presión sonora en la investigación se evidencia que en el sistema de metro de la línea 1 la contaminación acústica es un problema que merma la calidad de vida de los usuarios (en mayor o menor medida). Esta realidad no solo afecta la salud de los usuarios en cuanto a niveles de estrés, sino que también conlleva una serie de efectos negativos contra la salud que dañan a largo plazo a la persona. Esto debe tomarse con sumo cuidado ya que las próximas líneas de metro a implementarse serán subterráneas y los niveles de contaminación acústica serán similares (como en el caso del metro de Santiago). Es por ese motivo que debe de hacerse un estudio de impacto ambiental riguroso que ponga mayor énfasis a la medición de los niveles de presión sonora y al espectro de frecuencias de estos durante el anteproyecto para que en base a un pronóstico estimen los niveles de presión sonora a los que estarán expuestos los usuarios y qué estrategias pueden ser consideradas para disminuir las

reflexiones indeseadas. Con ello se espera que se pueda realizar un diseño acústico óptimo en cada una de las estaciones proyectadas antes de su apertura al público.

Dado a que en la presente investigación no se pudieron registrar los niveles de presión sonora con el equipo indicado en el reglamento nacional a causa de las dificultades originadas por la contingencia sanitaria del Covid 19 se recomienda realizar a futuro las mediciones con el instrumental recomendado siguiendo el protocolo de monitoreo de ruido ambiental propuesto por el MINAM y la metodología planteada en la presente tesis. De esta forma se podrán validar los resultados expuestos en la investigación para un mejor entendimiento de los resultados y realizar una caracterización más fiel a la realidad. Asimismo, realizar las mediciones siguiendo la normativa nacional e internacional permitirá llevar a cabo medidas de control de ruido más sofisticadas y con un mayor sustento en cuanto los niveles de presión sonora y al espectro en frecuencias del sonido que se percibe tanto dentro como a las afueras de las estaciones. Finalmente, se mitigarán los niveles de contaminación acústica y se resguardará el bienestar y el confort acústico de los usuarios del servicio de metro.

En vista de que se ha comprobado que el mayor impacto de ruido ambiental en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima se da a causa del transporte motorizado, es posible que un mejor diseño de las estaciones proteja y resguarde la estancia de los usuarios. Esto quiere decir que un diseño que permita un correcto aislamiento del ruido del exterior hacia la estación lograría que los usuarios no se vean expuestos a los niveles de ruido registrados en el presente proyecto. Buscar mitigar la contaminación acústica es fundamental, más aún en un medio de transporte masivo que tiene un área de influencia metropolitana que moviliza más de medio millón de personas cada día. Asimismo, es muy importante reflexionar en el aislamiento acústico y más aún en un óptimo acondicionamiento acústico que deberá adoptarse para las futuras línea de metro ya que,

al ser subterráneas, se evidenciarán no solo altos niveles de ruido, sino que también un tiempo de reverberación prolongado que dificulte la comunicación al interior de las estaciones.

Debido a que el ruido registrado en las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima corresponde principalmente a los vehículos a motor, se puede extrapolar que en otras zonas de la ciudad donde la incidencia del tráfico vehicular sea importante, como paraderos de micros, mototaxis y cualquier establecimiento cercano a una avenida concurrida, el ruido percibido sería similar al caracterizado en la presente investigación. Es por este motivo que se recomienda tener un mayor control en la fiscalización del ruido ambiental de parte de las autoridades pertinentes para que la salud de las personas no se vea mitigada. Esto va de la mano con un mejor planeamiento urbano y mejora de la infraestructura de transporte para que se evite la congestión vehicular, al menos en puntos estratégicos. Asimismo, si se hace una exhaustiva y constante campaña de concientización contra el ruido a la población, se podría armonizar el trabajo entre las autoridades y el ciudadano con el fin de lograr que la ciudad sea más saludable y las personas tengan una mejor calidad de vida.

7. REFERENCIAS

AATE (2018). *Descripción histórica del proyecto: Línea 1 del Metro de Lima*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Lima, Perú. Disponible en:

<https://www.aate.gob.pe/desarrollo/linea-1/>

Bruna, A. (2019). *El ruido y sus nocivos efectos para la salud*. Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, Colombia. Recuperado de:

<https://www.cuc.edu.co/noticias/67-generales/4530-el-ruido-y-sus-nocivos-efectos-para-la-salud>

CAF Banco de Desarrollo de América Latina (2015). *Metro de Lima, el caso de la línea 1*.

Disponible en:

http://www.cesel.com.pe/noticias_CAF_caso_de_exitosa_linea_1.pdf

Casas, O., Betancur, C. y Montaña, J. (2015). *Revisión de la normativa para el ruido acústico en Colombia y su aplicación*. Cali, Colombia. Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v11n1/v11n1a19.pdf>

Castro, C. (2019). *Estudio de impacto generado por el transporte, en la hipoacusia para trabajadores de la región metropolitana*. (Tesis de pregrado, Universidad Técnica Federico Santa María). Disponible en:

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48085/3560901064680UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

De Grange, L. (2010). *El gran impacto del metro*. Universidad Diego Portales. Santiago, Chile. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612010000100007

European Environment Agency (EEA) (2014). *Noise in Europe 2014*. Luxembourg. Publications Office of the European Union. Disponible en:

<https://www.eea.europa.eu/publications/noise-in-europe-2014>

FTA (Federal Transit Administration) (2006). *Transit Noise and Vibration Impact Assessment*. US Department Transportation. Recuperado de:

https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/FTA_Noise_and_Vibration_Manual.pdf

INEI (2011). *Buenas Prácticas de Una Encuesta por Muestreo*. Lima, Perú. Disponible en:

<https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/metodologias/encuestas01.pdf>

INEI (2017). *Compendio Estadístico Provincia de Lima 2017*. Lima, Perú. Disponible en:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1477/1ibro.pdf

Kardous y Shaw (2014). *Evaluation of smartphone sound measurement applications*. The Journal of the Acoustical Society of America 135.

Licla, L. (2016). *Evaluación y Percepción Social del Ruido Ambiental generado por el Tránsito Vehicular en la Zona Comercial del Distrito de Lurín*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3168/T01-L53-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Línea 1 del Metro de Lima (2018). *Informe de Sostenibilidad 2018*. Lima, Perú. Disponible en:

<https://www.lineauno.pe/wp-content/uploads/2019/05/Reporte-de-Sostenibilidad-2018.pdf>

Lima Cómo Vamos (2019). *Lima y Callao según sus ciudadanos. Décimo informe urbano de percepción sobre la calidad de vida en la ciudad*. Lima, Perú. Disponible en:

http://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2019/11/Encuesta-2019_web.pdf

Mendiola, A., Aguirre, C., Ayala, E., Barboza, W., Bernal, C. y Pinillos, W. (2014). *Análisis de la propuesta de concesión para el transporte público de Lima: Viabilidad financiera de un potencial operador*. Lima, Perú. Disponible en:

https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12640/123/Gerencia_para_el_desarrollo_37.pdf

Metro de Lima (1972). *Estudio de Factibilidad Técnico-económica y Anteproyecto del Sistema de Transporte Rápido Masivo de Pasajeros en el Área de Lima-Callao*

Ministerio del Ambiente (MINAM) de la República del Perú (2003, 30 de Octubre).

Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. Disponible en:

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-estandares-nacionales-calidad-ambiental-ruido>

Ministerio del Ambiente (MINAM) de la República del Perú (2013, 01 de Agosto). *Protocolo*

Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental. Disponible en:

<https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/274700-227-2013-minam>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la República del Perú. (2013, 10 de Agosto).

Decreto supremo N009-2013-MTC. Disponible en:

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/343707-009-2013-mtc>

Moreno, J. (1990). *Introducción al control de ruido*. Lima, Perú. Bruel and Kjaer.

Mohammad, G., Mohammad, M., Mohammad, B., Mohammad, A., Samaneh, B. (2012).

Noise pollution survey of a two-story intersection station in Teheran metropolitan subway system. *Environmental Monitoring and Assessment-Springer*, 184: 1097-1106. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/51038485_Noise_pollution_survey_of_a_two-storey_intersection_station_in_Tehran_metropolitan_subway_system

Narrea, O. (2017). *Notas de política N 3. Mega problemas o megaproyectos. El reto del metro de Lima y Callao*. Universidad del Pacífico. Lima, Perú. Disponible en:

http://www.up.edu.pe/egp/Documentos/Nota_de_Politica_N%C2%B3%20-%20Omar%20Narrea.pdf

Nascimento, J. (2018). *Caracterización acústica de estaciones de metro. Caso de estudio:*

Metro de Oporto. (Tesis de maestría, Universidad de Oporto, Portugal). Disponible en:

<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/114396/2/278831.pdf>

Netizel, R., Gershon, R., Zeltser, M., Canton, A., Akram, M. (2009). Noise levels associated with New York City's Mass Transit Systems. *American Public Health Association*, 99(8), 1393-1399. Recuperado de:

<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/114396/2/278831.pdf>

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) (2015). *Instrumentos básicos para la fiscalización ambiental*. Lima, Perú. Obtenido de:

<https://centroderecursos.cultura.pe/es/registrobibliografico/instrumentos-b%C3%A1sicos-para-la-fiscalizaci%C3%B3n-ambiental>

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callao*. Lima, Perú. Obtenido de:

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088

OMS (Organización Mundial de la Salud) (1999). *Guías para el ruido urbano*. Londres, Reino Unido. Obtenido de:

<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Guias%2520para%2520el%2520ruido%2520urbano.pdf>

OMS (Organización Mundial de la Salud) (2004). *Occupational Noise*. Obtenido de:

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43001/9241591927.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ositran (2019). *Informe de desempeño 2019. Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1*. Disponible en:

<https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/id-11-2019-1.pdf>

Ositran (2020). *Reporte Estadístico Bimestral abril 2020*. Lima, Perú. Disponible en:

https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2020/07/reporte-estadistico_ffvv-mar-abr-2020.pdf

Ositran (2020). *Reporte Estadístico Bimestral diciembre 2020*. Lima, Perú. Disponible en:

<https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2021/04/reporte-estadistico-ferreas-nov-dic-2020.pdf>

Ositran (2020). *Boletín Estadístico de Regulación febrero 2020*. Lima, Perú. Disponible en:

<https://www.ositran.gob.pe/publicaciones/boletin-estadistico/>

Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J. y Ayala, F. (2007). *Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile Obtenido de:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162007000200005

Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. (2009). *Evaluación del Ruido Generado en la Red del Sistema de Transporte Colectivo Metro*. México D.F.

Obtenido de:

<http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/estudios/EsPA-02-2009.pdf>

Servicio de Normativa Técnica, Supervisión y Control (2006). *Compendio de Normativa de Ruido y Vibraciones*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenamiento del Territorio. Comunidad de Madrid, España. Obtenido de:

<http://www.madrid.org/bdccm/normativa/PDF/Ruidos%20y%20vibraciones/Compilacion/CPRUID.pdf>

Universidad Austral de Chile (2016). *Actualización del mapa de ruido del Gran Santiago*.

Instituto de Acústica. Obtenido de:

http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=2a363000-3f90-414b-aa03-4c76ca4d1fe5&fname=Informe_Final_FASE_VI_Gran_Santiago_VF1.pdf&access=public

WHO (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen,

Dinamarca. Disponible en:

<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>

Winston, C & Llarger, A (2004). *The Effect of Government Highway Spending on Road Users*

Congestion Costs. Brookings Institute.

Yóplac, J. (2019). *Niveles de ruido en alrededores de la estación Bayóvar-Línea 1 del metro de Lima-SJL*. (Tesis de pregrado, UNFV). Disponible en:

<http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2755/YOPLAC%20GRANDEZ%20JIMMY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Anexo 1: Glosario de términos

Nivel de presión sonora: Indica la intensidad con la cual es percibido el sonido, el cual se genera por la variación de presiones que generan las ondas sonoras al hacer vibrar un medio elástico como el aire.

Ponderación A: Ponderación estándar de las frecuencias audibles, la cual está diseñada para reflejar la respuesta del oído humano al sonido.

Sonoridad: La percepción subjetiva del nivel de presión sonora, el cual es captado por el órgano auditivo e interpretado en el cerebro

Decibel: Unidad que puede ser usada para medir cuan intenso se percibe un sonido, comparándola con una escala logarítmica.

$L_{eq,T}$: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente: Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

$L_{Aeq,T}$: Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con Ponderación A: Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles con ponderación A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

Banda de octava: Intervalo de frecuencia en la que el cociente entre las frecuencias límite superior e inferior es igual a dos.

Banda de 1/3 octava: Intervalo de frecuencia en la que el cociente entre las frecuencias límite superior e inferior es igual al cociente de octava elevado a un tercio.

$L_{máx}$: Nivel de presión sonora máximo durante el periodo de interés.

L_{min} : Nivel de presión sonora mínimo durante el periodo de interés.

L_{A90} : Es el nivel de presión sonora que es superado por el 90% del tiempo de duración de la medición ponderado en A. Habitualmente representa al ruido de fondo.

L_{A50}: Es el nivel de presión sonora que es superado por el 50% del tiempo de duración de la medición ponderado en A.

L_{A10}: Es el nivel de presión sonora que es superado por el 10% del tiempo de duración de la medición ponderado en A. Habitualmente representa los valores pico de ruido en la medición.

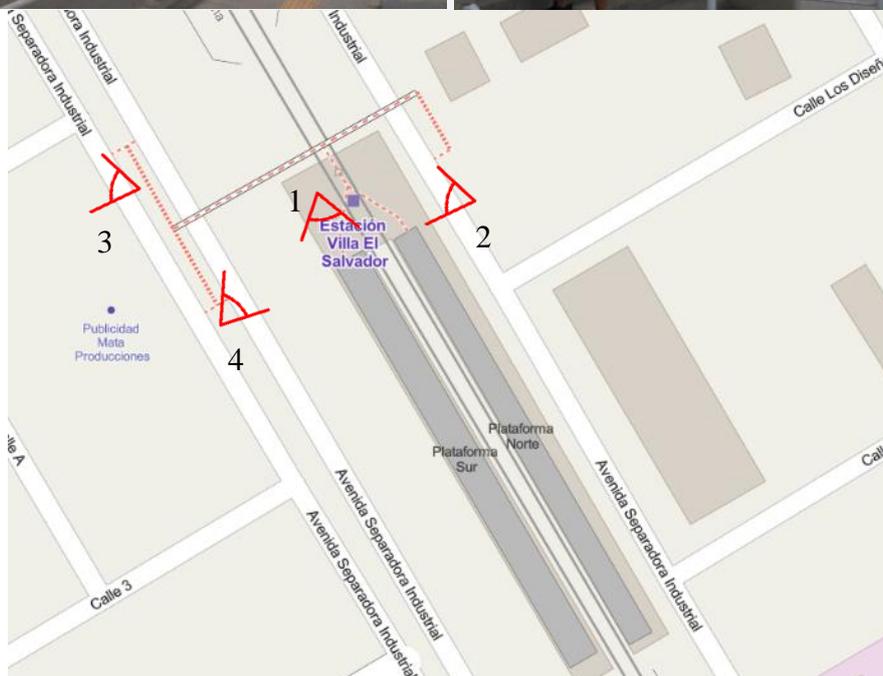
Ruido de fondo: Es el nivel de presión sonora producido por fuentes cercanas o lejanas que no están incluidas en el objeto de medición.



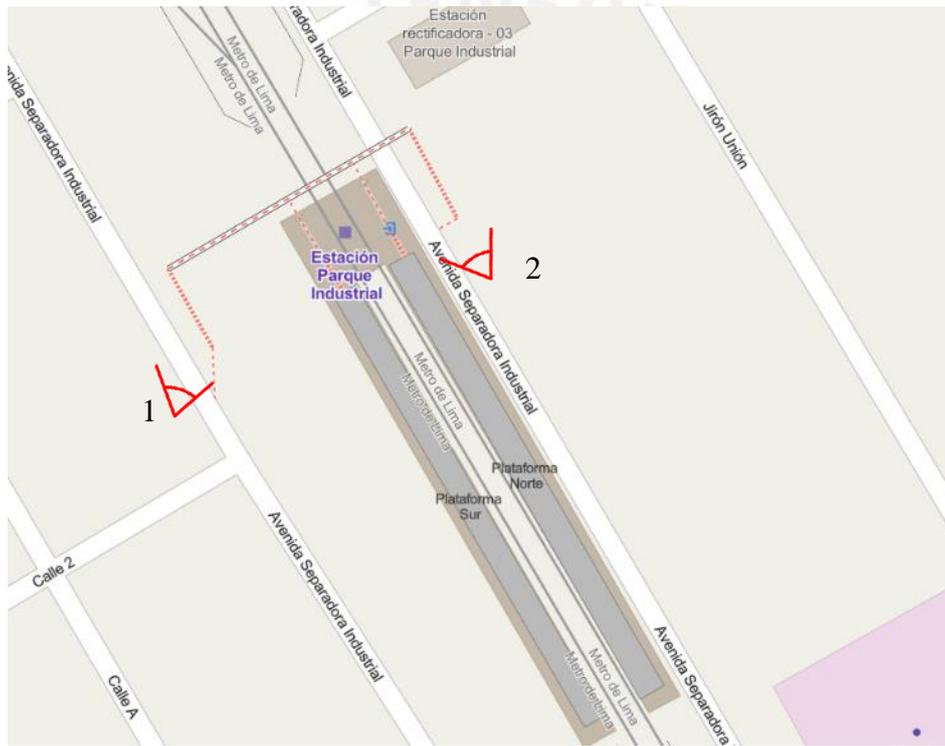
Anexo 2: Registro fotográfico del exterior de las estaciones

El presente registro fotográfico corresponde a las afueras de cada estación estudiada entre los meses de septiembre y octubre del año 2020 en horarios de mañana, tarde y noche, en horas de menor y mayor afluencia.

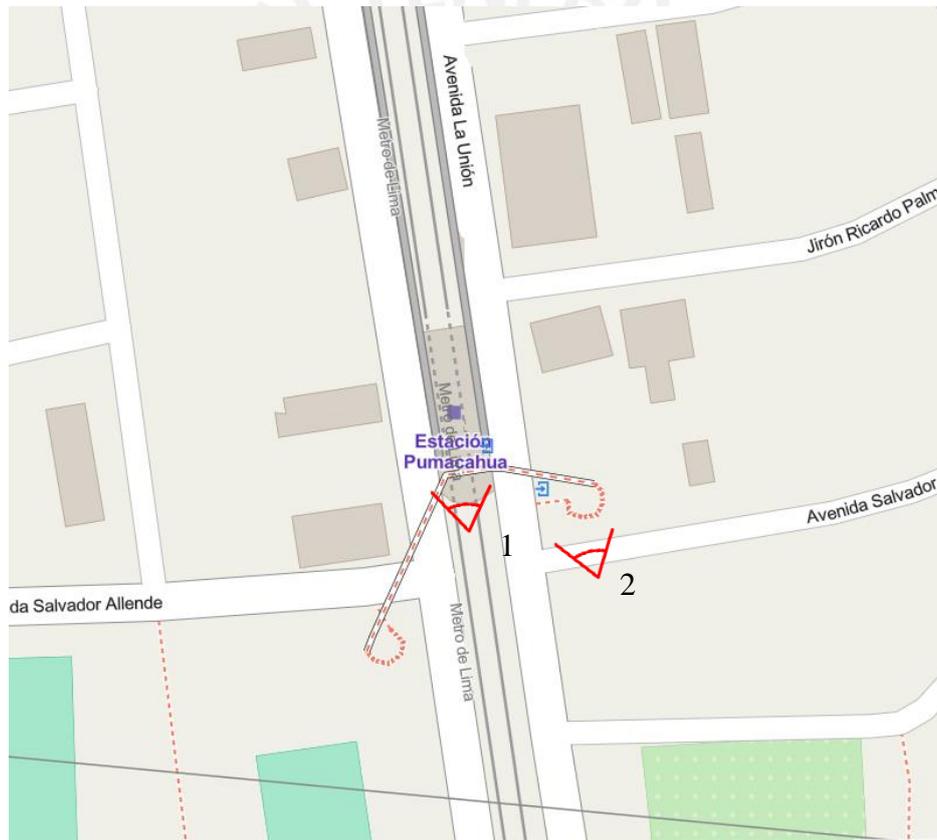
Villa El Salvador



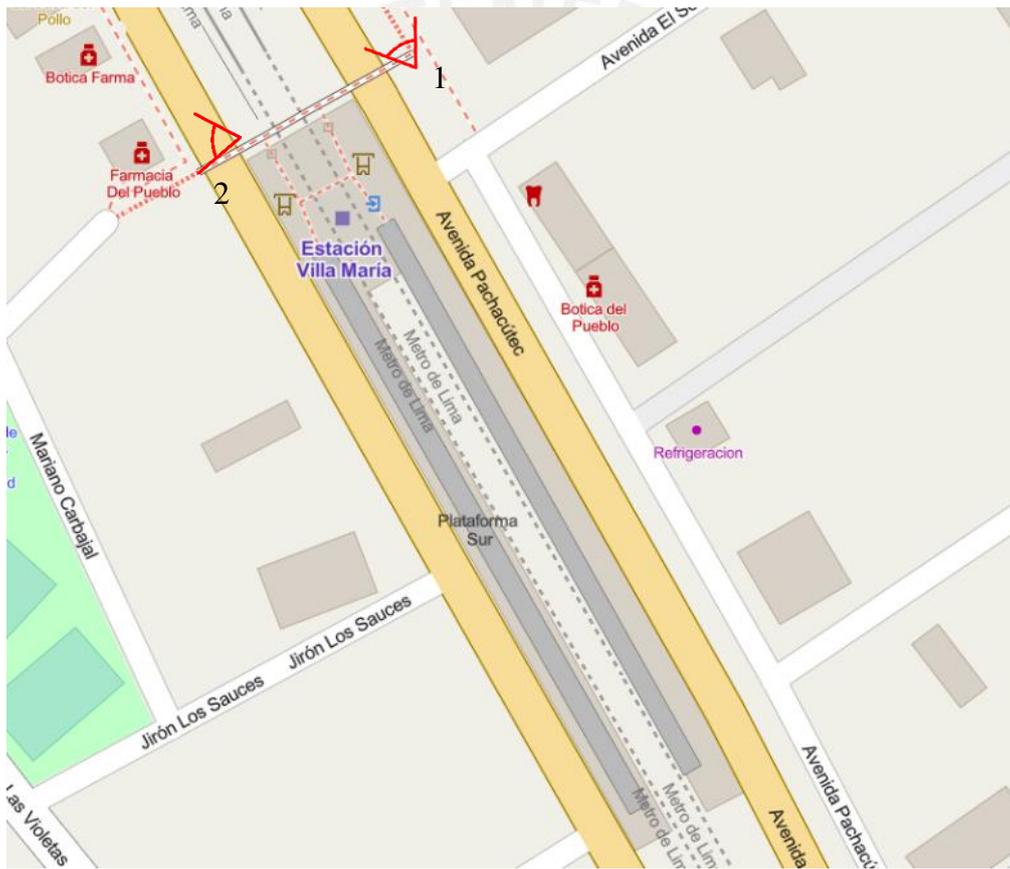
Parque Industrial



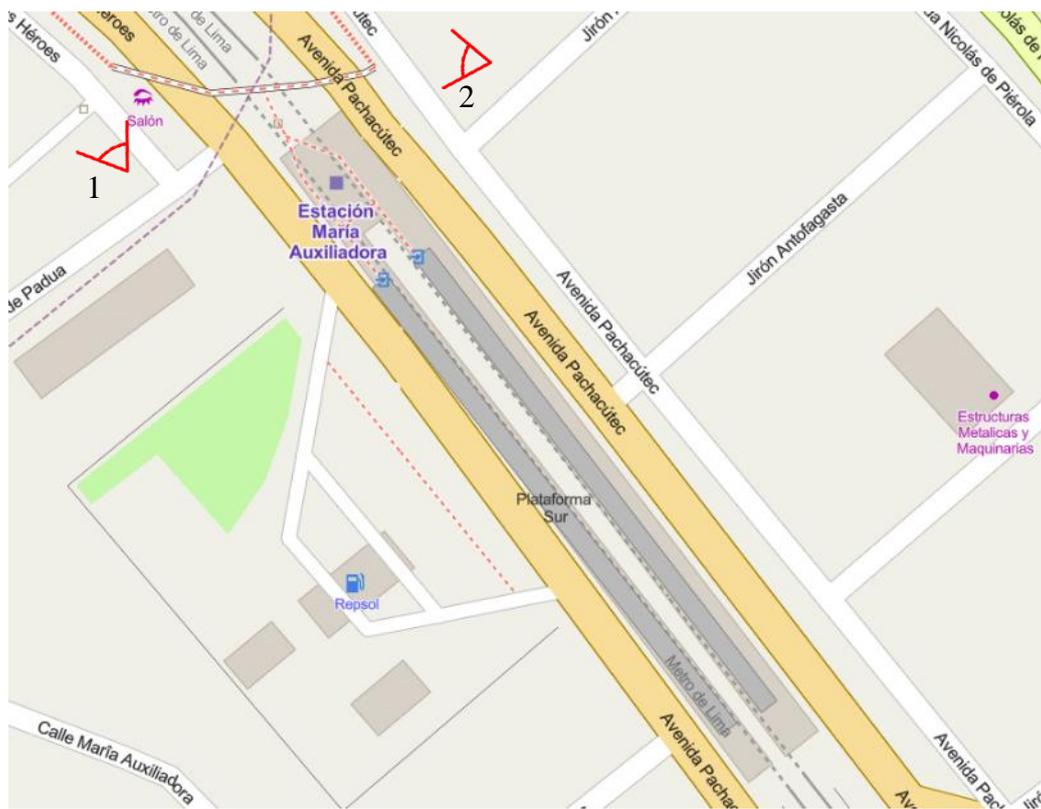
Pumacahua



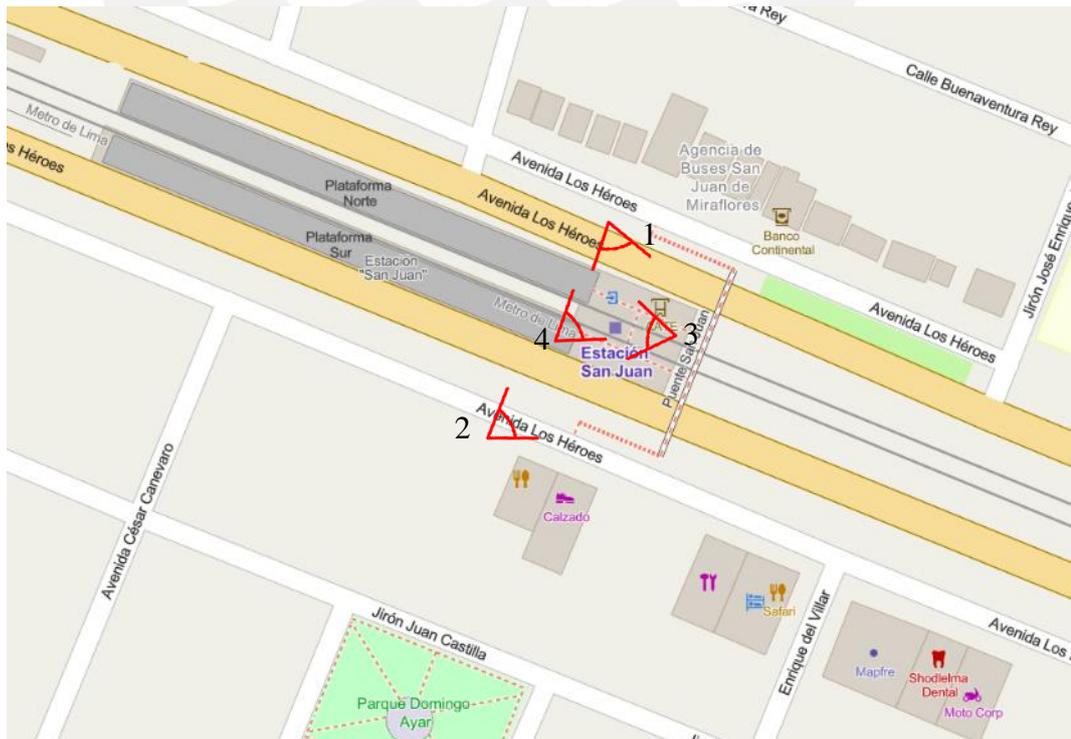
Villa María



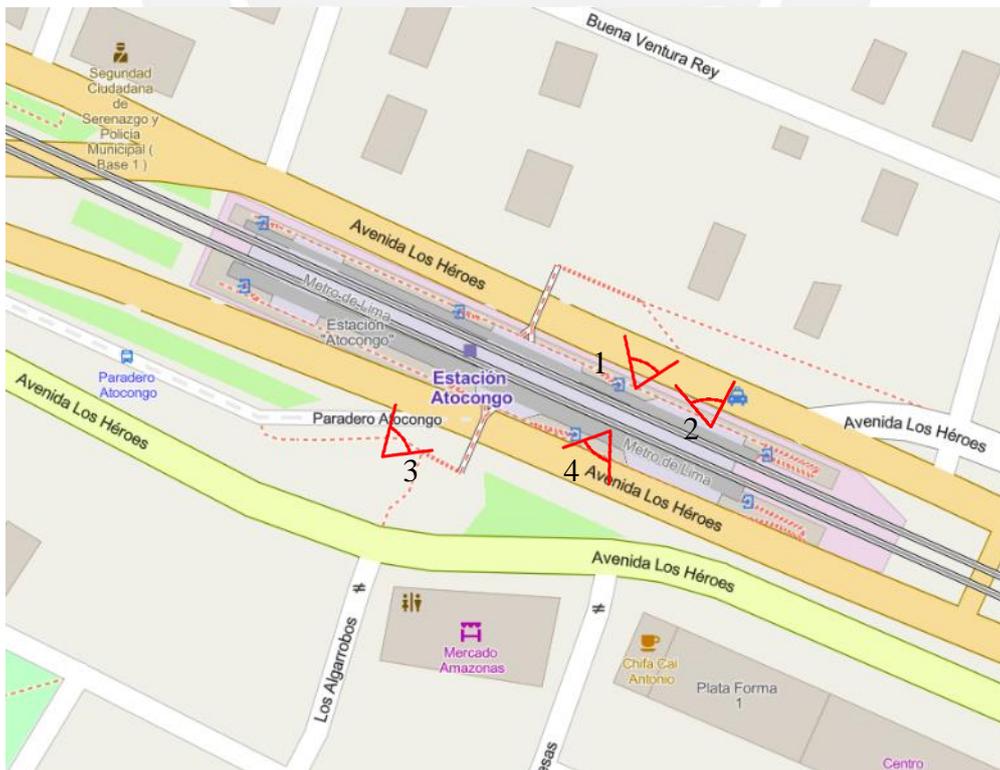
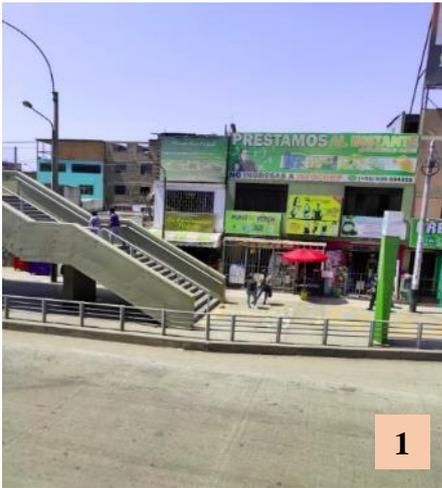
María Auxiliadora



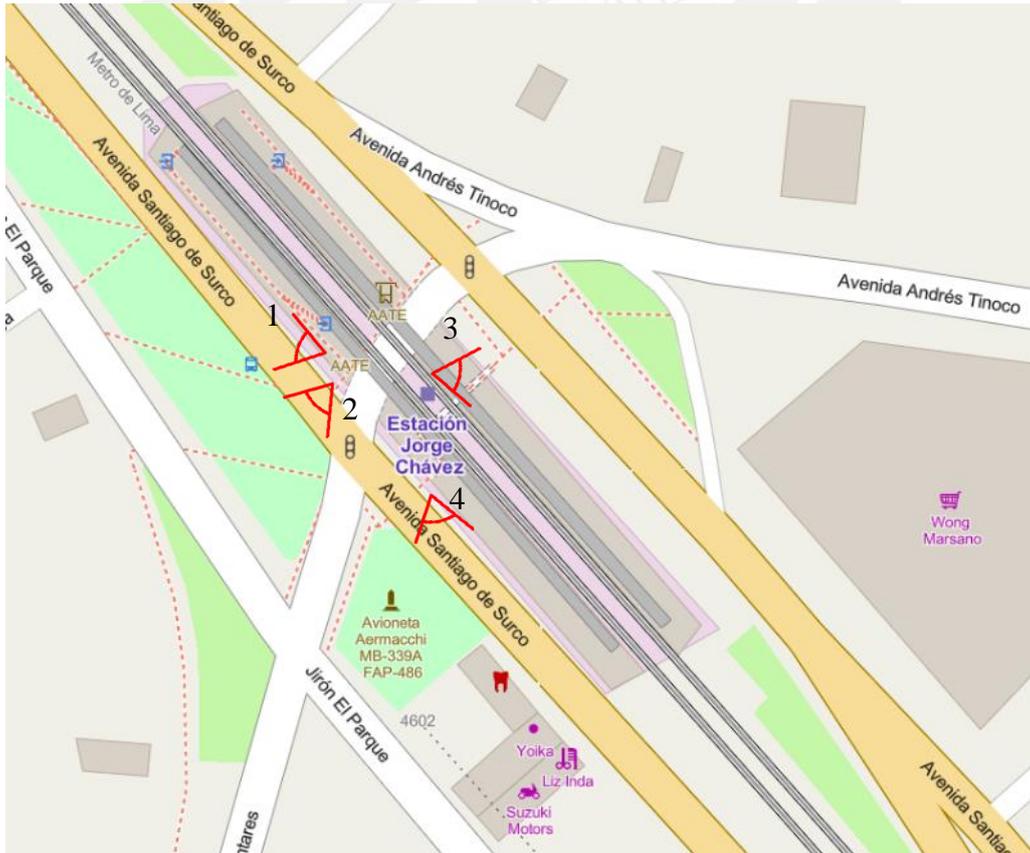
San Juan



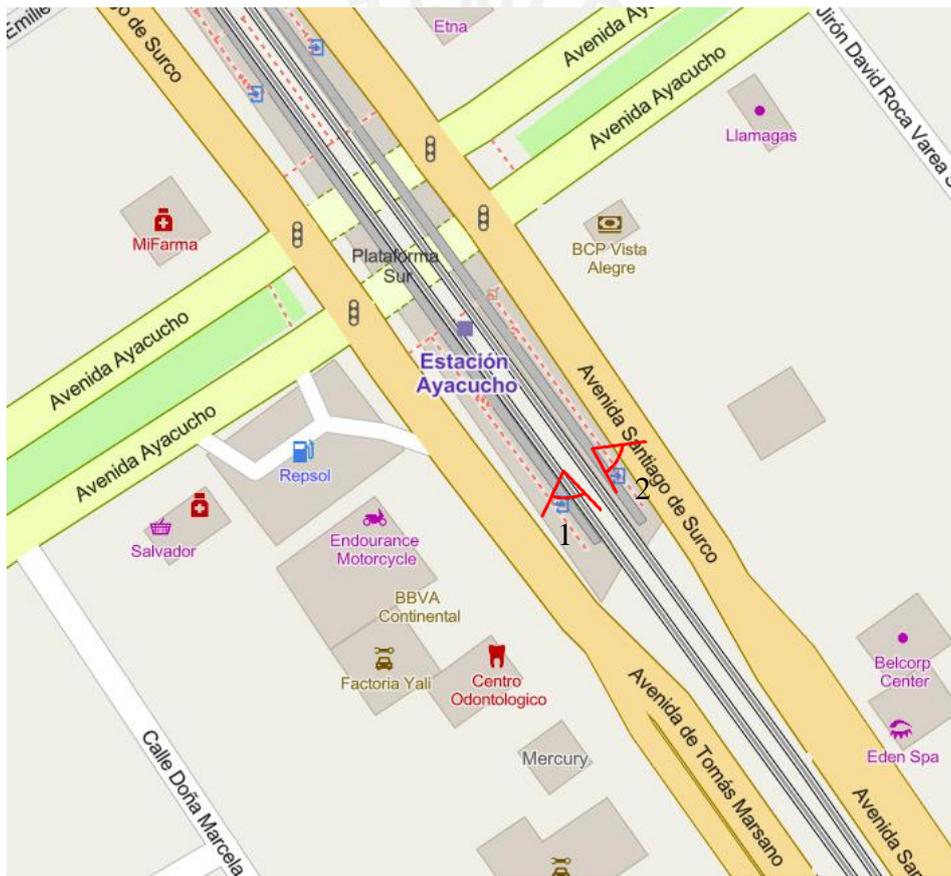
Atocongo



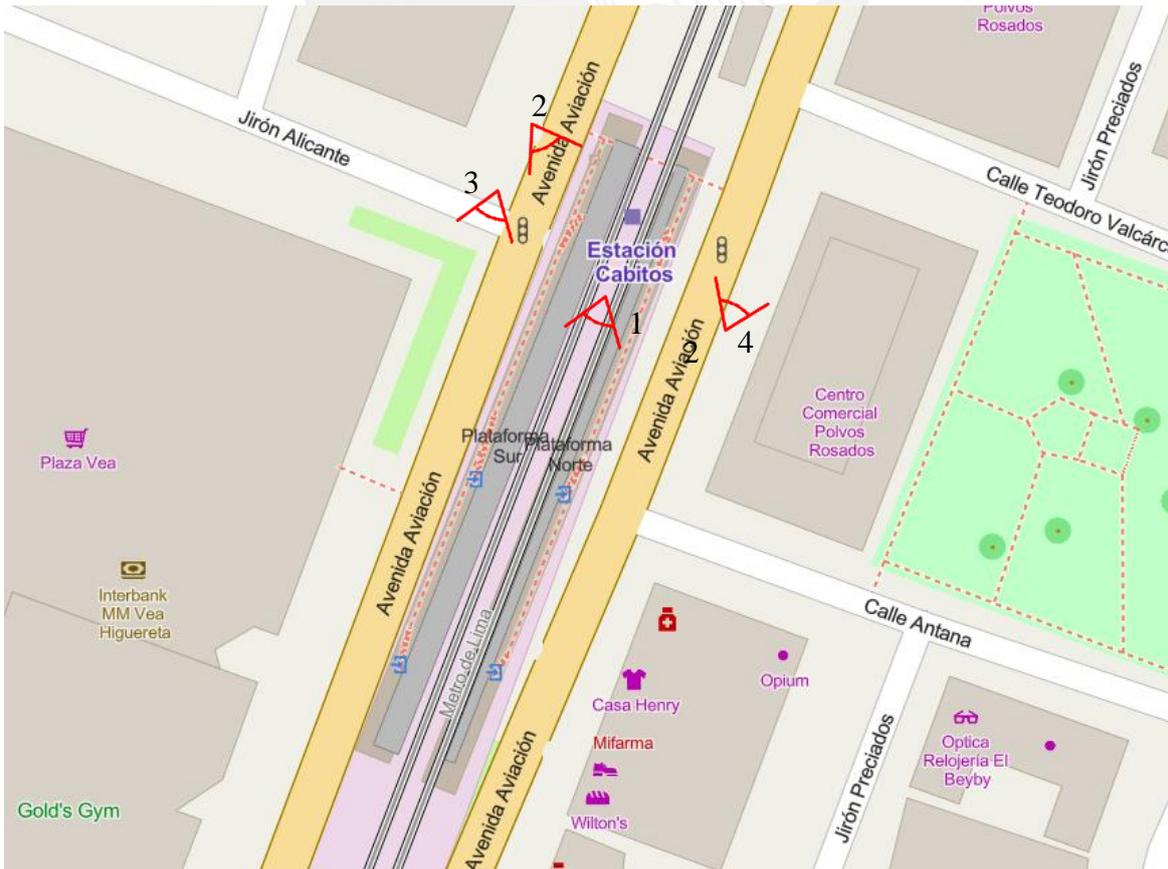
Jorge Chávez



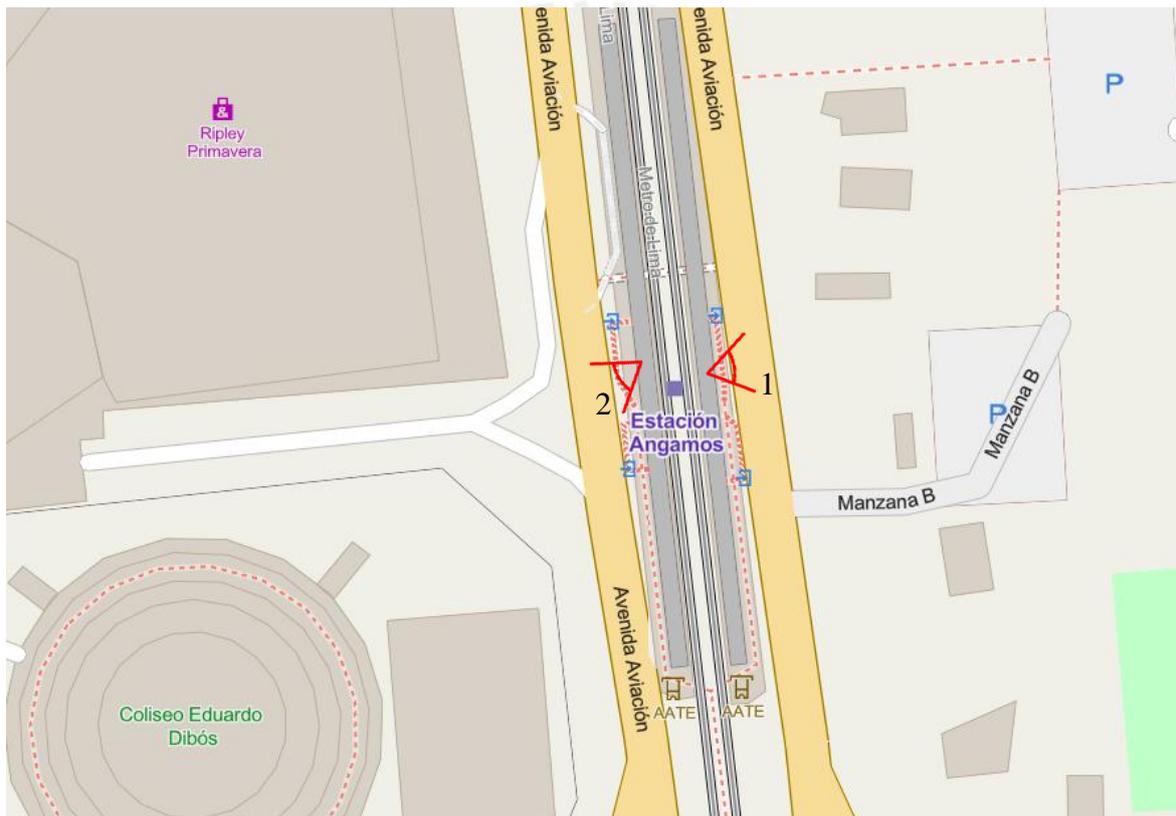
Ayacucho



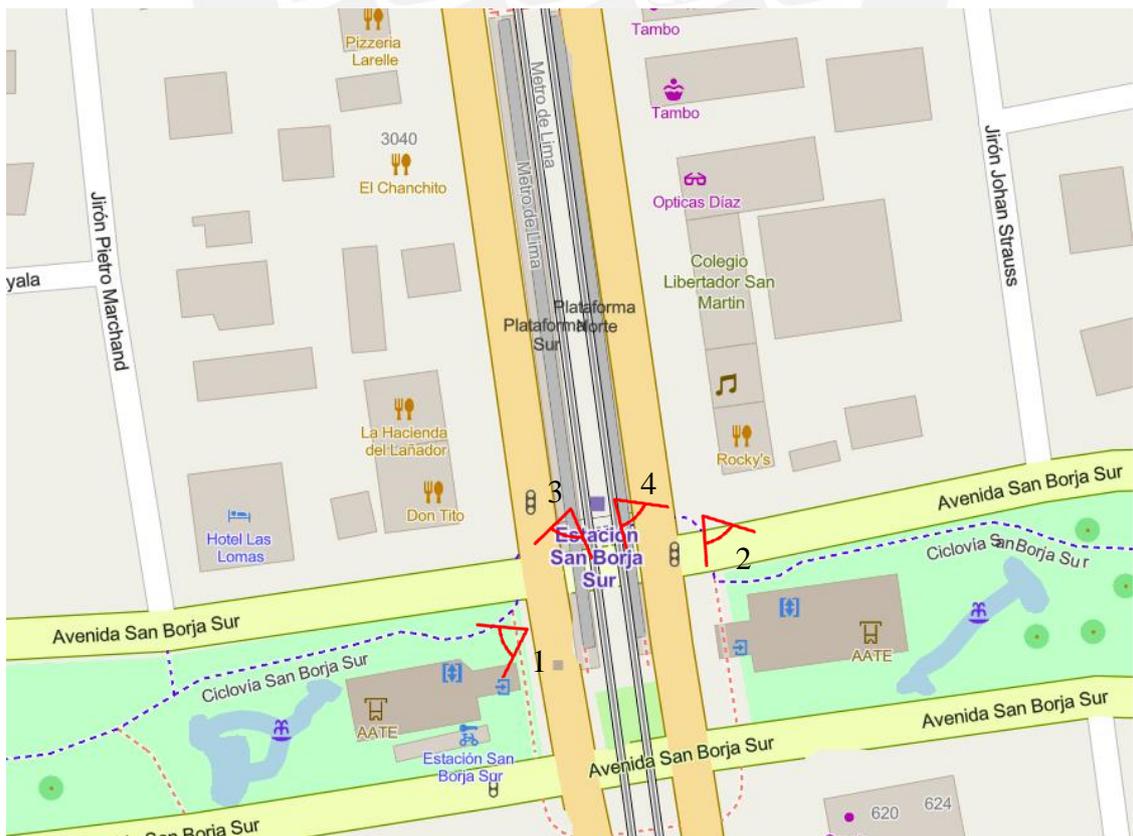
Cabitos



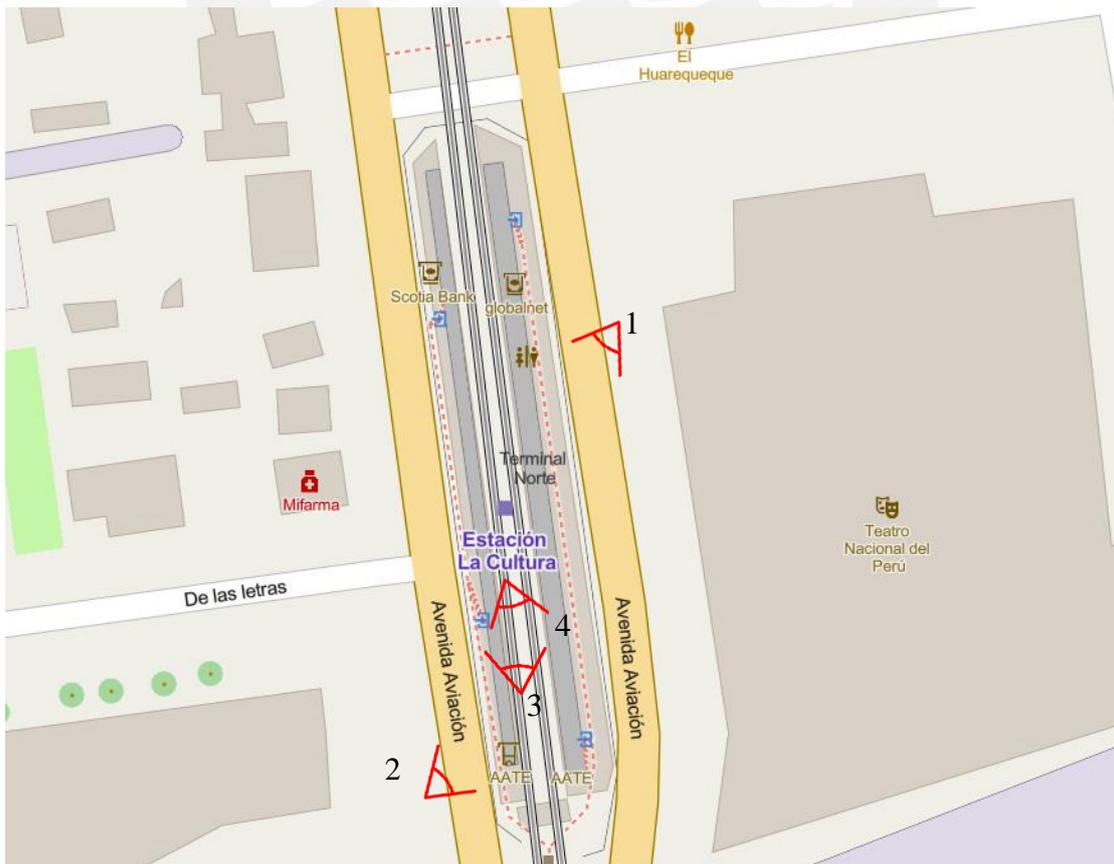
Angamos



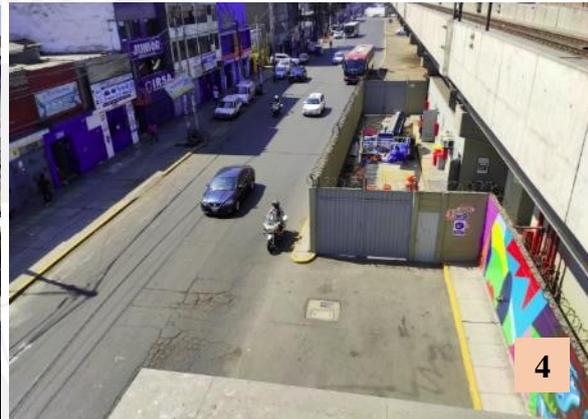
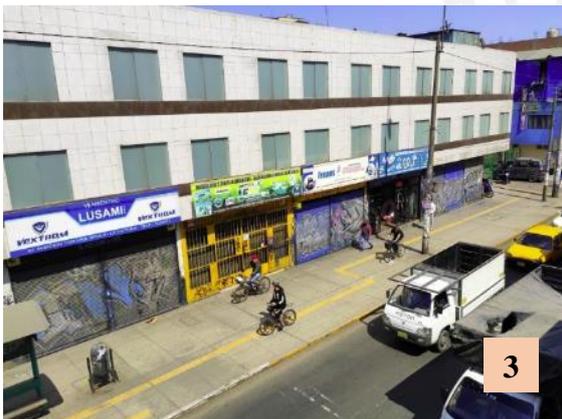
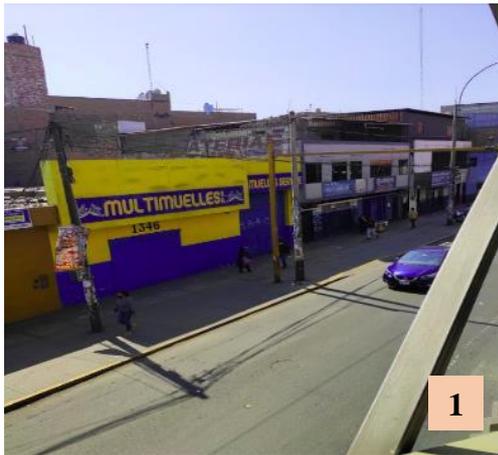
San Borja Sur



La Cultura



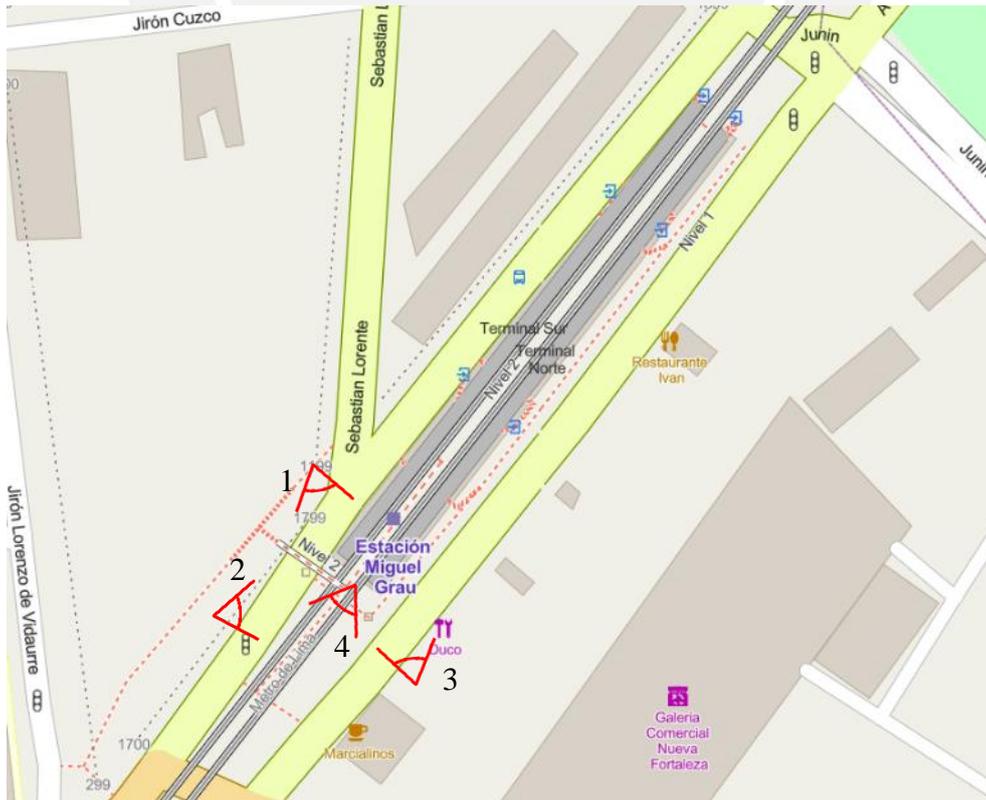
Arriola



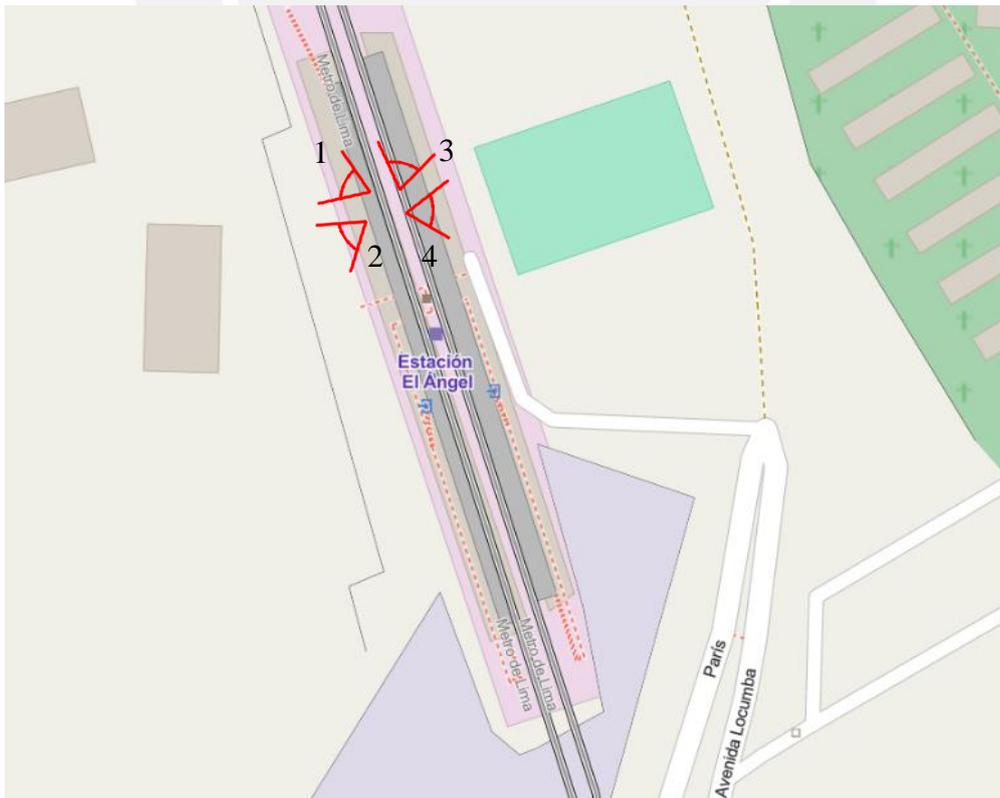
Gamarra



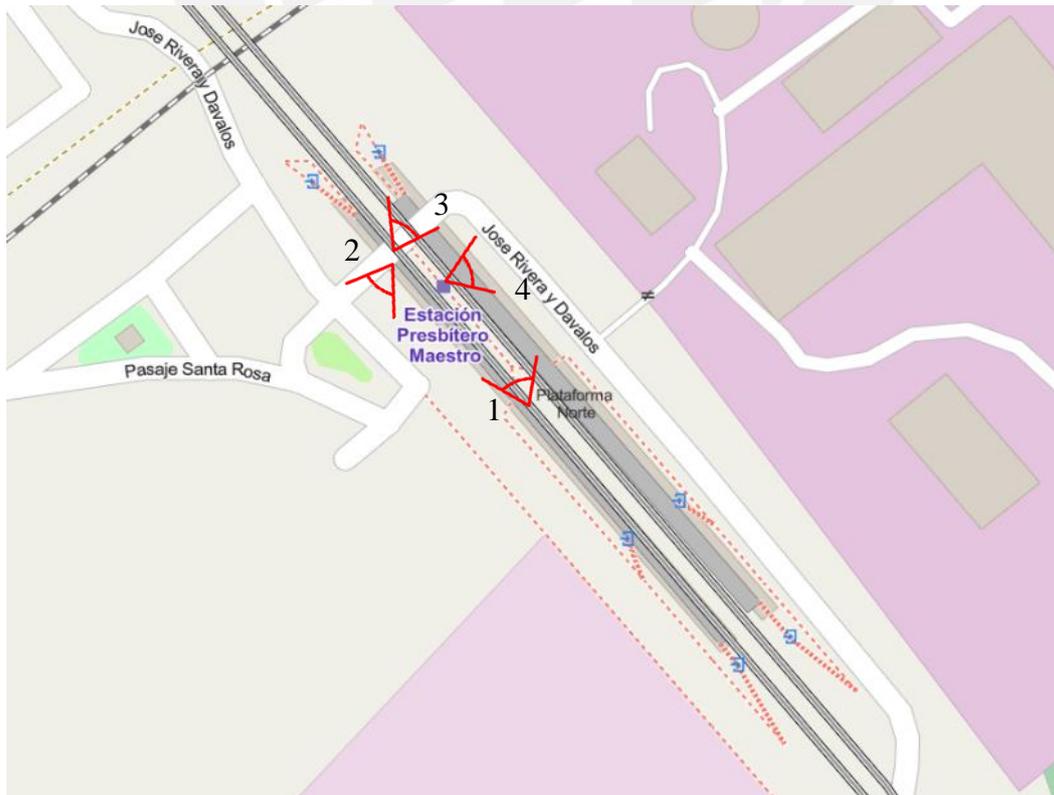
Miguel Grau



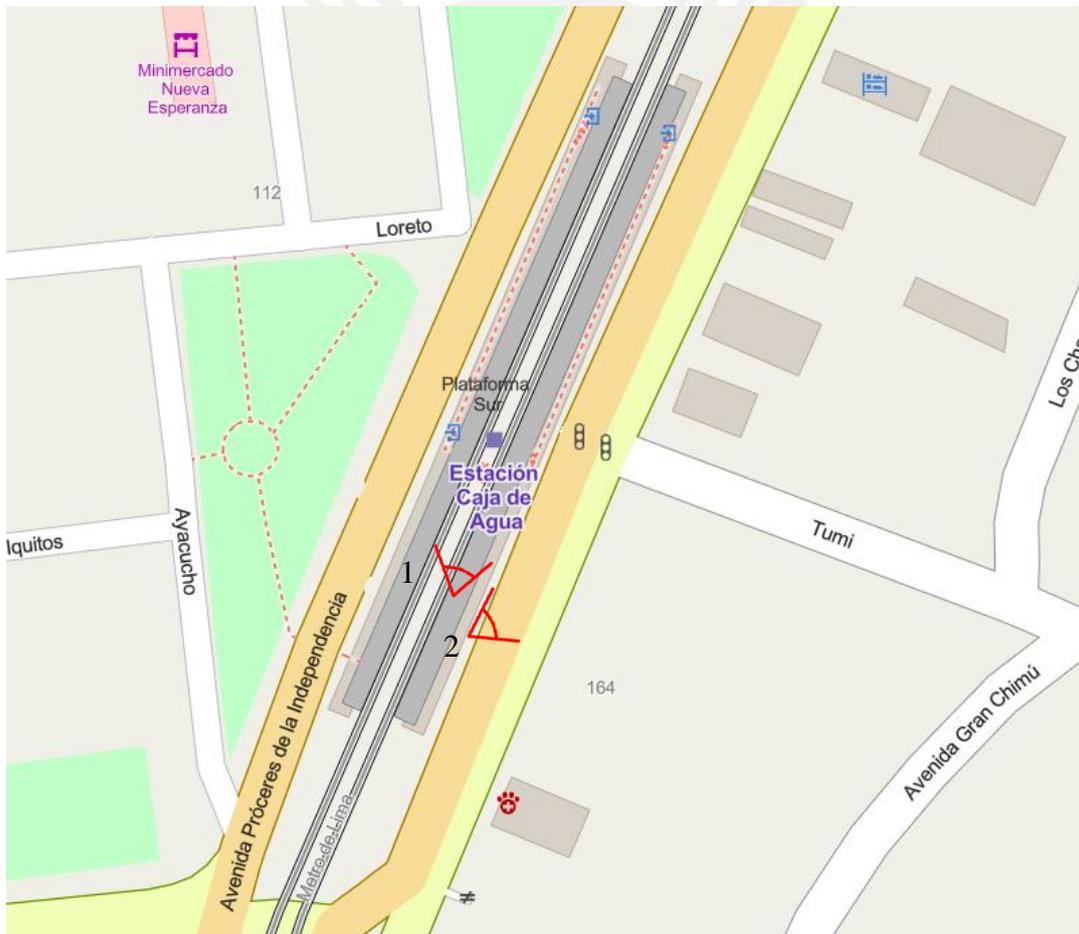
El Ángel



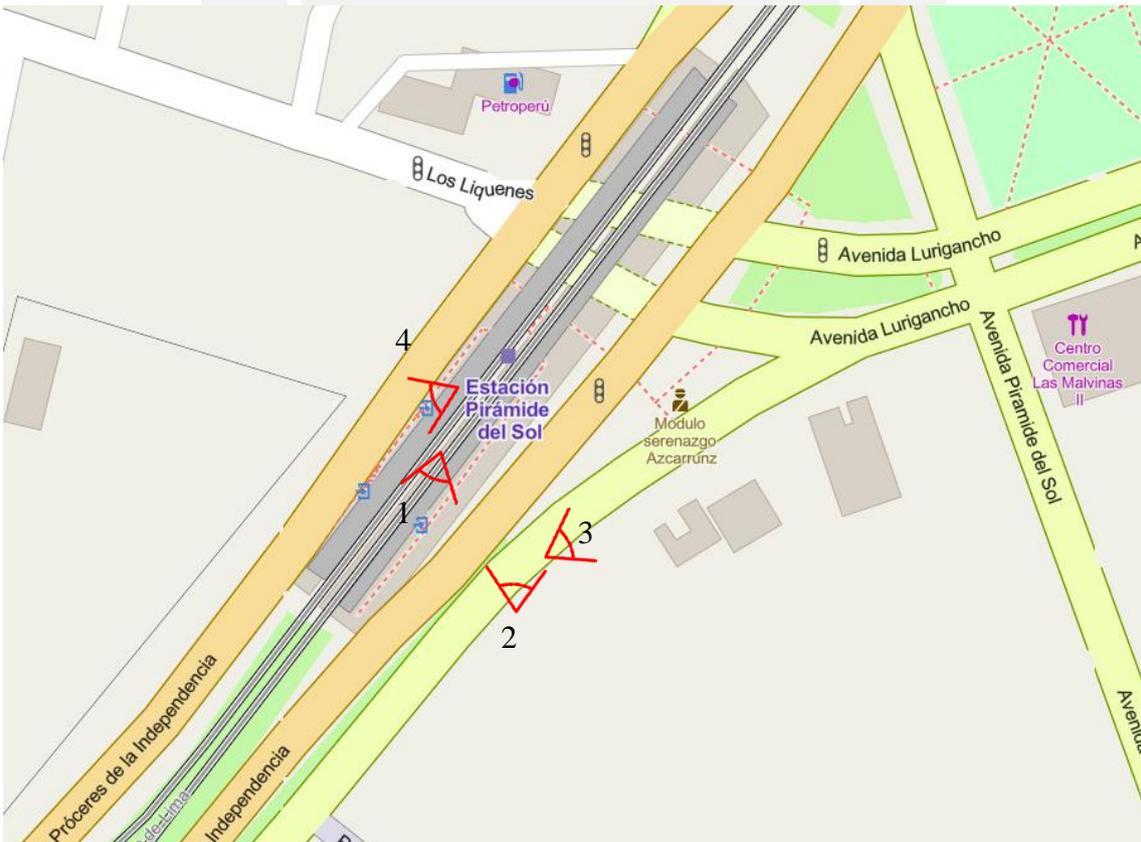
Presbítero Maestro



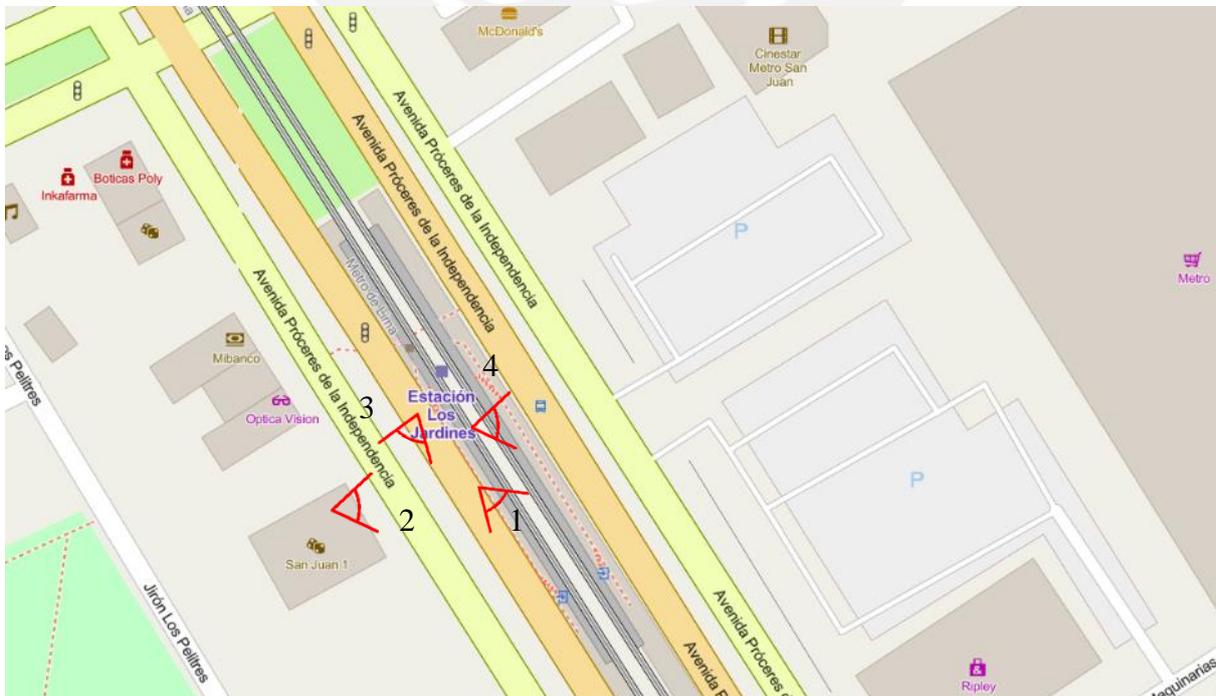
Caja de Agua



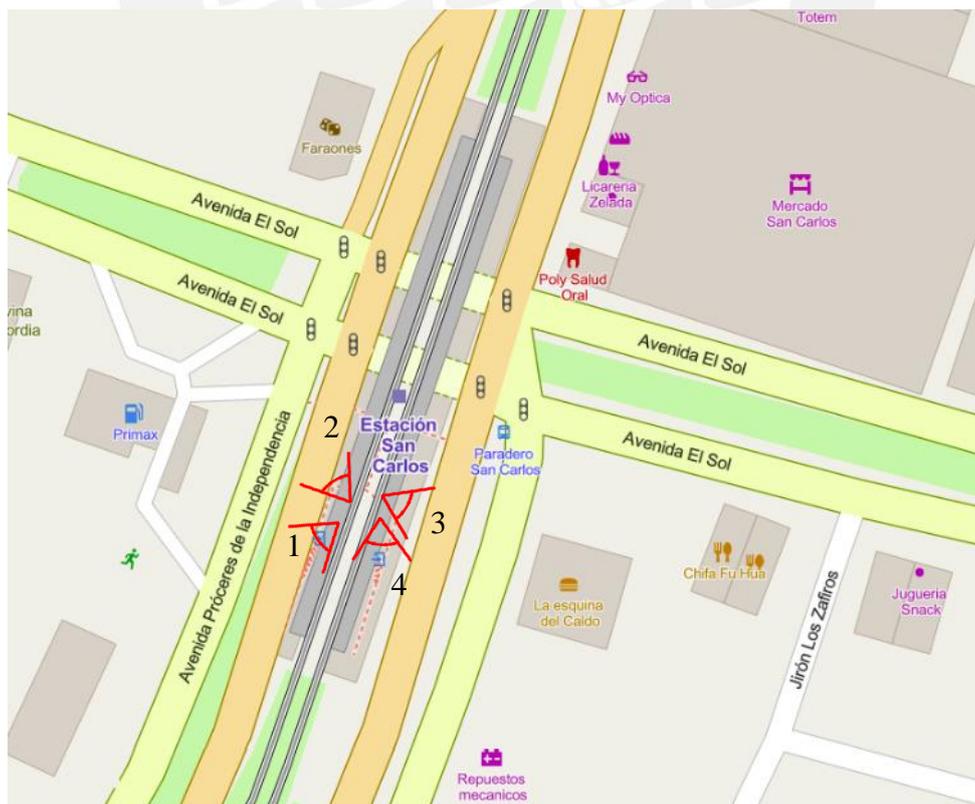
Pirámide del Sol



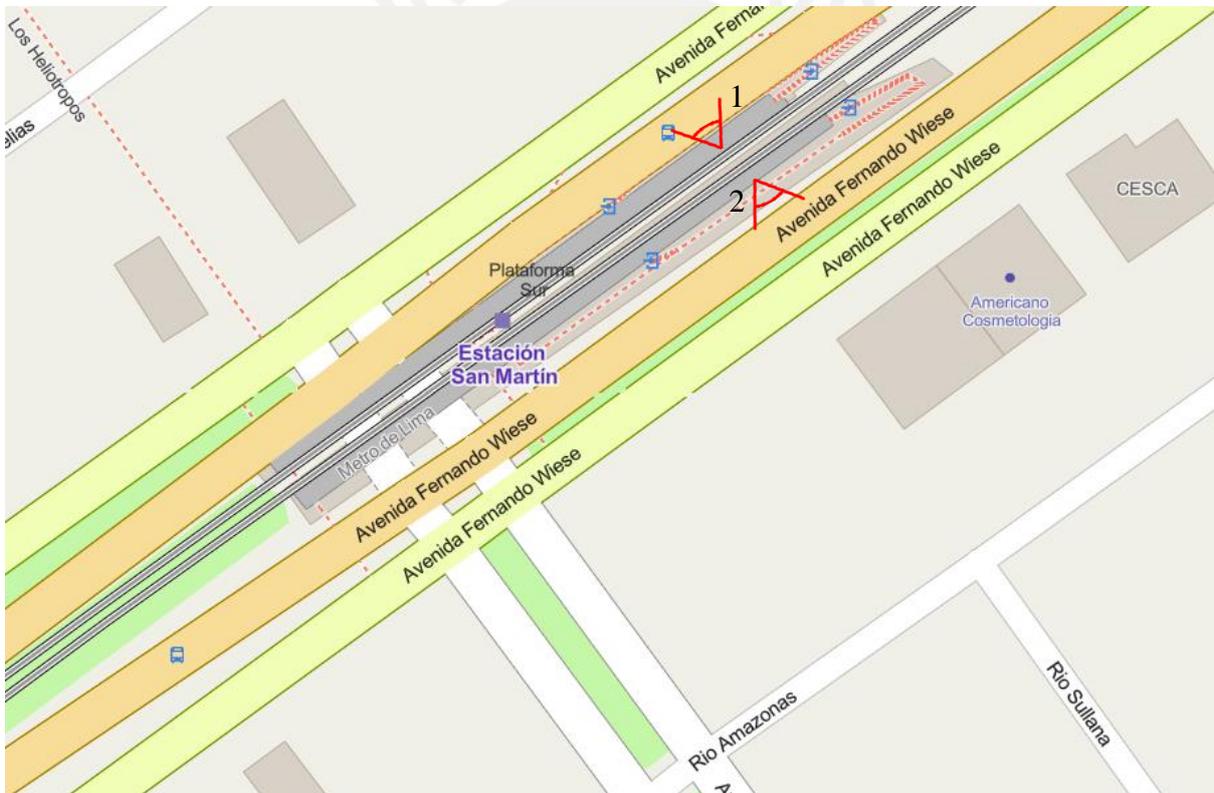
Los Jardines



San Carlos



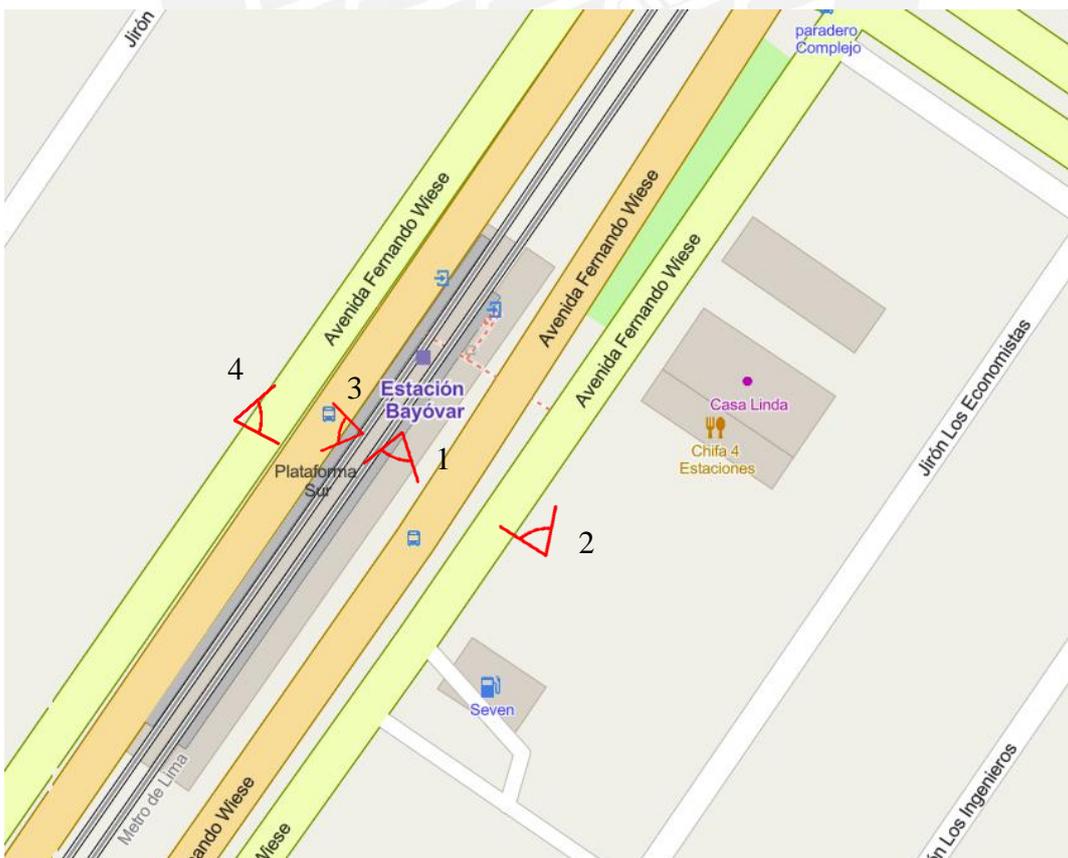
San Martín



Santa Rosa



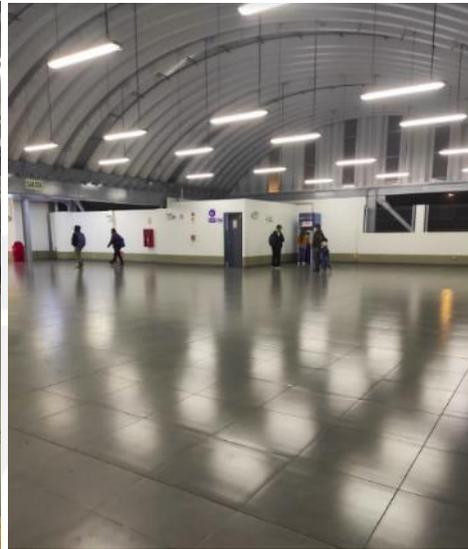
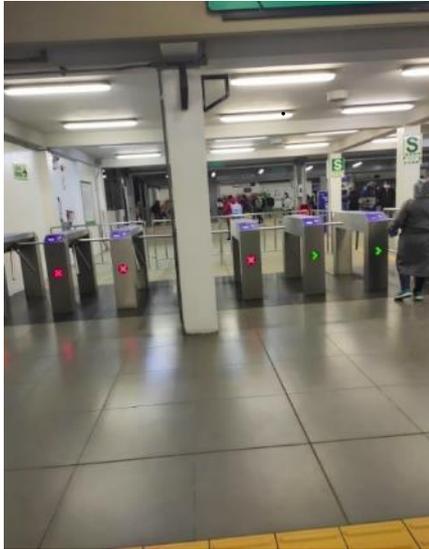
Bayóvar



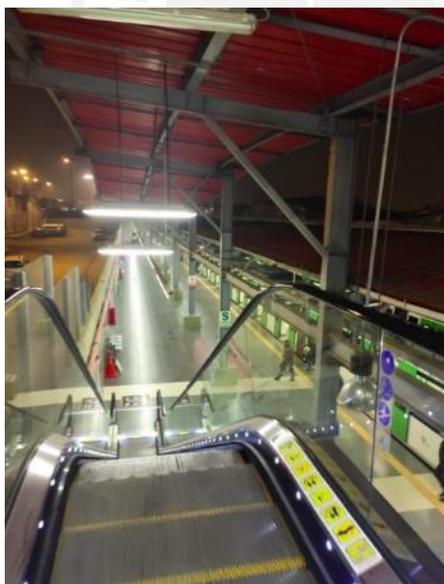
Anexo 3: Registro fotográfico del interior de las estaciones

El registro fotográfico muestra el interior de estaciones (hall). Las fotos fueron tomadas los días 5, 12 y 19 de septiembre del 2020.

Villa El Salvador

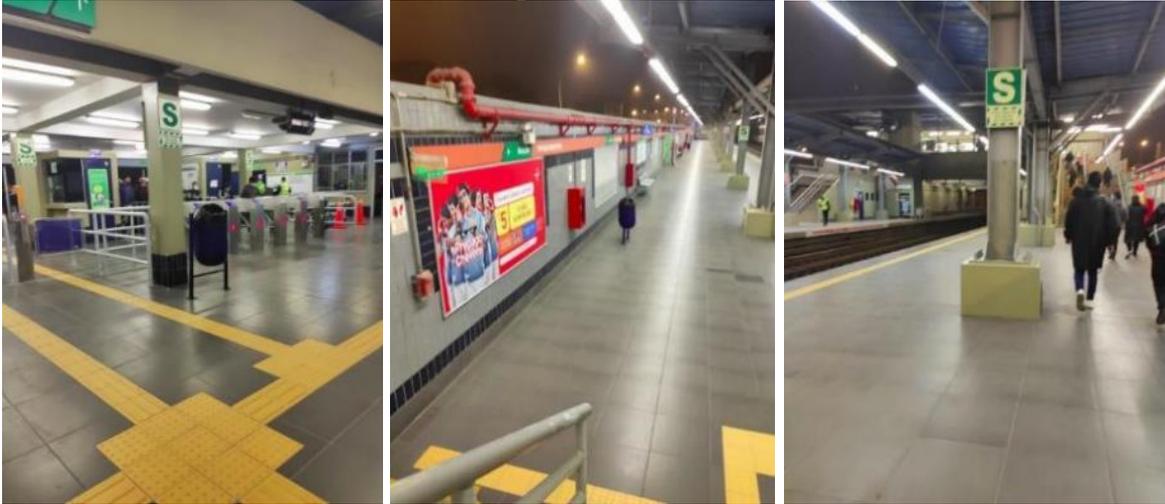


Entrada a la estación – Interior 2do nivel



Vista del andén (noche) – Interior del andén (noche)

Parque Industrial



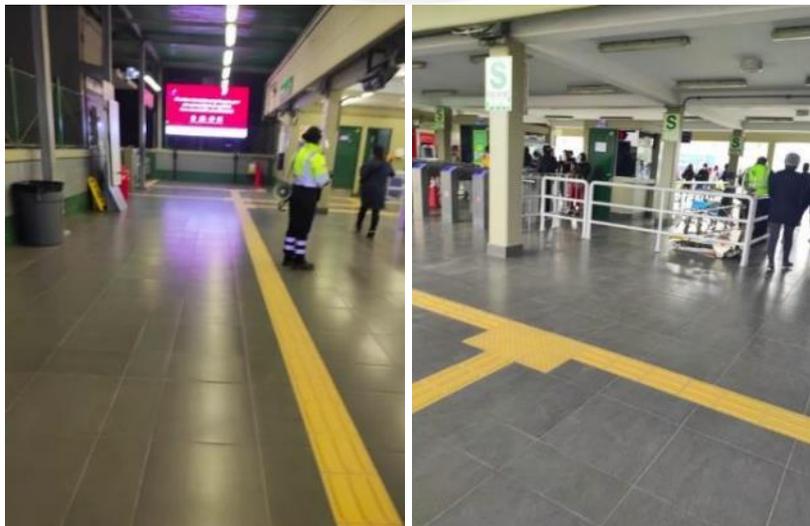
Interior 2do nivel - Interior del andén (noche)

Pumacahua



Interior del andén (noche) – Interior del andén (día)

Villa María



Interior 2 nivel noche – Interior 2do nivel (día)



Interior del andén (noche)

María Auxiliadora



Interior 2do nivel – Interior del andén (día)

San Juan

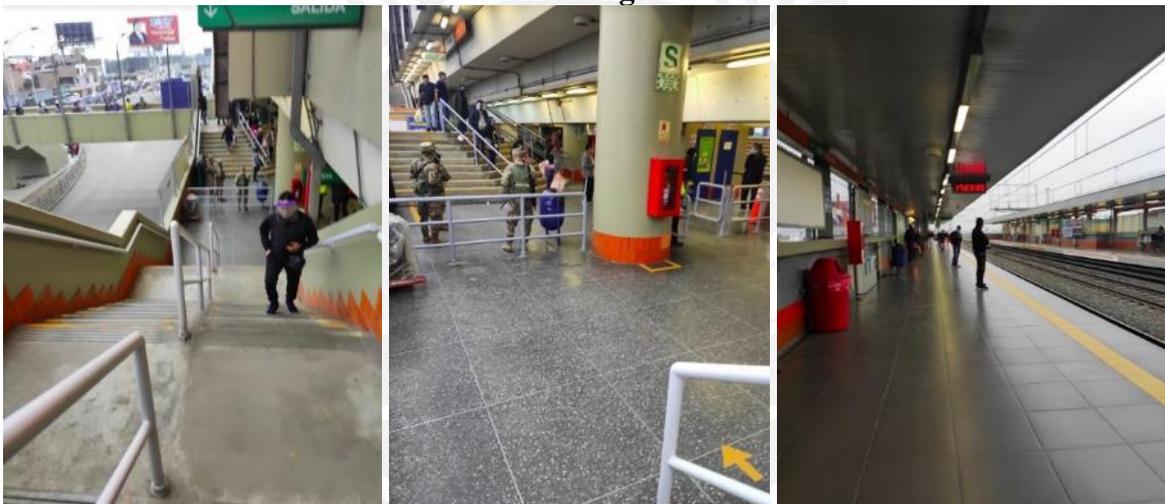


Interior 2do nivel- Interior del andén



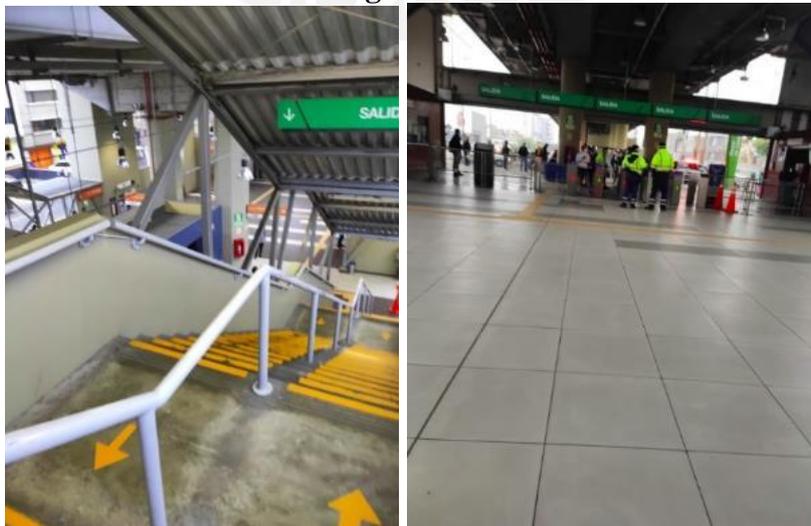
Interior del andén

Atocongo

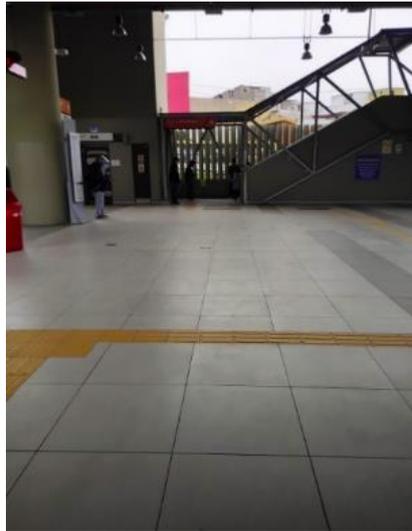


Interior 2do nivel - Interior del andén

Jorge Chávez

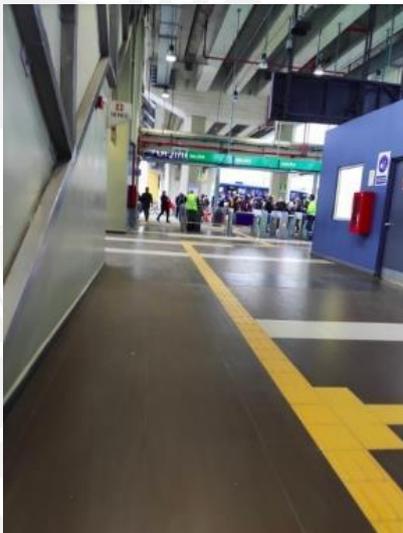
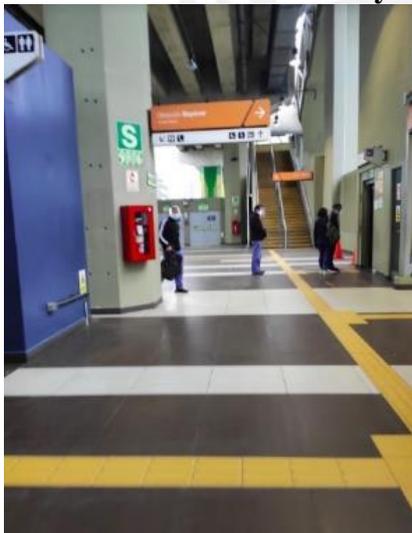


Interior 1er nivel

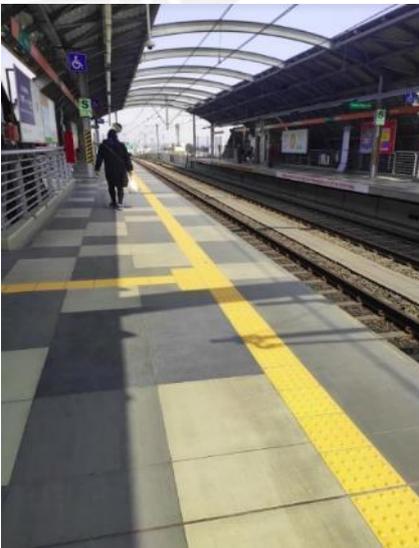
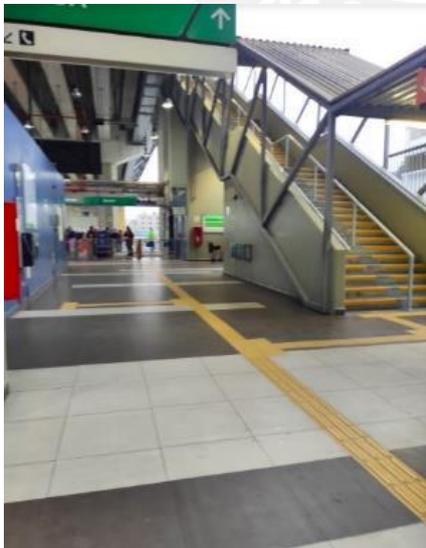


Interior 1er nivel - Interior del andén

Ayacacucho

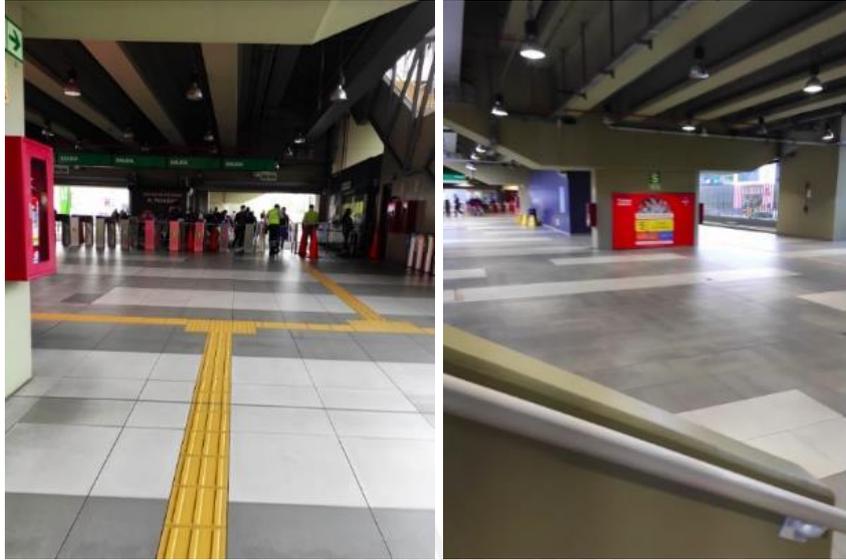


Interior 1er nivel



Interior 1er nivel - Interior del andén

Cabitos



Interior 1er nivel

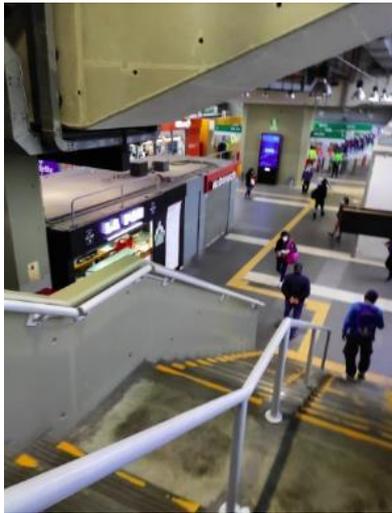


Interior del andén

Angamos

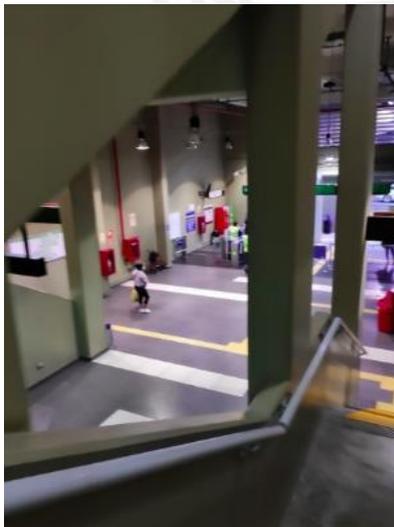


Interior 1er nivel

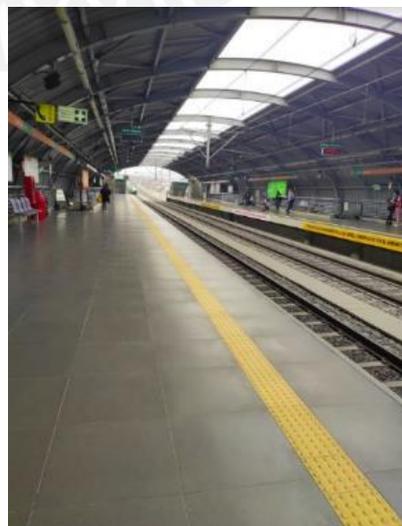


Interior del andén

San Borja Sur



Interior 1er nivel

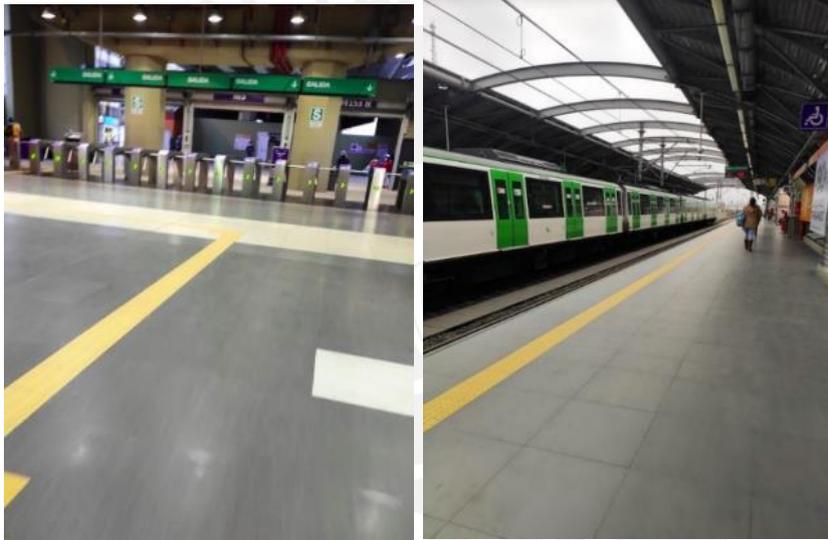


Salida del andén - Interior del andén

La Cultura



Interior 1er nivel

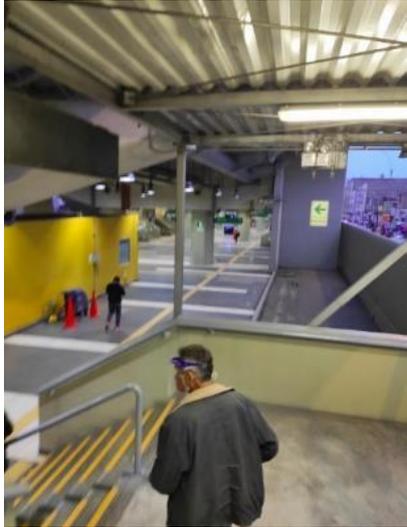


Interior 1er nivel - Interior del andén

Arriola

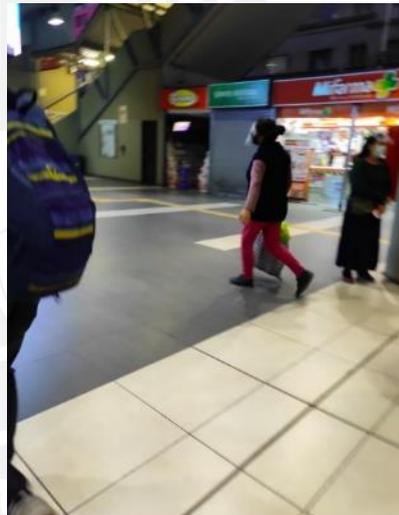
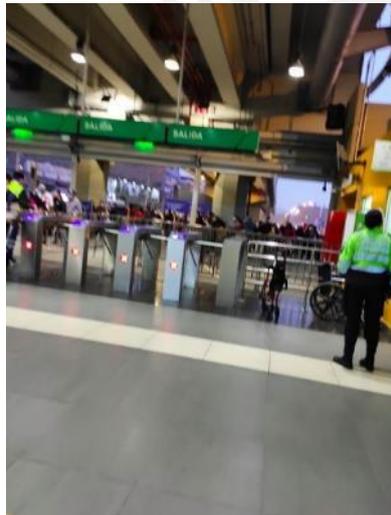


Interior 1er nivel



Interior 1er nivel - Interior del andén

Gamarra

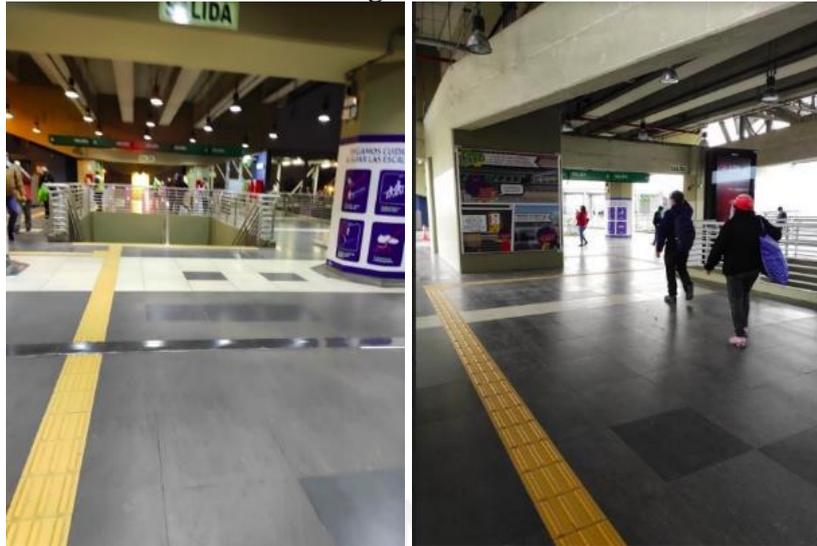


Interior 1er nivel

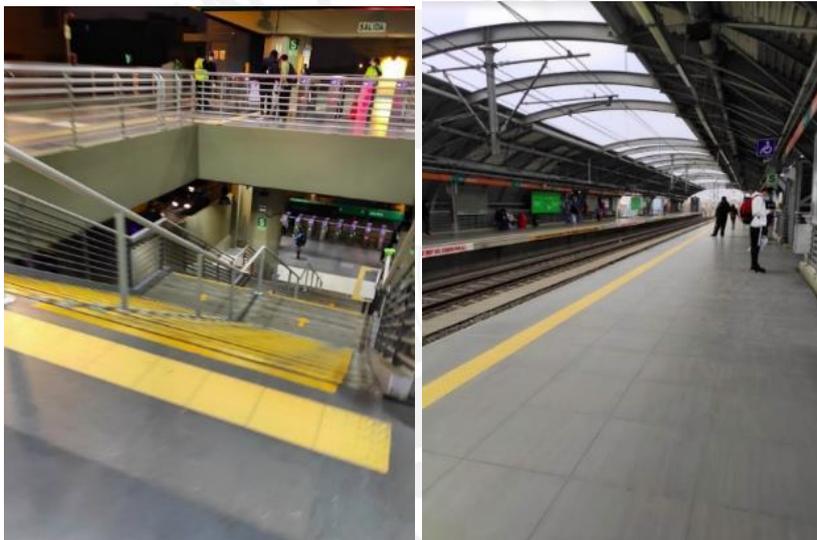


Interior 1er nivel - Interior del andén

Miguel Grau

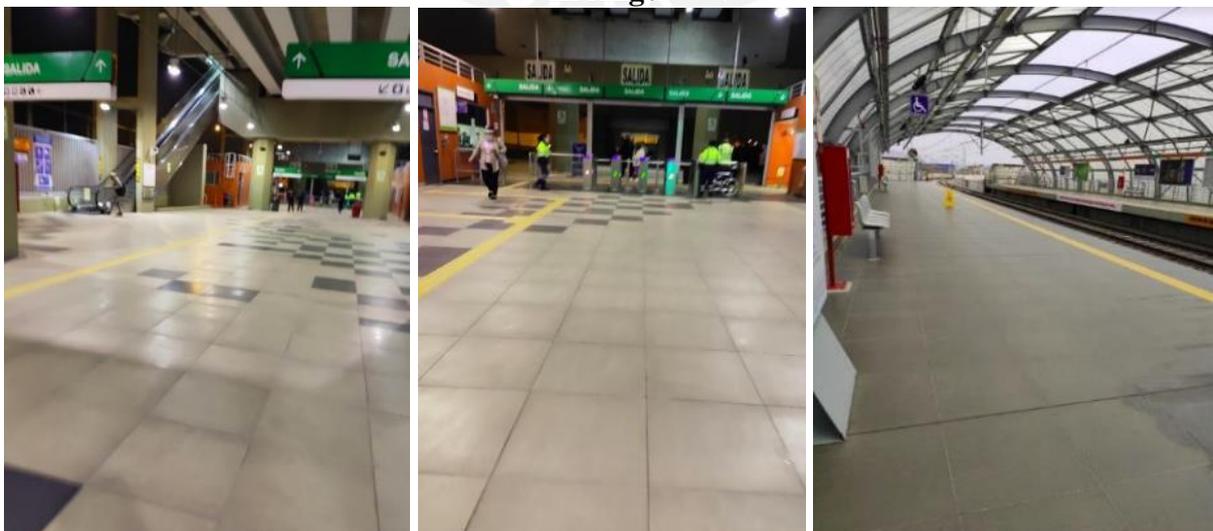


Interior 2do nivel



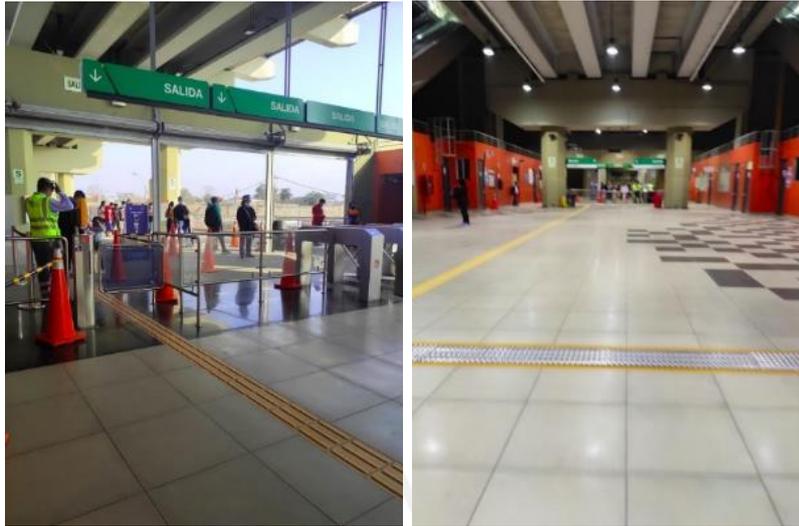
Interior 2do nivel - Interior del andén

El Ángel



Interior 1er nivel - Interior del andén

Presbítero Maestro

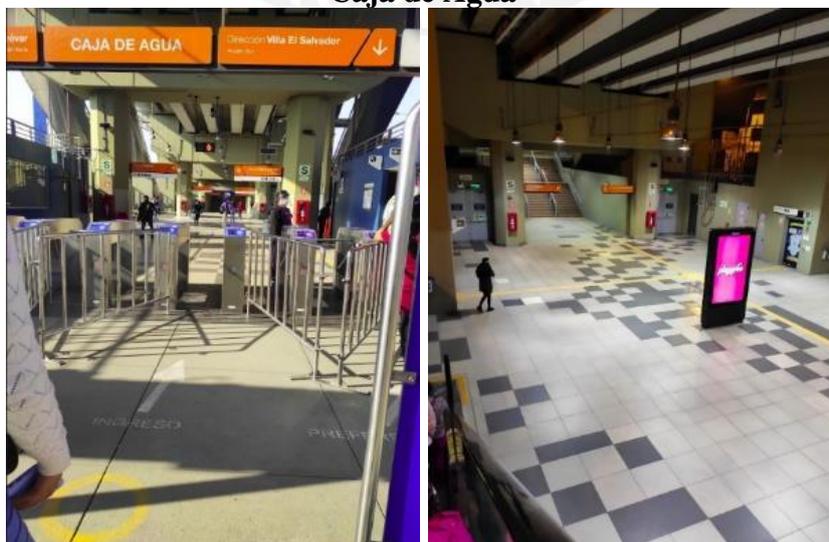


Interior 1er nivel

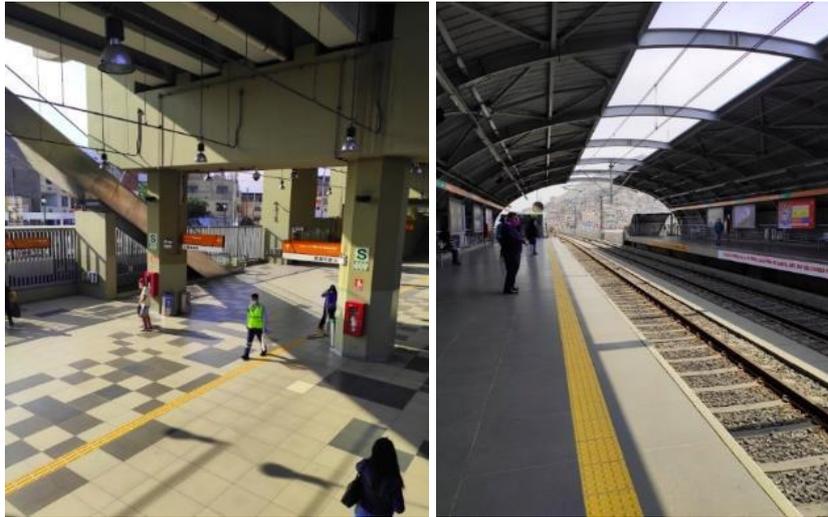


Interior 1er nivel - Interior del andén

Caja de Agua

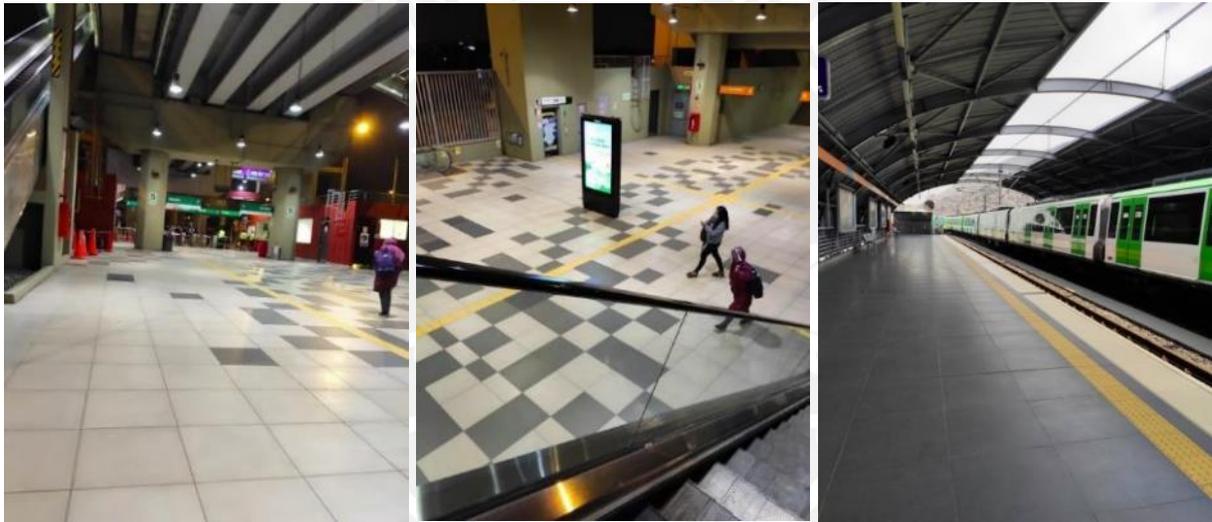


Interior 1er nivel



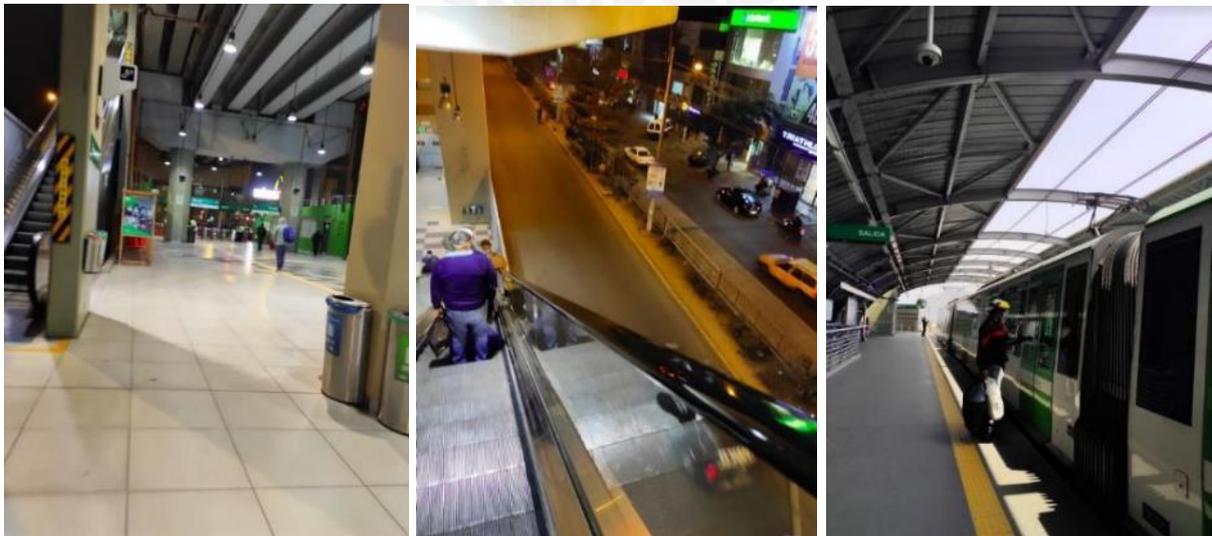
Interior 1er nivel - Interior del andén

Pirámide del Sol



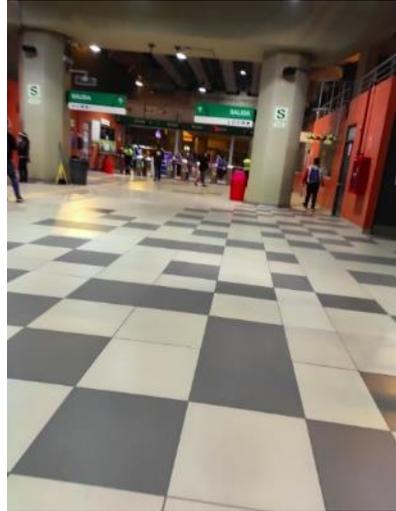
Interior 1er nivel - Interior del andén

Los Jardines



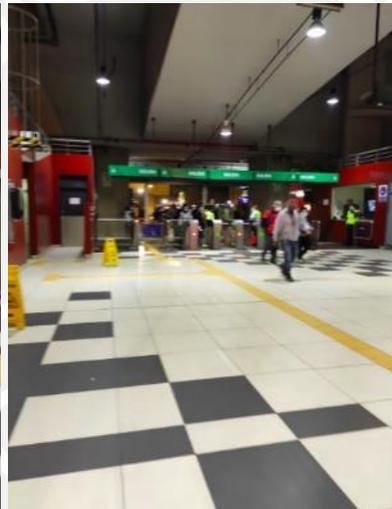
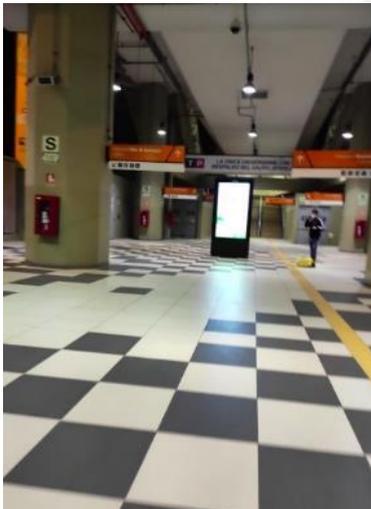
Interior 1er nivel – Vista del exterior - Interior del andén

Los Postes



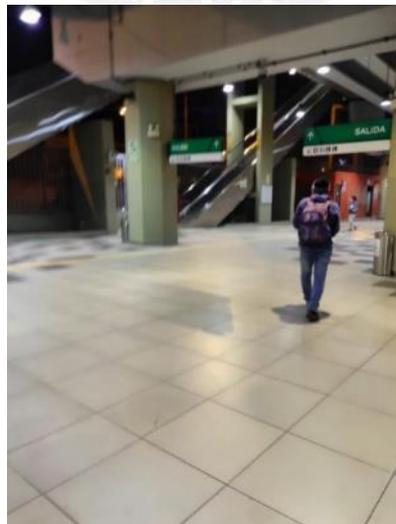
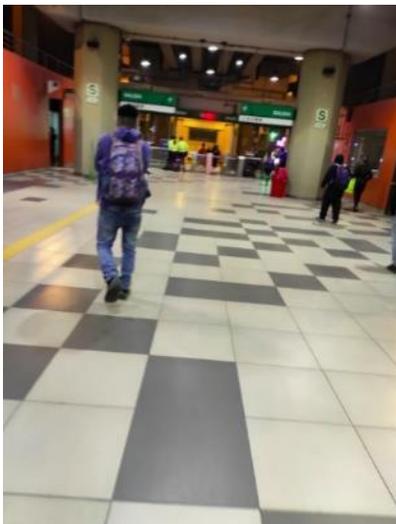
Interior 1er nivel

San Carlos



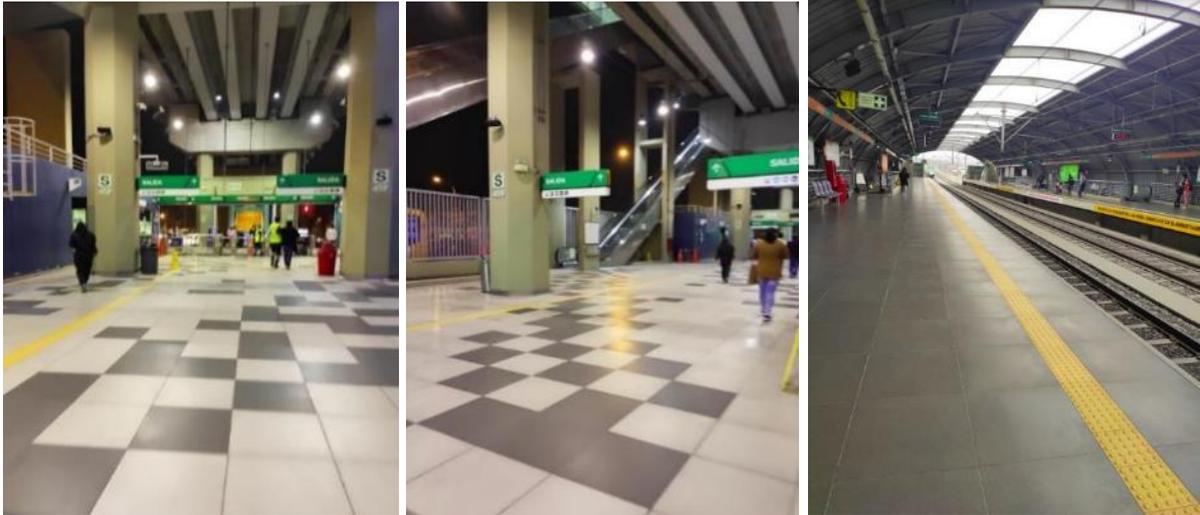
Interior 1er nivel - Interior del andén

San Martín



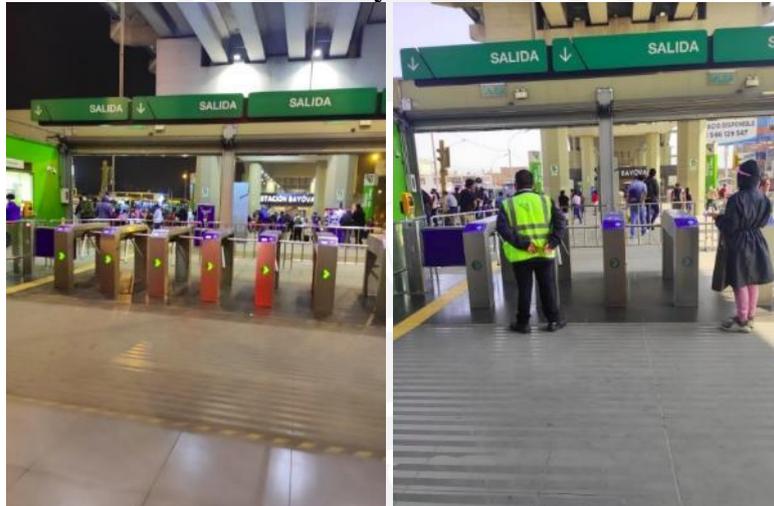
Interior 1er nivel - Interior del andén

Santa Rosa

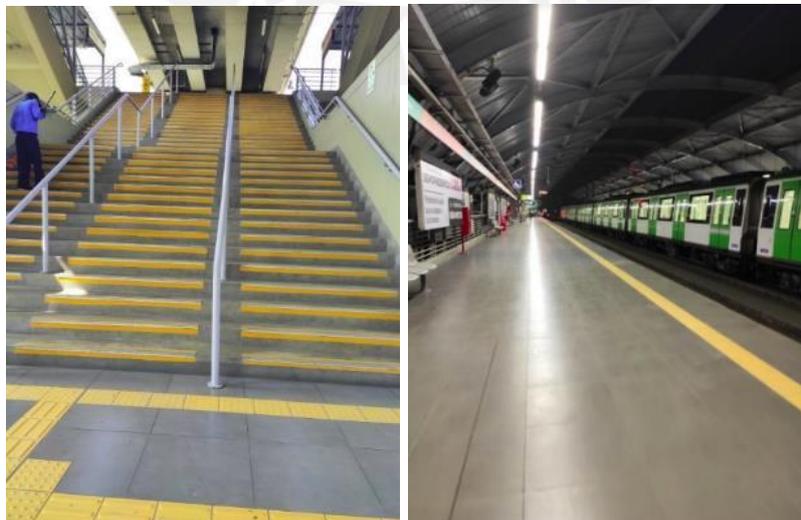


Interior 1er nivel - Interior del andén

Bayóvar



Interior 1er nivel



Interior 1er nivel - Interior del andén (noche)

Anexo 4: Registro de mediciones

A continuación, se muestra las tres lecturas en cada una de las tres posiciones de las mediciones en cada estación alrededor de las horas pico y valle, precedidos por un registro visual (fotográfico) de las condiciones durante el período de medición. Las posiciones 1 corresponden a la posición exterior a la estación donde se realizaron las mediciones, las posiciones 2 al interior de la estación y las posiciones 3 a las mediciones hechas en el andén.

Para ver el detalle de las mediciones hechas dirigirse al anexo 6.



Villa El Salvador Hora pico



VILLA EL SALVADOR Calibración (dB) Antes 94.0 Después 94.0

| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 20:39 | Hora Final | 20:59 | LAeq | 71.4 |
|---|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 73.6 | 69.8 | 66.7 | 63.3 | 61.5 | 58.4 | 53.1 | 46.3 |
| Lectura 2 | 73.3 | 68.7 | 65.2 | 62.9 | 61.8 | 59.1 | 53.9 | 48.1 |
| Lectura 3 | 73.1 | 70.0 | 66.8 | 63.4 | 61.4 | 58.3 | 55.1 | 47.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 60.1 | 85.0 | 71.5 | 64.2 | 68.0 | 75.2 |
| Lectura 2 | 58.2 | 81.0 | 69.7 | 61.4 | 66.0 | 73.4 |
| Lectura 3 | 56.8 | 89.7 | 73.1 | 60.6 | 66.1 | 75.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 20:15 | Hora Final | 20:33 | LAeq | 74.3 |
|---|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.8 | 66.9 | 67.5 | 70.6 | 68.2 | 63.8 | 59.1 | 51.4 |
| Lectura 2 | 73.5 | 68.3 | 67.8 | 69.6 | 68.2 | 65.8 | 60.3 | 51.7 |
| Lectura 3 | 72.6 | 69.5 | 69.1 | 71.4 | 69.4 | 65.3 | 60.5 | 52.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 62.4 | 78.8 | 71.5 | 66.9 | 70.3 | 73.4 |
| Lectura 2 | 63.0 | 92.5 | 81.2 | 67.2 | 71.9 | 78.6 |
| Lectura 3 | 60.9 | 79.1 | 70.1 | 65.0 | 68.4 | 72.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 19:40 | Hora Final | 20:10 | LAeq | 65.0 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 71.1 | 65.1 | 61.8 | 59.0 | 56.8 | 54.3 | 49.1 | 40.2 |
| Lectura 2 | 71.4 | 65.7 | 65.1 | 62.6 | 59.6 | 57.2 | 52.9 | 46.4 |
| Lectura 3 | 69.7 | 62.5 | 60.8 | 59.5 | 57.3 | 56.1 | 55.4 | 48.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 58.3 | 69.4 | 64.4 | 60.3 | 62.9 | 66.6 |
| Lectura 2 | 57.6 | 76.7 | 63.7 | 59.6 | 61.5 | 66.5 |
| Lectura 3 | 60.8 | 70.4 | 66.8 | 63.2 | 66.4 | 68.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 19:40 | Hora Final | 20:10 | LAeq | 80.0 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.5 | 71.2 | 75.0 | 74.4 | 70.6 | 68.0 | 64.3 | 56.3 |
| Lectura 2 | 71.3 | 72.1 | 76.4 | 75.5 | 71.3 | 68.5 | 63.4 | 55.6 |
| Lectura 3 | 74.8 | 70.0 | 73.6 | 75.2 | 71.1 | 68.9 | 64.2 | 56.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 66.4 | 92.0 | 79.5 | 74.4 | 75.3 | 80.2 |
| Lectura 2 | 72.2 | 91.8 | 79.5 | 73.2 | 74.5 | 79.0 |
| Lectura 3 | 71.9 | 92.6 | 80.9 | 76.2 | 77.2 | 79.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



| | | | | | |
|-------------------|------------------|-------|------|---------|------|
| VILLA EL SALVADOR | Calibración (dB) | Antes | 94.0 | Después | 94.0 |
|-------------------|------------------|-------|------|---------|------|

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 13:50 | Hora Final | 14:15 | LAeq | 71.0 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.0 | 73.3 | 69.2 | 64.7 | 62.6 | 60.0 | 55.9 | 49.5 |
| Lectura 2 | 74.8 | 71.7 | 68.6 | 64.6 | 62.4 | 59.7 | 55.3 | 49.4 |
| Lectura 3 | 74.0 | 70.8 | 67.8 | 63.4 | 60.6 | 57.3 | 53.6 | 49.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 57.4 | 83.0 | 71.2 | 61.5 | 66.9 | 75.1 |
| Lectura 2 | 56.8 | 90.9 | 71.7 | 60.2 | 64.4 | 73.9 |
| Lectura 3 | 58.3 | 82.8 | 70.1 | 61.5 | 66.0 | 73.3 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 13:21 | Hora Final | 13:45 | LAeq | 75.0 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.9 | 69.1 | 72.6 | 73.7 | 67.6 | 62.4 | 57.4 | 51.0 |
| Lectura 2 | 70.1 | 67.5 | 73.3 | 72.0 | 66.3 | 61.3 | 57.0 | 50.0 |
| Lectura 3 | 71.3 | 67.7 | 73.1 | 72.5 | 66.3 | 62.1 | 57.5 | 51.8 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 61.9 | 84.6 | 74.6 | 68.4 | 72.3 | 77.7 |
| Lectura 2 | 65.7 | 91.3 | 76.0 | 70.0 | 73.2 | 77.9 |
| Lectura 3 | 65.2 | 82.7 | 74.5 | 70.0 | 73.2 | 77.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 12:39 | Hora Final | 13:16 | LAeq | 65.8 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 71.0 | 67.5 | 65.4 | 63.0 | 60.6 | 58.7 | 53.8 | 47.0 |
| Lectura 2 | 70.9 | 65.3 | 62.2 | 61.3 | 58.0 | 55.3 | 51.3 | 42.9 |
| Lectura 3 | 70.0 | 63.1 | 60.8 | 62.2 | 58.9 | 55.6 | 50.3 | 42.5 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 58.9 | 71.3 | 65.0 | 60.8 | 63.6 | 67.1 |
| Lectura 2 | 58.9 | 74.1 | 66.8 | 61.9 | 65.9 | 68.6 |
| Lectura 3 | 58.2 | 80.0 | 65.7 | 60.5 | 63.9 | 67.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 12:39 | Hora Final | 13:16 | LAeq | 80.8 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.3 | 68.3 | 74.2 | 73.8 | 70.7 | 67.7 | 64.7 | 57.8 |
| Lectura 2 | 72.1 | 71.4 | 78.4 | 76.7 | 71.8 | 68.2 | 63.0 | 54.2 |
| Lectura 3 | 72.0 | 68.8 | 75.8 | 74.6 | 71.6 | 68.5 | 64.9 | 57.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 68.7 | 91.9 | 77.8 | 72.7 | 74.2 | 78.9 |
| Lectura 2 | 67.6 | 92.8 | 82.5 | 75.3 | 79.8 | 81.1 |
| Lectura 3 | 75.5 | 92.3 | 82.0 | 76.8 | 79.2 | 82.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

San Juan Hora pico



SAN JUAN Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.7

| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 18:55 | Hora Final | 19:15 | LAeq | 79.8 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 81.2 | 76.6 | 75.3 | 74.2 | 73.4 | 71.0 | 65.3 | 57.9 |
| Lectura 2 | 80.7 | 77.9 | 76.0 | 72.5 | 72.5 | 70.8 | 65.5 | 59.0 |
| Lectura 3 | 81.4 | 77.9 | 75.3 | 72.9 | 73.1 | 71.5 | 65.8 | 59.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 68.9 | 87.3 | 79.7 | 73.8 | 78.4 | 82.2 |
| Lectura 2 | 68.2 | 89.9 | 80.3 | 73.8 | 79.3 | 82.6 |
| Lectura 3 | 64.9 | 89.0 | 79.4 | 70.8 | 78.0 | 81.9 |

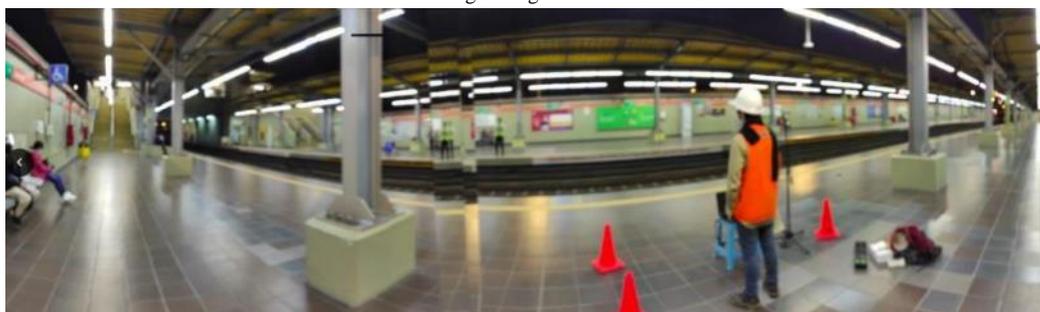
Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 18:30 | Hora Final | 18:50 | LAeq | 75.5 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 78.7 | 74.9 | 72.6 | 71.6 | 70.0 | 68.5 | 61.2 | 54.2 |
| Lectura 2 | 78.6 | 73.5 | 70.5 | 70.2 | 69.9 | 66.8 | 61.5 | 53.9 |
| Lectura 3 | 78.0 | 74.6 | 71.1 | 69.6 | 68.8 | 66.0 | 60.6 | 52.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 67.8 | 90.6 | 75.3 | 71.2 | 73.6 | 76.8 |
| Lectura 2 | 66.0 | 84.9 | 75.6 | 69.5 | 74.2 | 77.6 |
| Lectura 3 | 66.5 | 91.9 | 75.5 | 70.0 | 73.6 | 77.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 18:00 | Hora Final | 18:23 | LAeq | 75.5 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.7 | 73.6 | 71.2 | 70.5 | 70.5 | 68.4 | 62.7 | 54.8 |
| Lectura 2 | 78.1 | 74.5 | 71.0 | 70.2 | 70.1 | 67.9 | 63.2 | 55.4 |
| Lectura 3 | 78.6 | 71.8 | 69.4 | 69.2 | 69.3 | 67.5 | 63.8 | 56.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.3 | 85.6 | 75.0 | 70.9 | 73.4 | 77.2 |
| Lectura 2 | 67.4 | 83.4 | 75.6 | 70.0 | 73.8 | 77.8 |
| Lectura 3 | 67.4 | 87.0 | 76.0 | 69.9 | 73.3 | 77.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 18:00 | Hora Final | 18:23 | LAeq | 83.3 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.6 | 76.3 | 75.7 | 76.8 | 73.7 | 72.2 | 68.2 | 60.4 |
| Lectura 2 | 79.9 | 76.9 | 78.4 | 79.4 | 75.3 | 73.0 | 68.6 | 59.9 |
| Lectura 3 | 78.7 | 74.9 | 75.4 | 77.1 | 75.4 | 73.7 | 69.0 | 60.4 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.6 | 89.0 | 82.0 | 75.5 | 80.0 | 85.4 |
| Lectura 2 | 76.8 | 92.6 | 84.2 | 77.9 | 80.6 | 90.3 |
| Lectura 3 | 76.4 | 91.5 | 83.7 | 77.5 | 80.6 | 86.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



SAN JUAN Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.9

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 11:45 | Hora Final | 12:10 | LAeq | 79.5 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 81.6 | 78.9 | 76.2 | 73.9 | 73.5 | 71.2 | 65.7 | 59.2 |
| Lectura 2 | 81.3 | 77.6 | 75.0 | 72.7 | 72.0 | 69.8 | 63.9 | 57.5 |
| Lectura 3 | 80.5 | 77.5 | 74.6 | 73.0 | 72.4 | 70.5 | 65.3 | 60.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.3 | 87.3 | 79.6 | 73.4 | 78.5 | 82.3 |
| Lectura 2 | 68.8 | 90.8 | 79.4 | 73.2 | 77.9 | 81.8 |
| Lectura 3 | 65.8 | 91.0 | 79.4 | 72.0 | 78.1 | 81.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 11:15 | Hora Final | 11:41 | LAeq | 78.1 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 77.1 | 75.0 | 74.0 | 72.9 | 70.6 | 67.6 | 62.4 | 55.8 |
| Lectura 2 | 78.6 | 75.4 | 73.5 | 72.8 | 70.2 | 66.9 | 62.1 | 55.5 |
| Lectura 3 | 76.9 | 75.7 | 73.3 | 72.8 | 69.8 | 66.4 | 61.1 | 54.5 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 68.2 | 90.6 | 78.7 | 71.5 | 75.3 | 81.4 |
| Lectura 2 | 67.1 | 87.5 | 76.7 | 71.5 | 74.7 | 79.2 |
| Lectura 3 | 68.8 | 93.9 | 79.0 | 71.7 | 75.3 | 81.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 10:45 | Hora Final | 11:11 | LAeq | 77.0 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.0 | 76.2 | 73.5 | 72.2 | 70.9 | 68.0 | 62.8 | 55.7 |
| Lectura 2 | 78.4 | 73.2 | 73.5 | 72.8 | 70.4 | 68.1 | 61.8 | 55.6 |
| Lectura 3 | 75.0 | 72.1 | 72.8 | 70.5 | 69.7 | 66.9 | 62.2 | 54.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 66.8 | 89.0 | 77.3 | 69.9 | 74.4 | 80.9 |
| Lectura 2 | 65.9 | 85.4 | 75.9 | 68.7 | 73.7 | 78.9 |
| Lectura 3 | 65.8 | 85.2 | 77.9 | 70.0 | 74.0 | 81.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 29/04/2021 | Hora Inicio | 10:45 | Hora Final | 11:11 | LAeq | 83.1 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 80.2 | 77.6 | 81.4 | 78.7 | 75.0 | 71.4 | 67.0 | 59.4 |
| Lectura 2 | 79.4 | 77.8 | 79.1 | 78.1 | 74.6 | 72.1 | 68.5 | 60.7 |
| Lectura 3 | 78.6 | 76.5 | 78.5 | 77.6 | 73.5 | 70.1 | 65.8 | 59.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 71.3 | 92.2 | 82.5 | 74.3 | 79.3 | 83.2 |
| Lectura 2 | 68.2 | 92.3 | 83.1 | 75.4 | 79.9 | 83.7 |
| Lectura 3 | 74.8 | 90.9 | 83.8 | 80.2 | 81.7 | 86.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Atocongo Hora pico



| ATOCONGO | | Calibración (dB) | | Antes | 94.0 | Después | 94.3 | | |
|-----------------|---|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 15:05 | Hora Final | 15:30 | LAeq | 78.2 | |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 81.2 | 77.7 | 74.7 | 71.5 | 71.0 | 67.4 | 61.6 | 55.3 | |
| Lectura 2 | 81.2 | 78.4 | 75.1 | 72.5 | 70.8 | 67.4 | 61.7 | 55.0 | |
| Lectura 3 | 79.8 | 77.3 | 74.5 | 72.4 | 71.4 | 67.8 | 61.0 | 54.0 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|--|
| Lectura 1 | 65.7 | 85.5 | 77.7 | 69.3 | 77.0 | 80.7 | | | |
| Lectura 2 | 64.6 | 85.9 | 78.7 | 67.8 | 77.6 | 81.7 | | | |
| Lectura 3 | 61.6 | 90.2 | 78.2 | 65.5 | 76.4 | 81.5 | | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 15:36 | Hora Final | 16:00 | LAeq | 80.7 | |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 83.4 | 78.3 | 75.1 | 76.4 | 74.3 | 71.0 | 65.9 | 58.9 | |
| Lectura 2 | 82.8 | 78.7 | 75.5 | 76.3 | 73.3 | 70.2 | 65.0 | 58.0 | |
| Lectura 3 | 83.3 | 78.9 | 75.6 | 77.2 | 74.3 | 70.7 | 64.8 | 57.8 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|--|
| Lectura 1 | 68.9 | 88.6 | 80.3 | 74.5 | 78.6 | 82.5 | | | |
| Lectura 2 | 69.6 | 89.1 | 80.4 | 74.1 | 78.0 | 83.0 | | | |
| Lectura 3 | 69.9 | 91.6 | 81.3 | 73.7 | 77.0 | 84.1 | | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 16:06 | Hora Final | 16:33 | LAeq | 75.1 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 77.5 | 73.0 | 70.7 | 68.1 | 67.7 | 64.9 | 60.5 | 53.7 |
| Lectura 2 | 77.7 | 72.7 | 70.6 | 68.1 | 67.6 | 64.7 | 59.9 | 52.1 |
| Lectura 3 | 78.2 | 71.6 | 69.9 | 68.5 | 67.3 | 64.6 | 58.7 | 51.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 66.8 | 82.9 | 75.3 | 69.7 | 73.4 | 77.6 |
| Lectura 2 | 70.3 | 89.1 | 75.7 | 71.5 | 73.2 | 76.1 |
| Lectura 3 | 66.8 | 81.3 | 74.3 | 69.9 | 73.4 | 76.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 16:06 | Hora Final | 16:33 | LAeq | 82.8 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 81.1 | 77.8 | 80.7 | 78.2 | 75.7 | 72.5 | 67.2 | 59.4 |
| Lectura 2 | 78.6 | 75.9 | 76.8 | 77.8 | 73.4 | 71.0 | 66.3 | 58.2 |
| Lectura 3 | 78.1 | 75.6 | 77.7 | 78.1 | 75.1 | 72.1 | 66.4 | 58.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 73.6 | 91.4 | 82.2 | 74.7 | 77.1 | 84.1 |
| Lectura 2 | 73.4 | 92.0 | 82.8 | 75.2 | 78.3 | 85.8 |
| Lectura 3 | 70.0 | 92.5 | 83.5 | 74.6 | 80.0 | 85.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



ATOCONGO Calibración (dB) Antes 94.0 Después 94.0

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 12:06 | Hora Final | 12:33 | LAeq | 77.1 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 82.0 | 78.5 | 75.3 | 72.4 | 71.2 | 67.7 | 61.9 | 55.9 |
| Lectura 2 | 79.9 | 77.2 | 73.1 | 70.8 | 69.3 | 65.7 | 60.6 | 54.6 |
| Lectura 3 | 81.9 | 77.7 | 74.5 | 72.0 | 70.8 | 67.3 | 61.6 | 55.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 61.7 | 87.8 | 78.1 | 66.6 | 76.1 | 81.2 |
| Lectura 2 | 57.6 | 85.4 | 75.7 | 62.9 | 73.1 | 79.1 |
| Lectura 3 | 57.4 | 88.3 | 77.6 | 64.4 | 76.1 | 80.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 12:38 | Hora Final | 13:04 | LAeq | 78.4 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 82.3 | 77.1 | 74.9 | 74.0 | 71.0 | 67.7 | 62.4 | 55.4 |
| Lectura 2 | 80.7 | 76.4 | 74.1 | 73.1 | 70.7 | 67.6 | 62.1 | 55.0 |
| Lectura 3 | 79.1 | 75.5 | 73.1 | 73.5 | 70.4 | 67.0 | 61.7 | 56.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 64.0 | 85.7 | 78.3 | 71.8 | 76.8 | 80.7 |
| Lectura 2 | 63.2 | 91.9 | 78.7 | 71.6 | 76.3 | 80.9 |
| Lectura 3 | 61.3 | 89.4 | 78.1 | 69.8 | 76.8 | 80.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 13:12 | Hora Final | 13:36 | LAeq | 73.4 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 78.4 | 72.5 | 71.2 | 69.5 | 67.8 | 64.6 | 59.7 | 52.6 |
| Lectura 2 | 78.3 | 72.4 | 70.2 | 68.4 | 68.1 | 65.3 | 60.1 | 52.9 |
| Lectura 3 | 77.6 | 72.1 | 70.6 | 69.3 | 68.8 | 65.4 | 59.6 | 53.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 71.2 | 79.3 | 74.5 | 72.4 | 74.1 | 75.5 |
| Lectura 2 | 61.5 | 84.8 | 73.1 | 65.8 | 71.5 | 75.9 |
| Lectura 3 | 65.1 | 82.8 | 72.7 | 67.9 | 70.0 | 74.3 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 14:05 | Hora Final | 14:40 | LAeq | 82.4 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.5 | 73.6 | 73.9 | 78.9 | 75.0 | 71.8 | 67.2 | 57.7 |
| Lectura 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lectura 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 68.7 | 91.9 | 81.4 | 72.0 | 78.4 | 82.4 |
| Lectura 2 | 73.7 | 90.8 | 83.2 | 74.7 | 78.3 | 87.6 |
| Lectura 3 | 77.8 | 91.1 | 82.7 | 78.7 | 80.3 | 83.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Cabitos Hora pico

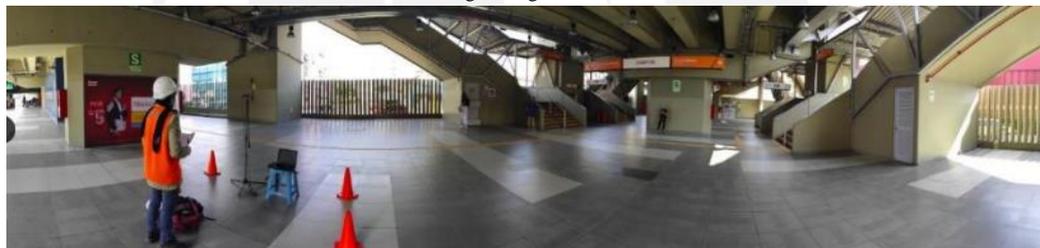


CABITOS Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.7

| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 14:25 | Hora Final | 14:47 | LAeq | 77.5 |
|--|-------|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 1 Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.2 | 77.1 | 75.3 | 71.7 | 69.4 | 67.9 | 62.0 | 55.6 |
| Lectura 2 | 80.2 | 77.8 | 75.2 | 72.4 | 70.3 | 68.4 | 63.7 | 56.7 |
| Lectura 3 | 79.4 | 75.9 | 73.3 | 72.1 | 69.3 | 67.6 | 62.2 | 54.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.4 | 89.3 | 78.3 | 72.0 | 75.6 | 81.5 |
| Lectura 2 | 69.9 | 85.6 | 77.2 | 72.1 | 75.3 | 79.3 |
| Lectura 3 | 68.2 | 85.1 | 76.9 | 70.8 | 75.4 | 79.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 13:57 | Hora Final | 14:18 | LAeq | 76.8 |
|--|-------|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 2 Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.8 | 75.5 | 74.4 | 71.3 | 68.8 | 65.3 | 61.2 | 54.1 |
| Lectura 2 | 78.7 | 76.0 | 74.9 | 71.7 | 69.0 | 65.0 | 59.9 | 52.0 |
| Lectura 3 | 80.0 | 77.4 | 76.1 | 72.8 | 70.3 | 66.9 | 60.5 | 53.5 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 64.3 | 88.3 | 76.2 | 67.5 | 73.2 | 79.2 |
| Lectura 2 | 68.4 | 89.8 | 77.6 | 70.8 | 75.5 | 79.3 |
| Lectura 3 | 65.5 | 86.2 | 76.7 | 69.1 | 74.7 | 79.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 13:25 | Hora Final | 13:52 | LAeq | 70.0 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.6 | 67.8 | 65.8 | 62.7 | 59.6 | 57.6 | 52.7 | 44.3 |
| Lectura 2 | 71.9 | 70.1 | 66.5 | 62.8 | 60.8 | 57.7 | 53.0 | 44.2 |
| Lectura 3 | 71.1 | 66.8 | 64.5 | 61.7 | 59.7 | 55.8 | 50.7 | 42.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 59.9 | 83.0 | 68.9 | 62.7 | 64.7 | 70.2 |
| Lectura 2 | 61.2 | 85.5 | 71.9 | 62.7 | 68.0 | 74.9 |
| Lectura 3 | 60.8 | 84.7 | 69.2 | 62.4 | 66.0 | 71.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 01/05/2021 | Hora Inicio | 13:25 | Hora Final | 13:52 | LAeq | 84.2 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 75.3 | 76.0 | 79.9 | 79.2 | 76.6 | 73.0 | 66.5 | 57.2 |
| Lectura 2 | 75.8 | 72.6 | 76.2 | 76.7 | 74.6 | 72.1 | 67.4 | 57.7 |
| Lectura 3 | 77.1 | 76.1 | 80.9 | 80.2 | 76.2 | 73.0 | 67.3 | 57.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 71.5 | 92.8 | 85.0 | 80.8 | 83.2 | 84.6 |
| Lectura 2 | 72.9 | 92.4 | 82.6 | 73.9 | 79.2 | 82.3 |
| Lectura 3 | 71.7 | 92.5 | 85.0 | 82.1 | 83.3 | 87.5 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



CABITOS Calibración (dB) Antes 94.0 Después 94.0

| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 11:21 | Hora Final | 11:48 | LAeq | 77.9 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.5 | 76.0 | 72.9 | 71.2 | 69.8 | 68.2 | 63.4 | 56.8 |
| Lectura 2 | 78.8 | 76.7 | 72.7 | 71.0 | 68.1 | 66.4 | 61.4 | 54.9 |
| Lectura 3 | 80.8 | 77.9 | 74.2 | 72.3 | 69.4 | 67.3 | 61.8 | 55.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 63.9 | 91.5 | 78.7 | 70.5 | 75.5 | 81.6 |
| Lectura 2 | 66.5 | 88.0 | 76.6 | 70.6 | 73.8 | 78.6 |
| Lectura 3 | 67.4 | 91.8 | 78.4 | 70.1 | 73.8 | 81.3 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 10:50 | Hora Final | 11:16 | LAeq | 75.0 |
|-----------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 77.7 | 73.9 | 73.5 | 69.4 | 66.8 | 62.9 | 57.7 | 50.2 |
| Lectura 2 | 80.7 | 76.1 | 73.6 | 69.8 | 67.3 | 64.1 | 60.5 | 52.3 |
| Lectura 3 | 79.0 | 75.0 | 73.4 | 70.7 | 68.4 | 64.5 | 59.0 | 50.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 63.4 | 86.7 | 75.3 | 66.9 | 72.8 | 77.8 |
| Lectura 2 | 64.4 | 88.3 | 75.7 | 67.3 | 73.8 | 78.1 |
| Lectura 3 | 64.1 | 85.4 | 74.1 | 67.6 | 71.4 | 77.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 10:13 | Hora Final | 10:42 | LAeq | 71.8 |
|------------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 73.1 | 67.6 | 66.7 | 66.2 | 61.6 | 59.5 | 55.0 | 47.9 |
| Lectura 2 | 73.5 | 70.0 | 69.3 | 68.6 | 63.0 | 59.8 | 55.8 | 49.1 |
| Lectura 3 | 71.6 | 68.3 | 69.1 | 68.5 | 63.1 | 59.7 | 54.9 | 48.8 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 62.4 | 79.3 | 72.1 | 64.1 | 67.6 | 75.6 |
| Lectura 2 | 60.1 | 82.5 | 72.8 | 63.3 | 68.4 | 76.8 |
| Lectura 3 | 59.7 | 80.7 | 70.6 | 61.2 | 65.8 | 74.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 27/04/2021 | Hora Inicio | 10:13 | Hora Final | 10:42 | LAeq | 83.5 |
|------------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.1 | 72.4 | 78.5 | 77.3 | 73.2 | 69.6 | 65.2 | 56.6 |
| Lectura 2 | 76.9 | 74.5 | 77.2 | 78.8 | 74.2 | 71.0 | 66.8 | 57.3 |
| Lectura 3 | 77.4 | 73.4 | 75.6 | 76.8 | 74.9 | 71.6 | 66.7 | 58.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 68.7 | 91.9 | 83.0 | 76.2 | 78.9 | 85.6 |
| Lectura 2 | 74.3 | 92.5 | 85.3 | 78.2 | 81.7 | 90.2 |
| Lectura 3 | 68.6 | 92.3 | 82.3 | 72.8 | 77.2 | 82.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

San Borja Sur Hora pico



| SAN BORJA SUR | | Calibración (dB) | | Antes | 94.0 | Después | 93.8 | | |
|-----------------|---|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 19:45 | Hora Final | 20:06 | LAeq | 74.4 | |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 81.6 | 77.0 | 71.7 | 68.0 | 66.0 | 64.3 | 59.1 | 52.4 | |
| Lectura 2 | 79.4 | 76.9 | 72.2 | 68.5 | 67.0 | 65.9 | 61.6 | 54.5 | |
| Lectura 3 | 78.1 | 74.8 | 70.3 | 66.6 | 64.5 | 63.6 | 61.5 | 53.6 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| Lectura 1 | 61.3 | 90.6 | 74.3 | 65.7 | 70.8 | 76.5 | | |
| Lectura 2 | 61.0 | 87.5 | 74.1 | 66.2 | 72.3 | 76.7 | | |
| Lectura 3 | 64.2 | 89.2 | 74.9 | 66.5 | 71.2 | 77.5 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 19:20 | Hora Final | 19:40 | LAeq | 73.1 | |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 74.6 | 71.2 | 68.7 | 67.6 | 64.4 | 62.3 | 57.0 | 49.2 | |
| Lectura 2 | 75.0 | 70.8 | 69.3 | 67.0 | 64.3 | 62.0 | 56.0 | 48.2 | |
| Lectura 3 | 75.5 | 71.4 | 69.5 | 68.3 | 64.6 | 62.3 | 57.3 | 49.1 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| Lectura 1 | 60.7 | 83.4 | 73.5 | 63.2 | 71.3 | 76.6 | | |
| Lectura 2 | 61.3 | 86.9 | 73.7 | 64.4 | 70.7 | 75.3 | | |
| Lectura 3 | 61.5 | 80.6 | 72.0 | 68.6 | 80.6 | 77.0 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 18:52 | Hora Final | 19:15 | LAeq | 67.8 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 71.3 | 66.5 | 62.3 | 60.9 | 56.7 | 54.4 | 52.2 | 45.1 |
| Lectura 2 | 72.1 | 67.5 | 63.4 | 63.3 | 57.3 | 54.9 | 52.0 | 46.0 |
| Lectura 3 | 67.6 | 63.6 | 60.3 | 60.0 | 54.5 | 50.4 | 49.0 | 42.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 56.8 | 86.3 | 69.4 | 59.3 | 65.6 | 71.4 |
| Lectura 2 | 59.1 | 76.3 | 67.8 | 62.1 | 66.3 | 70.1 |
| Lectura 3 | 57.8 | 75.9 | 66.1 | 59.2 | 63.3 | 69.5 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 18:52 | Hora Final | 19:15 | LAeq | 85.0 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 77.5 | 72.7 | 76.5 | 78.4 | 73.8 | 71.4 | 69.1 | 60.7 |
| Lectura 2 | 77.9 | 74.6 | 80.4 | 79.6 | 75.5 | 72.4 | 67.6 | 58.7 |
| Lectura 3 | 79.1 | 72.4 | 73.6 | 75.1 | 71.1 | 68.5 | 64.6 | 56.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 75.9 | 92.9 | 84.4 | 78.7 | 81.7 | 83.2 |
| Lectura 2 | 78.9 | 92.8 | 85.9 | 81.1 | 82.0 | 90.3 |
| Lectura 3 | 78.0 | 92.5 | 84.6 | 79.2 | 80.7 | 87.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle

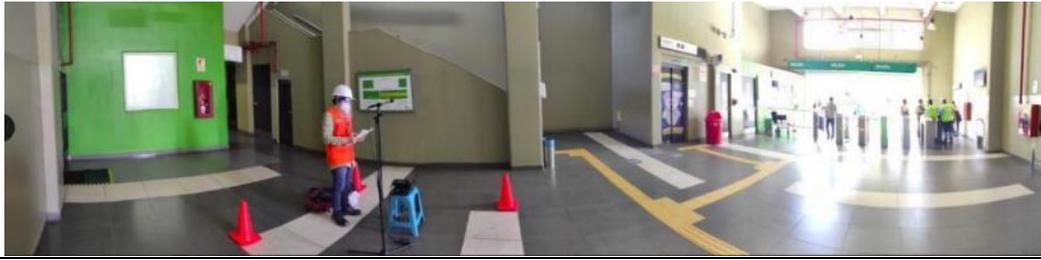


| | | | | | |
|---------------|------------------|-------|------|---------|------|
| SAN BORJA SUR | Calibración (dB) | Antes | 94.0 | Después | 93.9 |
|---------------|------------------|-------|------|---------|------|

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 15:20 | Hora Final | 16:00 | LAeq | 73.9 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.2 | 70.8 | 66.5 | 62.6 | 61.4 | 60.1 | 55.1 | 50.4 |
| Lectura 2 | 77.1 | 73.0 | 69.2 | 64.8 | 64.3 | 61.9 | 57.0 | 50.6 |
| Lectura 3 | 76.1 | 72.8 | 68.8 | 66.2 | 64.4 | 63.1 | 58.8 | 52.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 59.9 | 86.4 | 72.6 | 63.5 | 69.7 | 75.0 |
| Lectura 2 | 58.2 | 89.4 | 73.0 | 62.1 | 67.7 | 74.8 |
| Lectura 3 | 59.0 | 95.9 | 76.0 | 64.1 | 69.3 | 77.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 14:50 | Hora Final | 15:12 | LAeq | 71.2 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.1 | 69.4 | 67.1 | 66.5 | 67.1 | 61.4 | 56.3 | 49.8 |
| Lectura 2 | 74.6 | 68.8 | 67.5 | 66.2 | 67.0 | 62.7 | 55.1 | 47.6 |
| Lectura 3 | 73.3 | 68.8 | 66.0 | 65.8 | 66.8 | 62.9 | 54.7 | 47.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 58.4 | 84.1 | 71.1 | 63.2 | 68.1 | 74.1 |
| Lectura 2 | 58.9 | 80.9 | 70.4 | 63.2 | 68.0 | 73.1 |
| Lectura 3 | 56.9 | 84.4 | 72.2 | 65.2 | 69.9 | 74.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 14:05 | Hora Final | 14:40 | LAeq | 65.1 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 68.3 | 64.6 | 62.0 | 59.4 | 56.4 | 53.3 | 49.4 | 41.9 |
| Lectura 2 | 68.0 | 64.1 | 60.4 | 58.8 | 56.8 | 54.7 | 51.7 | 48.5 |
| Lectura 3 | 70.6 | 64.7 | 62.3 | 60.2 | 57.6 | 54.7 | 50.5 | 46.4 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 55.8 | 73.8 | 64.6 | 58.9 | 62.7 | 67.1 |
| Lectura 2 | 52.2 | 83.1 | 66.5 | 57.3 | 62.7 | 67.4 |
| Lectura 3 | 55.5 | 76.8 | 64.3 | 58.4 | 62.5 | 66.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 14:05 | Hora Final | 14:40 | LAeq | 81.2 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.0 | 73.8 | 82.7 | 80.7 | 73.5 | 68.8 | 63.3 | 54.8 |
| Lectura 2 | 74.5 | 74.3 | 77.3 | 78.4 | 70.6 | 68.4 | 62.4 | 54.4 |
| Lectura 3 | 73.4 | 75.2 | 81.0 | 79.9 | 73.4 | 68.8 | 62.8 | 54.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 67.2 | 90.2 | 80.3 | 74.6 | 75.9 | 81.9 |
| Lectura 2 | 69.8 | 94.8 | 82.2 | 74.5 | 77.1 | 81.9 |
| Lectura 3 | 63.5 | 93.8 | 81.1 | 73.1 | 75.0 | 80.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

La Cultura Hora pico



| LA CULTURA | | Calibración (dB) | | Antes | 94.0 | Después | 94.1 | | |
|-----------------|---|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 18:18 | Hora Final | 18:38 | LAeq | 78.7 | |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 82.7 | 78.9 | 75.3 | 72.6 | 70.9 | 68.1 | 63.1 | 56.5 | |
| Lectura 2 | 81.8 | 78.9 | 74.1 | 71.2 | 69.3 | 67.5 | 62.7 | 55.2 | |
| Lectura 3 | 82.6 | 79.3 | 73.6 | 71.6 | 69.9 | 67.5 | 62.6 | 54.9 | |

| SPL (dBA) | L _{Amin} | L _{Amax} | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|-----------|-------------------|-------------------|------|------|------|------|--|--|
| Lectura 1 | 68.3 | 85.0 | 77.4 | 71.2 | 73.2 | 80.4 | | |
| Lectura 2 | 70.1 | 93.2 | 81.1 | 72.5 | 76.3 | 81.7 | | |
| Lectura 3 | 70.5 | 89.8 | 77.7 | 72.3 | 75.2 | 80.0 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 17:54 | Hora Final | 18:13 | LAeq | 75.1 | |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 77.0 | 73.0 | 70.7 | 69.9 | 67.7 | 64.1 | 59.9 | 52.5 | |
| Lectura 2 | 77.0 | 73.8 | 70.9 | 69.7 | 67.7 | 63.9 | 60.3 | 52.6 | |
| Lectura 3 | 77.4 | 74.7 | 72.3 | 71.1 | 68.5 | 65.4 | 61.6 | 53.4 | |

| SPL (dBA) | L _{Amin} | L _{Amax} | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|-----------|-------------------|-------------------|------|------|------|------|--|--|
| Lectura 1 | 68.3 | 85.6 | 75.4 | 69.7 | 73.1 | 78.2 | | |
| Lectura 2 | 65.8 | 86.7 | 74.7 | 68.5 | 72.7 | 77.0 | | |
| Lectura 3 | 67.2 | 87.0 | 75.1 | 69.5 | 72.4 | 77.2 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 17:30 | Hora Final | 17:50 | LAeq | 67.0 |
|------------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 71.6 | 65.9 | 62.8 | 63.5 | 61.4 | 57.7 | 53.4 | 45.7 |
| Lectura 2 | 71.3 | 66.5 | 63.8 | 66.7 | 61.7 | 56.7 | 52.9 | 45.0 |
| Lectura 3 | 71.7 | 65.9 | 62.7 | 61.1 | 58.7 | 54.6 | 50.4 | 41.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 60.1 | 77.2 | 68.1 | 63.7 | 66.4 | 70.0 |
| Lectura 2 | 60.8 | 74.0 | 66.1 | 62.3 | 64.5 | 68.2 |
| Lectura 3 | 60.2 | 72.2 | 66.9 | 62.4 | 65.8 | 68.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 17:30 | Hora Final | 17:50 | LAeq | 84.2 |
|------------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.0 | 75.3 | 79.4 | 79.6 | 73.8 | 69.6 | 64.6 | 56.5 |
| Lectura 2 | 77.7 | 72.4 | 75.5 | 76.9 | 73.1 | 69.3 | 65.5 | 55.8 |
| Lectura 3 | 73.7 | 71.1 | 73.2 | 75.8 | 70.0 | 69.0 | 63.5 | 54.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 70.0 | 92.7 | 83.1 | 76.1 | 80.5 | 82.3 |
| Lectura 2 | 75.0 | 91.5 | 83.4 | 75.8 | 76.8 | 87.5 |
| Lectura 3 | 77.5 | 92.9 | 86.1 | 78.2 | 81.5 | 91.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



LA CULTURA Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.5

| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 12:58 | Hora Final | 13:22 | LAeq | 74.7 |
|-----------|---|------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 79.6 | 75.1 | 70.0 | 66.2 | 64.7 | 62.6 | 58.7 | 51.6 |
| Lectura 2 | 75.1 | 71.0 | 67.1 | 64.9 | 63.9 | 61.3 | 56.8 | 49.2 |
| Lectura 3 | 76.7 | 71.9 | 68.5 | 65.0 | 63.2 | 61.1 | 57.3 | 49.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 64.1 | 92.6 | 76.4 | 67.4 | 71.1 | 77.0 |
| Lectura 2 | 62.6 | 84.4 | 72.8 | 66.3 | 70.6 | 75.3 |
| Lectura 3 | 61.8 | 90.7 | 75.0 | 67.7 | 71.4 | 76.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 12:30 | Hora Final | 12:52 | LAeq | 70.7 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 73.9 | 72.1 | 68.8 | 66.6 | 63.5 | 59.7 | 56.0 | 47.9 |
| Lectura 2 | 74.2 | 69.6 | 66.9 | 65.3 | 63.0 | 59.7 | 55.6 | 47.3 |
| Lectura 3 | 73.4 | 67.5 | 65.4 | 64.3 | 62.0 | 58.6 | 55.2 | 45.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 61.3 | 81.7 | 70.4 | 64.5 | 67.5 | 72.2 |
| Lectura 2 | 61.1 | 85.2 | 70.5 | 63.4 | 67.4 | 72.2 |
| Lectura 3 | 61.8 | 82.8 | 71.2 | 64.6 | 68.6 | 74.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 12:00 | Hora Final | 12:22 | LAeq | 65.5 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 68.4 | 63.7 | 63.3 | 60.2 | 57.0 | 54.8 | 52.1 | 45.3 |
| Lectura 2 | 67.6 | 61.4 | 59.4 | 58.1 | 55.2 | 52.5 | 47.9 | 40.6 |
| Lectura 3 | 66.3 | 61.8 | 61.0 | 59.1 | 56.2 | 53.4 | 50.0 | 42.8 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 56.3 | 75.9 | 64.9 | 58.1 | 61.4 | 67.9 |
| Lectura 2 | 55.3 | 75.2 | 65.8 | 57.0 | 60.5 | 70.2 |
| Lectura 3 | 55.9 | 76.9 | 65.8 | 57.4 | 59.7 | 70.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 16/04/2021 | Hora Inicio | 12:00 | Hora Final | 12:22 | LAeq | 82.5 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.9 | 68.3 | 72.5 | 76.2 | 68.7 | 65.0 | 61.9 | 54.2 |
| Lectura 2 | 69.0 | 67.1 | 72.2 | 72.1 | 68.8 | 65.5 | 61.9 | 54.0 |
| Lectura 3 | 70.1 | 70.5 | 77.6 | 77.0 | 69.7 | 65.5 | 60.7 | 52.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 63.2 | 98.6 | 84.7 | 75.1 | 77.1 | 79.3 |
| Lectura 2 | 64.0 | 93.0 | 79.1 | 72.0 | 73.1 | 79.3 |
| Lectura 3 | 68.9 | 98.5 | 83.8 | 71.1 | 75.9 | 79.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Gamarra Hora pico



| GAMARRA | | Calibración (dB) | | Antes | 94.0 | Después | 94.1 | | |
|-----------------|---|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 18:25 | Hora Final | 18:45 | LAeq | 86.7 | |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 75.5 | 71.5 | 69.5 | 79.8 | 78.1 | 69.0 | 61.0 | 52.1 | |
| Lectura 2 | 75.8 | 71.6 | 70.6 | 80.0 | 78.4 | 70.8 | 65.5 | 56.3 | |
| Lectura 3 | 74.5 | 69.7 | 69.6 | 80.6 | 79.1 | 69.8 | 64.2 | 54.1 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.4 | 101.5 | 88.1 | 78.2 | 84.0 | 89.6 |
| Lectura 2 | 73.8 | 91.1 | 85.4 | 78.7 | 84.0 | 87.4 |
| Lectura 3 | 71.1 | 95.4 | 86.7 | 81.4 | 85.2 | 88.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 19:10 | Hora Final | 19:28 | LAeq | 77.7 | |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 73.7 | 68.3 | 68.6 | 76.0 | 73.6 | 67.0 | 58.5 | 50.4 | |
| Lectura 2 | 71.7 | 67.3 | 66.5 | 73.6 | 73.2 | 67.2 | 60.0 | 50.2 | |
| Lectura 3 | 74.5 | 68.9 | 67.4 | 73.2 | 72.4 | 66.9 | 59.6 | 50.7 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.6 | 91.1 | 77.9 | 73.3 | 76.1 | 79.5 |
| Lectura 2 | 69.1 | 85.0 | 76.0 | 72.2 | 74.9 | 77.4 |
| Lectura 3 | 71.1 | 87.3 | 79.3 | 74.9 | 77.7 | 81.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 19:33 | Hora Final | 19:52 | LAeq | 72.8 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 68.9 | 62.6 | 60.9 | 66.2 | 64.1 | 58.6 | 52.6 | 43.0 |
| Lectura 2 | 69.7 | 63.7 | 62.9 | 68.3 | 65.1 | 59.6 | 52.1 | 42.4 |
| Lectura 3 | 69.2 | 64.1 | 62.3 | 66.3 | 63.7 | 58.9 | 50.6 | 42.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 67.9 | 78.8 | 73.1 | 70.2 | 72.2 | 74.4 |
| Lectura 2 | 64.0 | 76.4 | 72.0 | 67.7 | 71.0 | 73.9 |
| Lectura 3 | 65.4 | 78.7 | 73.2 | 69.5 | 72.0 | 75.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 19:33 | Hora Final | 19:52 | LAeq | 84.6 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.1 | 72.2 | 76.6 | 81.5 | 73.6 | 69.1 | 63.6 | 54.9 |
| Lectura 2 | 72.8 | 69.5 | 74.7 | 76.3 | 71.3 | 66.7 | 62.1 | 53.8 |
| Lectura 3 | 71.9 | 70.5 | 78.4 | 79.8 | 72.1 | 66.5 | 61.0 | 52.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 74.6 | 96.1 | 83.2 | 76.4 | 79.5 | 83.4 |
| Lectura 2 | 73.3 | 99.5 | 86.0 | 76.8 | 78.8 | 89.4 |
| Lectura 3 | 75.6 | 96.3 | 84.7 | 76.8 | 78.2 | 88.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



GAMARRA Calibración (dB) Antes 94.0 Después 92.6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 16:43 | Hora Final | 17:02 | LAeq | 86.1 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 73.3 | 72.1 | 70.7 | 78.2 | 78.3 | 70.7 | 61.3 | 52.9 |
| Lectura 2 | 73.3 | 70.6 | 71.3 | 80.2 | 79.7 | 71.9 | 60.0 | 50.8 |
| Lectura 3 | 71.6 | 70.3 | 71.9 | 81.4 | 80.9 | 72.7 | 60.4 | 51.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.5 | 96.6 | 87.5 | 81.9 | 86.1 | 89.6 |
| Lectura 2 | 71.4 | 91.5 | 85.0 | 78.9 | 83.6 | 87.1 |
| Lectura 3 | 71.6 | 93.4 | 85.7 | 79.3 | 84.2 | 87.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 16:15 | Hora Final | 16:37 | LAeq | 77.9 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.0 | 68.4 | 68.4 | 74.2 | 72.0 | 64.6 | 56.9 | 48.9 |
| Lectura 2 | 72.6 | 68.0 | 68.8 | 75.8 | 72.0 | 65.2 | 58.1 | 50.1 |
| Lectura 3 | 68.4 | 67.0 | 69.0 | 74.5 | 72.2 | 64.2 | 58.3 | 49.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 66.6 | 90.1 | 75.2 | 70.0 | 72.9 | 76.3 |
| Lectura 2 | 70.2 | 85.1 | 78.9 | 74.1 | 77.7 | 81.1 |
| Lectura 3 | 68.9 | 86.9 | 79.5 | 74.4 | 78.1 | 81.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 17:08 | Hora Final | 17:30 | LAeq | 77.7 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 67.5 | 63.3 | 65.9 | 72.7 | 69.8 | 63.0 | 54.6 | 45.1 |
| Lectura 2 | 66.0 | 61.4 | 65.9 | 73.1 | 70.9 | 63.2 | 53.2 | 43.6 |
| Lectura 3 | 65.1 | 63.5 | 64.8 | 72.4 | 70.8 | 62.7 | 53.7 | 46.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 67.2 | 79.9 | 75.0 | 71.5 | 74.2 | 76.5 |
| Lectura 2 | 65.2 | 82.6 | 77.9 | 73.7 | 76.7 | 79.7 |
| Lectura 3 | 70.1 | 89.5 | 80.3 | 74.8 | 77.2 | 83.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 17:08 | Hora Final | 17:30 | LAeq | 81.4 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.2 | 71.2 | 74.8 | 81.0 | 74.0 | 68.7 | 62.6 | 53.3 |
| Lectura 2 | 70.3 | 69.4 | 75.0 | 75.7 | 72.3 | 67.2 | 61.9 | 52.9 |
| Lectura 3 | 68.8 | 69.5 | 74.6 | 78.4 | 71.9 | 66.7 | 59.8 | 51.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 72.0 | 92.1 | 81.2 | 75.8 | 77.8 | 83.5 |
| Lectura 2 | 70.5 | 93.4 | 81.9 | 75.2 | 78.0 | 81.9 |
| Lectura 3 | 71.8 | 93.3 | 81.0 | 74.3 | 77.7 | 81.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Miguel Grau Hora pico



| MIGUEL GRAU | Calibración (dB) | Antes | 94.0 | Después | 93.8 | | | | |
|---|------------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición 1 | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 16:14 | Hora Final | 16:35 | LAeq | 82.8 | |
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 84.1 | 81.5 | 78.9 | 77.1 | 75.7 | 72.7 | 68.1 | 61.2 | |
| Lectura 2 | 85.0 | 81.2 | 78.1 | 77.6 | 75.3 | 72.9 | 69.4 | 62.1 | |
| Lectura 3 | 84.8 | 82.0 | 78.5 | 77.0 | 74.7 | 72.3 | 68.3 | 62.1 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | | |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|--|--|--|
| Lectura 1 | 70.9 | 91.8 | 83.7 | 75.3 | 80.5 | 86.7 | | | |
| Lectura 2 | 73.3 | 90.2 | 82.4 | 77.3 | 80.8 | 84.4 | | | |
| Lectura 3 | 73.1 | 91.4 | 82.3 | 75.8 | 80.0 | 84.6 | | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición 2 | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 15:48 | Hora Final | 16:10 | LAeq | 79.1 | |
|---|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 79.3 | 76.4 | 73.7 | 72.4 | 69.5 | 67.1 | 63.8 | 57.0 | |
| Lectura 2 | 76.4 | 75.3 | 71.8 | 71.4 | 68.9 | 65.7 | 61.8 | 54.4 | |
| Lectura 3 | 78.3 | 74.6 | 72.5 | 72.9 | 70.3 | 66.4 | 63.0 | 55.6 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | | |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|--|--|--|
| Lectura 1 | 70.7 | 90.4 | 79.3 | 73.0 | 76.3 | 82.1 | | | |
| Lectura 2 | 71.2 | 91.8 | 79.4 | 73.7 | 76.3 | 81.9 | | | |
| Lectura 3 | 70.7 | 87.2 | 78.5 | 73.4 | 75.9 | 81.5 | | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 15:18 | Hora Final | 15:42 | LAeq | 69.8 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.0 | 66.2 | 64.1 | 63.2 | 61.5 | 57.8 | 54.6 | 48.8 |
| Lectura 2 | 73.5 | 67.6 | 64.6 | 63.7 | 61.5 | 58.6 | 55.2 | 48.2 |
| Lectura 3 | 74.4 | 67.2 | 64.9 | 64.4 | 63.0 | 60.8 | 56.5 | 49.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 61.7 | 74.1 | 66.9 | 63.4 | 65.9 | 68.5 |
| Lectura 2 | 63.5 | 82.9 | 72.0 | 65.4 | 68.2 | 75.0 |
| Lectura 3 | 60.0 | 86.6 | 70.6 | 62.5 | 65.6 | 68.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 15:18 | Hora Final | 15:42 | LAeq | 83.6 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 77.2 | 71.8 | 76.5 | 76.6 | 73.7 | 70.4 | 67.6 | 59.9 |
| Lectura 2 | 80.3 | 75.7 | 76.3 | 75.5 | 73.0 | 69.7 | 65.3 | 58.4 |
| Lectura 3 | 80.5 | 77.2 | 80.0 | 79.5 | 74.9 | 71.7 | 65.4 | 56.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 76.5 | 92.9 | 83.8 | 79.6 | 80.7 | 82.8 |
| Lectura 2 | 73.4 | 92.0 | 83.8 | 77.8 | 80.8 | 86.7 |
| Lectura 3 | 77.0 | 92.6 | 83.3 | 78.0 | 79.5 | 82.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



MIGUEL GRAU Calibración (dB) Antes 94.0 Después 95.2

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 15:30 | Hora Final | 15:53 | LAeq | 80.1 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 82.4 | 78.4 | 74.8 | 74.7 | 72.0 | 70.0 | 67.2 | 59.1 |
| Lectura 2 | 83.2 | 79.6 | 75.9 | 74.1 | 71.4 | 69.1 | 64.8 | 58.1 |
| Lectura 3 | 81.2 | 78.1 | 76.7 | 74.0 | 71.8 | 69.0 | 65.6 | 60.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 70.8 | 97.4 | 79.6 | 73.6 | 77.1 | 81.5 |
| Lectura 2 | 70.0 | 95.4 | 79.9 | 73.1 | 77.5 | 82.0 |
| Lectura 3 | 68.9 | 96.1 | 80.7 | 71.5 | 76.1 | 83.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 15:05 | Hora Final | 15:25 | LAeq | 76.7 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.4 | 73.4 | 70.1 | 70.4 | 68.5 | 67.2 | 64.3 | 53.7 |
| Lectura 2 | 77.0 | 74.1 | 70.8 | 70.7 | 68.6 | 66.1 | 62.3 | 53.9 |
| Lectura 3 | 76.1 | 72.4 | 69.7 | 69.2 | 66.6 | 63.8 | 61.4 | 52.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 66.3 | 92.5 | 75.5 | 69.0 | 71.8 | 77.5 |
| Lectura 2 | 67.2 | 88.6 | 76.4 | 69.3 | 72.6 | 78.8 |
| Lectura 3 | 67.7 | 95.0 | 78.1 | 70.3 | 73.2 | 78.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 14:20 | Hora Final | 14:55 | LAeq | 62.8 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.9 | 63.3 | 60.5 | 60.1 | 57.1 | 54.4 | 51.0 | 43.6 |
| Lectura 2 | 70.9 | 63.2 | 60.7 | 60.0 | 57.5 | 54.2 | 50.1 | 42.7 |
| Lectura 3 | 70.1 | 63.8 | 62.0 | 61.1 | 58.5 | 56.9 | 54.1 | 45.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 57.4 | 80.2 | 64.2 | 59.1 | 61.8 | 65.0 |
| Lectura 2 | 55.8 | 66.1 | 60.7 | 57.1 | 59.8 | 62.6 |
| Lectura 3 | 55.2 | 73.8 | 63.5 | 57.9 | 62.0 | 66.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 15/04/2021 | Hora Inicio | 14:20 | Hora Final | 14:55 | LAeq | 84.2 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.7 | 72.9 | 75.9 | 79.2 | 71.1 | 72.8 | 67.2 | 59.8 |
| Lectura 2 | 76.9 | 72.8 | 78.0 | 78.5 | 72.7 | 68.4 | 62.7 | 53.2 |
| Lectura 3 | 78.6 | 72.7 | 76.1 | 78.7 | 71.7 | 68.2 | 62.2 | 53.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.9 | 100.2 | 86.4 | 74.5 | 79.1 | 82.8 |
| Lectura 2 | 63.2 | 98.4 | 85.6 | 72.6 | 77.5 | 85.4 |
| Lectura 3 | 65.2 | 92.8 | 80.5 | 72.9 | 76.7 | 78.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Presbítero Maestro Hora pico

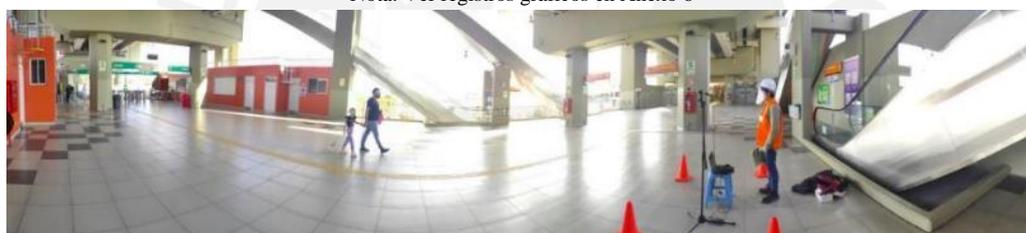


| | | | | | |
|--------------------|------------------|-------|------|---------|------|
| PRESBÍTERO MAESTRO | Calibración (dB) | Antes | 94.0 | Después | 94.6 |
|--------------------|------------------|-------|------|---------|------|

| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 15:55 | Hora Final | 16:15 | LAeq | 69.1 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.7 | 68.2 | 65.3 | 62.2 | 59.7 | 56.3 | 52.0 | 46.1 |
| Lectura 2 | 69.4 | 68.5 | 60.7 | 58.1 | 55.4 | 52.6 | 48.5 | 43.6 |
| Lectura 3 | 71.2 | 67.6 | 63.5 | 62.0 | 58.0 | 55.1 | 51.5 | 45.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 61.6 | 84.7 | 69.3 | 63.8 | 66.1 | 69.3 |
| Lectura 2 | 60.9 | 82.9 | 68.8 | 62.9 | 65.3 | 70.5 |
| Lectura 3 | 61.0 | 82.0 | 69.3 | 63.8 | 66.6 | 70.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 15:35 | Hora Final | 15:52 | LAeq | 69.6 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 71.8 | 71.2 | 66.6 | 64.9 | 59.4 | 56.7 | 51.2 | 43.5 |
| Lectura 2 | 71.4 | 70.9 | 66.9 | 64.9 | 61.0 | 57.5 | 51.1 | 43.3 |
| Lectura 3 | 68.8 | 69.6 | 65.0 | 62.5 | 59.4 | 55.8 | 48.8 | 41.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 59.0 | 87.0 | 71.3 | 60.9 | 65.6 | 70.6 |
| Lectura 2 | 59.7 | 83.4 | 68.1 | 62.1 | 64.1 | 69.1 |
| Lectura 3 | 59.8 | 85.6 | 69.3 | 61.4 | 63.4 | 70.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 15:10 | Hora Final | 15:28 | LAeq | 61.4 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 64.6 | 60.1 | 59.9 | 57.7 | 54.6 | 51.7 | 44.3 | 36.3 |
| Lectura 2 | 64.0 | 59.8 | 59.0 | 55.3 | 53.9 | 51.1 | 44.0 | 36.0 |
| Lectura 3 | 63.5 | 59.1 | 58.2 | 55.4 | 52.8 | 49.7 | 42.9 | 35.4 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 55.2 | 67.2 | 59.6 | 56.4 | 57.7 | 61.5 |
| Lectura 2 | 56.2 | 71.2 | 64.3 | 57.6 | 60.0 | 67.8 |
| Lectura 3 | 55.4 | 68.3 | 60.3 | 56.6 | 58.1 | 62.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 15:10 | Hora Final | 15:28 | LAeq | 85.5 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 67.6 | 71.9 | 77.5 | 73.0 | 72.6 | 68.9 | 62.1 | 53.2 |
| Lectura 2 | 67.5 | 72.4 | 76.2 | 83.6 | 73.0 | 69.0 | 62.8 | 53.3 |
| Lectura 3 | 70.1 | 70.2 | 75.2 | 76.0 | 70.9 | 68.2 | 62.5 | 54.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 78.0 | 99.6 | 87.3 | 78.8 | 80.4 | 85.5 |
| Lectura 2 | 73.6 | 95.2 | 82.6 | 74.5 | 75.9 | 83.3 |
| Lectura 3 | 77.1 | 98.1 | 86.6 | 77.8 | 78.9 | 90.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



PRESBITERO MAESTRO Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.0

| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 12:55 | Hora Final | 13:25 | LAeq | 71.5 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.8 | 72.9 | 67.7 | 67.2 | 67.3 | 63.1 | 58.4 | 51.3 |
| Lectura 2 | 78.8 | 75.3 | 70.1 | 67.4 | 65.0 | 63.1 | 59.9 | 51.5 |
| Lectura 3 | 78.2 | 77.0 | 71.2 | 69.9 | 71.2 | 67.2 | 63.6 | 56.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 59.8 | 83.6 | 69.8 | 63.0 | 66.6 | 72.4 |
| Lectura 2 | 59.0 | 86.9 | 74.2 | 61.8 | 66.1 | 79.9 |
| Lectura 3 | 59.7 | 84.8 | 70.4 | 62.2 | 66.5 | 71.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 12:25 | Hora Final | 12:50 | LAeq | 73.0 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 75.0 | 74.3 | 69.8 | 66.5 | 63.6 | 62.6 | 53.9 | 44.6 |
| Lectura 2 | 74.6 | 73.8 | 68.9 | 66.5 | 63.5 | 62.2 | 52.3 | 43.3 |
| Lectura 3 | 75.4 | 74.9 | 70.7 | 68.3 | 64.6 | 63.1 | 55.0 | 47.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmox | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 64.4 | 87.9 | 73.0 | 66.7 | 69.1 | 74.8 |
| Lectura 2 | 64.0 | 84.5 | 71.2 | 65.9 | 68.7 | 72.7 |
| Lectura 3 | 64.6 | 90.7 | 74.8 | 66.8 | 70.1 | 74.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 11:50 | Hora Final | 12:20 | LAeq | 65.1 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 69.9 | 65.3 | 61.6 | 59.2 | 56.3 | 56.0 | 46.2 | 37.9 |
| Lectura 2 | 69.1 | 65.0 | 61.1 | 58.2 | 55.4 | 56.0 | 47.2 | 38.7 |
| Lectura 3 | 68.6 | 64.3 | 60.8 | 57.9 | 54.6 | 56.3 | 46.4 | 38.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmox | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 58.9 | 76.4 | 65.1 | 60.2 | 62.4 | 66.5 |
| Lectura 2 | 59.2 | 75.3 | 65.0 | 60.8 | 62.6 | 66.7 |
| Lectura 3 | 59.2 | 73.0 | 65.3 | 61.0 | 63.3 | 67.7 |

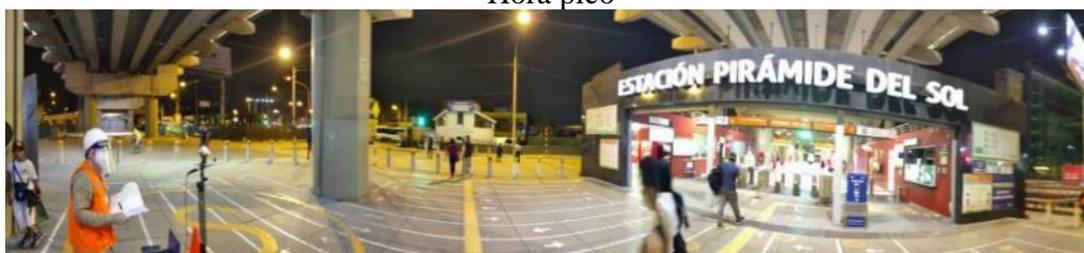
Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 11:50 | Hora Final | 12:20 | LAeq | 83.7 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.0 | 75.9 | 80.3 | 79.8 | 76.4 | 72.9 | 67.8 | 57.4 |
| Lectura 2 | 71.3 | 75.8 | 79.3 | 78.9 | 74.9 | 71.7 | 65.9 | 56.3 |
| Lectura 3 | 72.2 | 71.8 | 75.8 | 76.8 | 73.6 | 71.5 | 67.2 | 57.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmox | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.4 | 92.6 | 82.9 | 77.9 | 80.5 | 83.9 |
| Lectura 2 | 67.9 | 92.4 | 84.2 | 79.6 | 82.7 | 84.1 |
| Lectura 3 | 76.4 | 92.6 | 83.9 | 77.9 | 79.1 | 87.4 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Pirámide del Sol Hora pico



PIRÁMIDE DEL SOL Calibración (dB) Antes 94.0 Después 94.3

| Posición | Fecha | 10/04/2021 | Hora Inicio | 19:15 | Hora Final | 19:33 | LAeq | 71.3 |
|---|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.0 | 67.8 | 64.0 | 62.5 | 65.1 | 55.6 | 70.1 | 51.7 |
| Lectura 2 | 68.1 | 65.7 | 63.4 | 62.7 | 59.1 | 54.7 | 49.2 | 42.6 |
| Lectura 3 | 71.0 | 67.0 | 63.9 | 63.6 | 59.6 | 55.3 | 51.0 | 44.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 56.5 | 80.6 | 67.9 | 59.2 | 65.4 | 69.7 |
| Lectura 2 | 57.2 | 81.0 | 68.1 | 60.6 | 64.9 | 69.5 |
| Lectura 3 | 57.4 | 96.2 | 78.0 | 63.7 | 68.9 | 80.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 10/04/2021 | Hora Inicio | 18:52 | Hora Final | 19:10 | LAeq | 74.1 |
|---|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.6 | 67.4 | 65.9 | 65.9 | 61.3 | 56.9 | 50.9 | 43.1 |
| Lectura 2 | 68.9 | 66.6 | 65.7 | 64.6 | 60.2 | 55.6 | 51.3 | 44.6 |
| Lectura 3 | 70.9 | 67.7 | 66.5 | 64.6 | 60.6 | 56.1 | 51.8 | 44.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 59.7 | 88.8 | 75.4 | 62.4 | 67.3 | 77.4 |
| Lectura 2 | 60.7 | 88.4 | 75.1 | 63.5 | 67.4 | 76.0 |
| Lectura 3 | 61.0 | 88.0 | 71.9 | 63.8 | 67.2 | 72.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 10/04/2021 | Hora Inicio | 18:30 | Hora Final | 18:48 | LAeq | 66.1 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 64.0 | 61.5 | 63.4 | 61.5 | 57.7 | 53.9 | 51.1 | 41.6 |
| Lectura 2 | 64.7 | 63.6 | 67.6 | 64.1 | 61.2 | 55.8 | 52.0 | 47.1 |
| Lectura 3 | 63.9 | 61.8 | 61.8 | 60.8 | 56.8 | 51.8 | 46.0 | 39.5 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 56.0 | 77.1 | 66.7 | 57.5 | 60.2 | 71.2 |
| Lectura 2 | 56.7 | 73.5 | 63.4 | 58.3 | 60.4 | 66.6 |
| Lectura 3 | 57.9 | 76.9 | 68.1 | 59.8 | 62.3 | 73.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 10/04/2021 | Hora Inicio | 18:30 | Hora Final | 18:48 | LAeq | 85.5 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 67.6 | 71.9 | 79.1 | 79.5 | 73.4 | 68.7 | 62.7 | 53.6 |
| Lectura 2 | 73.5 | 73.0 | 76.2 | 75.4 | 73.3 | 70.0 | 65.5 | 56.3 |
| Lectura 3 | 72.9 | 74.3 | 78.5 | 79.3 | 72.2 | 69.7 | 63.6 | 55.6 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 62.8 | 97.6 | 85.4 | 75.6 | 80.3 | 86.9 |
| Lectura 2 | 73.5 | 102.3 | 87.3 | 76.1 | 78.9 | 88.2 |
| Lectura 3 | 62.5 | 99.2 | 83.9 | 75.9 | 78.6 | 82.5 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



| PIRÁMIDE DEL SOL | Calibración (dB) | Antes | 94.0 | Después | 94.0 |
|------------------|------------------|-------|------|---------|------|
|------------------|------------------|-------|------|---------|------|

| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 11:03 | Hora Final | 11:29 | LAeq | 72.0 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 76.1 | 72.7 | 69.3 | 67.4 | 64.6 | 60.6 | 57.5 | 50.1 |
| Lectura 2 | 76.1 | 71.9 | 68.9 | 67.4 | 64.0 | 60.5 | 57.7 | 48.7 |
| Lectura 3 | 74.9 | 71.3 | 67.7 | 67.0 | 64.3 | 59.7 | 55.2 | 48.4 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 64.2 | 88.3 | 72.4 | 67.4 | 69.6 | 73.2 |
| Lectura 2 | 64.2 | 86.1 | 70.8 | 66.4 | 68.8 | 72.3 |
| Lectura 3 | 65.1 | 83.5 | 72.7 | 66.8 | 69.5 | 75.5 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 10:32 | Hora Final | 10:58 | LAeq | 76.2 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.5 | 71.0 | 69.4 | 69.0 | 66.5 | 62.1 | 56.9 | 48.5 |
| Lectura 2 | 75.1 | 72.0 | 70.8 | 70.1 | 66.1 | 62.8 | 58.2 | 51.2 |
| Lectura 3 | 73.8 | 71.5 | 70.8 | 70.0 | 65.9 | 62.0 | 56.7 | 49.1 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 66.5 | 90.7 | 76.5 | 69.2 | 73.6 | 77.3 |
| Lectura 2 | 66.7 | 89.6 | 77.5 | 69.5 | 72.8 | 80.1 |
| Lectura 3 | 64.6 | 88.8 | 74.5 | 67.2 | 71.2 | 76.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 10:00 | Hora Final | 10:27 | LAeq | 72.6 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 68.0 | 67.0 | 67.8 | 66.8 | 61.5 | 57.1 | 52.9 | 46.1 |
| Lectura 2 | 68.8 | 66.4 | 67.1 | 67.2 | 61.2 | 56.3 | 52.7 | 46.7 |
| Lectura 3 | 69.0 | 66.9 | 69.1 | 69.3 | 63.4 | 58.0 | 55.2 | 51.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 62.1 | 81.5 | 72.0 | 63.5 | 66.0 | 76.1 |
| Lectura 2 | 64.4 | 81.9 | 73.5 | 66.0 | 68.8 | 77.5 |
| Lectura 3 | 63.6 | 18.1 | 72.3 | 64.4 | 66.7 | 76.3 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 22/04/2021 | Hora Inicio | 10:00 | Hora Final | 10:27 | LAeq | 82.1 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.2 | 75.0 | 80.9 | 79.6 | 75.7 | 72.4 | 68.0 | 59.1 |
| Lectura 2 | 73.5 | 73.9 | 79.5 | 78.4 | 74.2 | 71.1 | 66.8 | 58.2 |
| Lectura 3 | 74.6 | 73.1 | 75.9 | 77.1 | 73.5 | 71.2 | 68.2 | 61.0 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Lectura 1 | 70.7 | 92.8 | 83.2 | 71.6 | 79.0 | 85.9 |
| Lectura 2 | 68.3 | 92.5 | 83.9 | 76.5 | 80.3 | 87.1 |
| Lectura 3 | 70.5 | 90.4 | 79.2 | 71.9 | 75.4 | 81.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Los Jardines Hora pico



| LOS JARDINES | | Calibración (dB) | | Antes | 94.0 | Después | 93.5 | | |
|-----------------|---|------------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 14:20 | Hora Final | 14:43 | LAeq | 82.5 | |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 82.8 | 79.3 | 75.0 | 74.2 | 71.8 | 69.6 | 68.4 | 59.8 | |
| Lectura 2 | 83.5 | 81.3 | 77.5 | 75.4 | 74.1 | 72.4 | 69.5 | 61.3 | |
| Lectura 3 | 83.0 | 81.9 | 77.7 | 75.1 | 72.5 | 71.3 | 68.9 | 60.4 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| Lectura 1 | 72.7 | 91.0 | 81.2 | 75.5 | 78.9 | 83.9 | | |
| Lectura 2 | 72.9 | 94.0 | 84.9 | 76.9 | 81.5 | 88.8 | | |
| Lectura 3 | 71.9 | 94.3 | 81.3 | 74.4 | 78.4 | 83.6 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|--|
| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 13:50 | Hora Final | 14:11 | LAeq | 81.0 | |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
| Lectura 1 | 82.3 | 80.5 | 77.6 | 76.7 | 74.0 | 71.3 | 66.2 | 58.4 | |
| Lectura 2 | 81.8 | 79.2 | 75.8 | 75.3 | 73.3 | 71.6 | 68.1 | 59.7 | |
| Lectura 3 | 81.1 | 78.5 | 76.0 | 76.9 | 74.0 | 70.8 | 65.3 | 57.6 | |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 | | |
|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|--|
| Lectura 1 | 73.2 | 92.6 | 81.5 | 75.7 | 79.0 | 83.9 | | |
| Lectura 2 | 71.6 | 90.1 | 81.0 | 76.9 | 79.7 | 83.3 | | |
| Lectura 3 | 72.3 | 91.6 | 80.5 | 75.7 | 78.5 | 82.2 | | |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 13:20 | Hora Final | 13:42 | LAeq | 77.8 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.8 | 74.2 | 70.1 | 70.9 | 70.3 | 67.5 | 62.1 | 53.3 |
| Lectura 2 | 75.1 | 71.6 | 70.4 | 70.0 | 67.9 | 66.4 | 64.9 | 54.0 |
| Lectura 3 | 79.7 | 74.8 | 72.5 | 73.1 | 71.0 | 69.4 | 66.9 | 57.7 |

| SPL (dBA) | L Amin | L Amax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|--------|--------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 68.3 | 90.2 | 79.1 | 69.8 | 74.4 | 82.4 |
| Lectura 2 | 64.3 | 88.3 | 74.4 | 67.4 | 71.7 | 75.6 |
| Lectura 3 | 68.1 | 90.9 | 79.8 | 70.0 | 74.6 | 83.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| Posición | Fecha | 24/04/2021 | Hora Inicio | 13:20 | Hora Final | 13:42 | LAeq | 84.4 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 74.9 | 77.2 | 79.0 | 78.9 | 74.5 | 71.9 | 66.9 | 57.2 |
| Lectura 2 | 75.4 | 75.0 | 79.0 | 78.2 | 75.4 | 71.6 | 68.2 | 58.6 |
| Lectura 3 | 73.6 | 75.8 | 82.2 | 80.4 | 76.4 | 73.0 | 68.4 | 59.5 |

| SPL (dBA) | L Amin | L Amax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|--------|--------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 76.2 | 92.2 | 83.5 | 77.9 | 80.3 | 86.4 |
| Lectura 2 | 73.2 | 92.5 | 83.6 | 78.1 | 79.9 | 86.4 |
| Lectura 3 | 74.0 | 93.2 | 86.2 | 80.5 | 84.8 | 88.1 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



LOS JARDINES Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.8

| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 13:18 | Hora Final | 13:40 | LAeq | 80.2 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 82.9 | 80.3 | 76.8 | 75.1 | 72.0 | 69.7 | 65.7 | 58.8 |
| Lectura 2 | 84.0 | 80.0 | 76.2 | 74.4 | 71.9 | 66.8 | 64.2 | 58.1 |
| Lectura 3 | 83.2 | 80.0 | 76.3 | 74.3 | 72.5 | 70.5 | 68.6 | 59.7 |

| SPL (dBA) | L Amin | L Amax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|--------|--------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 69.2 | 89.1 | 79.3 | 73.5 | 77.6 | 81.6 |
| Lectura 2 | 71.4 | 90.5 | 80.7 | 75.0 | 78.9 | 82.6 |
| Lectura 3 | 72.1 | 91.1 | 80.6 | 74.5 | 77.1 | 83.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 12:46 | Hora Final | 13:12 | LAeq | 78.3 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 80.9 | 79.1 | 76.5 | 74.6 | 71.5 | 69.0 | 64.5 | 57.2 |
| Lectura 2 | 80.8 | 77.8 | 75.1 | 73.8 | 71.3 | 69.3 | 64.9 | 57.7 |
| Lectura 3 | 80.7 | 77.8 | 75.7 | 74.1 | 71.6 | 69.3 | 66.0 | 56.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 70.0 | 92.9 | 78.7 | 73.9 | 76.8 | 80.4 |
| Lectura 2 | 69.3 | 87.8 | 78.3 | 72.3 | 76.6 | 81.2 |
| Lectura 3 | 68.0 | 89.0 | 78.0 | 71.6 | 76.7 | 80.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 12:15 | Hora Final | 12:40 | LAeq | 75.4 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 70.2 | 65.0 | 63.2 | 63.7 | 61.0 | 58.3 | 51.5 | 42.5 |
| Lectura 2 | 75.4 | 70.8 | 69.0 | 69.7 | 66.5 | 63.1 | 59.4 | 51.2 |
| Lectura 3 | 76.6 | 73.7 | 74.9 | 72.7 | 68.4 | 64.8 | 62.7 | 54.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 64.5 | 86.5 | 75.1 | 68.0 | 72.1 | 77.4 |
| Lectura 2 | 65.7 | 87.3 | 74.8 | 67.4 | 71.0 | 76.1 |
| Lectura 3 | 68.4 | 84.2 | 76.4 | 69.9 | 73.6 | 78.5 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 12:15 | Hora Final | 12:40 | LAeq | 84.7 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 75.2 | 79.3 | 84.4 | 83.0 | 79.1 | 75.8 | 70.6 | 61.6 |
| Lectura 2 | 77.5 | 75.5 | 79.5 | 78.6 | 75.3 | 72.4 | 68.6 | 59.3 |
| Lectura 3 | 74.1 | 77.9 | 82.8 | 82.0 | 78.3 | 74.5 | 69.4 | 61.7 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 77.4 | 92.4 | 85.7 | 82.5 | 84.3 | 87.3 |
| Lectura 2 | 78.1 | 92.7 | 84.7 | 80.3 | 82.1 | 86.8 |
| Lectura 3 | 70.4 | 92.0 | 83.8 | 78.4 | 80.0 | 86.8 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Bayóvar Hora pico



BAYÓVAR Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.5

| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 14:10 | Hora Final | 14:28 | LAeq | 87.4 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 84.1 | 81.6 | 78.9 | 80.6 | 79.2 | 76.4 | 73.9 | 66.1 |
| Lectura 2 | 84.7 | 80.9 | 77.7 | 79.6 | 77.8 | 74.2 | 69.0 | 61.7 |
| Lectura 3 | 84.5 | 80.8 | 77.3 | 80.5 | 79.2 | 75.9 | 72.7 | 64.4 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 77.1 | 94.4 | 88.2 | 81.6 | 85.9 | 91.3 |
| Lectura 2 | 77.4 | 94.0 | 87.0 | 81.2 | 84.9 | 90.0 |
| Lectura 3 | 76.3 | 94.2 | 86.9 | 80.7 | 84.2 | 90.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 13:44 | Hora Final | 14:04 | LAeq | 85.9 |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 84.9 | 80.2 | 77.0 | 75.4 | 74.3 | 73.8 | 71.6 | 63.1 |
| Lectura 2 | 84.5 | 81.4 | 76.9 | 75.8 | 74.6 | 72.4 | 70.8 | 63.3 |
| Lectura 3 | 84.3 | 80.0 | 76.8 | 76.1 | 74.7 | 72.9 | 71.0 | 62.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmáx | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.4 | 93.7 | 85.3 | 75.7 | 80.4 | 89.8 |
| Lectura 2 | 74.1 | 94.6 | 85.1 | 77.3 | 80.4 | 88.0 |
| Lectura 3 | 74.1 | 93.4 | 87.4 | 77.4 | 83.7 | 91.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 13:10 | Hora Final | 13:35 | LAeq | 85.4 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 80.5 | 75.2 | 71.3 | 74.8 | 72.5 | 67.4 | 66.6 | 58.6 |
| Lectura 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lectura 3 | - | - | - | - | - | - | - | - |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 71.0 | 92.7 | 82.9 | 73.5 | 79.9 | 85.9 |
| Lectura 2 | 76.9 | 93.0 | 87.9 | 80.6 | 86.5 | 90.9 |
| Lectura 3 | - | - | - | - | - | - |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 17/04/2021 | Hora Inicio | 13:10 | Hora Final | 13:35 | LAeq | 87.9 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 78.5 | 78.5 | 82.0 | 81.2 | 78.5 | 76.2 | 73.5 | 64.7 |
| Lectura 2 | 78.1 | 79.2 | 84.8 | 82.6 | 79.3 | 76.6 | 72.3 | 64.2 |
| Lectura 3 | 76.9 | 78.9 | 84.2 | 83.2 | 79.8 | 76.3 | 71.8 | 62.5 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 77.8 | 93.8 | 89.1 | 85.2 | 86.8 | 92.5 |
| Lectura 2 | 82.1 | 92.8 | 87.7 | 84.2 | 86.4 | 90.0 |
| Lectura 3 | 79.1 | 93.4 | 86.8 | 82.0 | 85.1 | 88.7 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Hora valle



BAYÓVAR Calibración (dB) Antes 94.0 Después 93.7

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 11:30 | Hora Final | 11:53 | LAeq | 82.9 |
| 1 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 82.6 | 79.2 | 75.0 | 77.6 | 75.9 | 74.3 | 70.4 | 64.0 |
| Lectura 2 | 82.9 | 78.7 | 75.9 | 79.0 | 76.3 | 74.0 | 67.0 | 59.3 |
| Lectura 3 | 82.0 | 77.8 | 75 | 78.3 | 76.5 | 74.8 | 70.4 | 62.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmax | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 71.7 | 93.5 | 84.5 | 75.1 | 82.1 | 86.9 |
| Lectura 2 | 71.4 | 90.5 | 81.9 | 74.4 | 80.9 | 84.1 |
| Lectura 3 | 71.2 | 92.1 | 82.2 | 75.0 | 79.7 | 85.2 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 10:58 | Hora Final | 11:24 | LAeq | 82.2 |
| 2 | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 83.1 | 78.2 | 74.0 | 73.5 | 71.5 | 69.6 | 66.2 | 58.7 |
| Lectura 2 | 83.4 | 78.2 | 74.1 | 75.1 | 73.8 | 72.1 | 70.4 | 62.6 |
| Lectura 3 | 84.1 | 76.2 | 73.0 | 77.4 | 75.9 | 73.6 | 69.6 | 62.2 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 72.2 | 93.3 | 81.0 | 74.7 | 77.5 | 84.0 |
| Lectura 2 | 72.6 | 93.3 | 84.2 | 75.4 | 80.5 | 87.9 |
| Lectura 3 | 71.1 | 91.3 | 81.4 | 73.5 | 77.6 | 84.3 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6



| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 10:20 | Hora Final | 10:50 | LAeq | 81.2 |
| 3 sin tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 72.8 | 69.2 | 68.3 | 73.8 | 70.6 | 69.2 | 61.8 | 51.4 |
| Lectura 2 | 72.2 | 69.3 | 72.1 | 72.3 | 67.7 | 63.0 | 58.6 | 50.0 |
| Lectura 3 | 77.2 | 73.4 | 73.0 | 71.5 | 67.9 | 65.4 | 67.5 | 55.3 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 70.7 | 91.5 | 85.0 | 75.5 | 82.8 | 88.6 |
| Lectura 2 | 66.4 | 90.8 | 82.8 | 67.9 | 76.3 | 87.4 |
| Lectura 3 | 65.7 | 82.4 | 75.8 | 67.3 | 70.4 | 79.6 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Posición | Fecha | 20/04/2021 | Hora Inicio | 10:20 | Hora Final | 10:50 | LAeq | 84.6 |
| 3 con tren | Frecuencia central por banda de octava (Hz) | | | | | | | |
| SPL (dB) | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Lectura 1 | 75.7 | 75.8 | 81.5 | 81.4 | 77.8 | 74.1 | 68.5 | 59.3 |
| Lectura 2 | 75.7 | 73.8 | 74.5 | 77.4 | 73.5 | 70.8 | 68.3 | 59.0 |
| Lectura 3 | 75.4 | 79.7 | 82.0 | 80.3 | 76.7 | 73.8 | 71.5 | 62.9 |

| SPL (dBA) | LAmin | LAmaz | LAeq | LA90 | LA50 | LA10 |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|
| Lectura 1 | 75.2 | 92.6 | 83.0 | 78.0 | 82.0 | 84.4 |
| Lectura 2 | 77.0 | 93.8 | 85.5 | 79.0 | 83.0 | 89.0 |
| Lectura 3 | 81.1 | 93.1 | 85.4 | 82.7 | 84.2 | 86.9 |

Nota: Ver registros gráficos en Anexo 6

Anexo 5: Mediciones exploratorias

En el presente anexo se muestran las mediciones exploratorias hechas con el aplicativo celular en la zona del andén para tres momentos: sin presencia de tren, en presencia de tren y cuando la sirena del tren se activaba. Las mediciones se realizaron el 12 de septiembre del 2020 entre las 12:00 horas y 15:00 horas.



Bayóvar



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Santa Rosa



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

San Martín



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

San Carlos



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Los Postes



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Los Jardines



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Pirámide del Sol



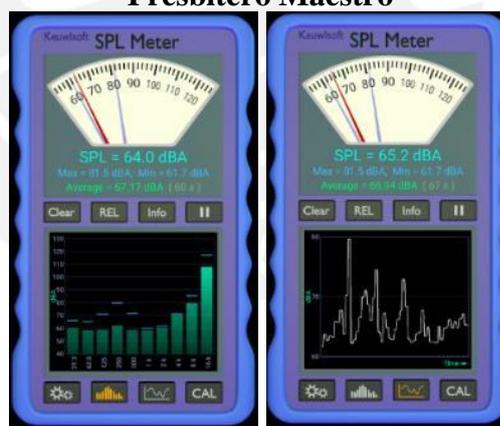
1er nivel - Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Caja de Agua

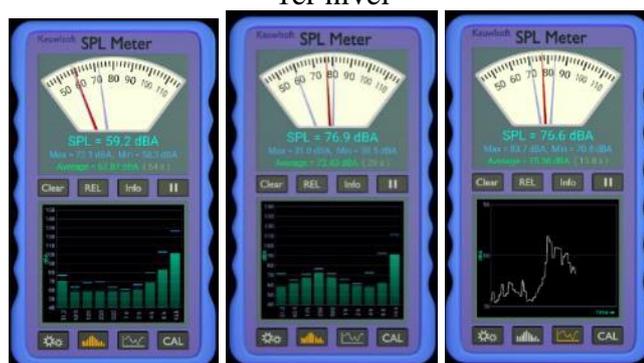


Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Presbítero Maestro



1er nivel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

El Ángel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Miguel Grau



2do nivel – 1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Gamarra



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Arriola



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

La Cultura



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

San Borja Sur



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Angamos



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Cabitos



1er nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Ayacucho



1er nivel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Jorge Chávez



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Atocongo



2do nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

San Juan



2do nivel



Andén – Andén con tren – Sirena del tren

María Auxiliadora



2do nivel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Villa María



2do nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Pumacahua



2do nivel



Andén sin tren– Andén con tren – Sirena del tren

Parque Industrial



2do nivel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Villa El Salvador



2do nivel



Andén sin tren – Andén con tren – Sirena del tren

Anexo 6: Mediciones

A continuación, se muestran las tres lecturas hechas con el equipo de medición, tanto para el nivel de presión sonora como para el espectro de frecuencias para las distintas posiciones de estudio en las estaciones de metro. Las mediciones se hicieron durante los meses de abril y mayo los días sábados alrededor de la hora pico y los días de semana alrededor de la hora valle.



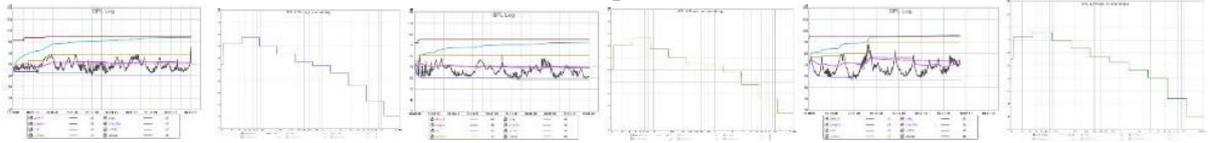
La presente gráfica muestra la variación del nivel de presión sonora (dBA con ponderación *fast*) en el tiempo. Para fines del estudio se analiza el L_{Aeq} para cada periodo de medición.

También se destacan los valores LAFmax y LAFmin donde F denota ponderación *fast*.

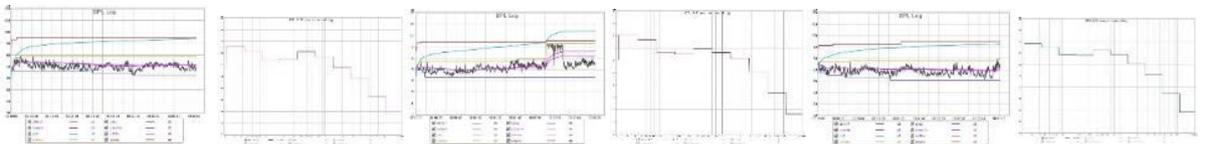
La siguiente gráfica muestra el nivel de presión sonora según cada banda de octava en el espectro de frecuencias.

Villa El Salvador

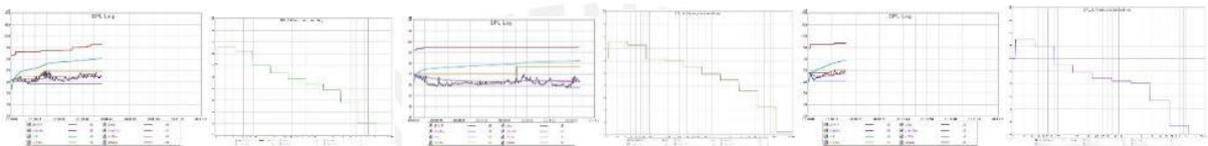
Hora pico



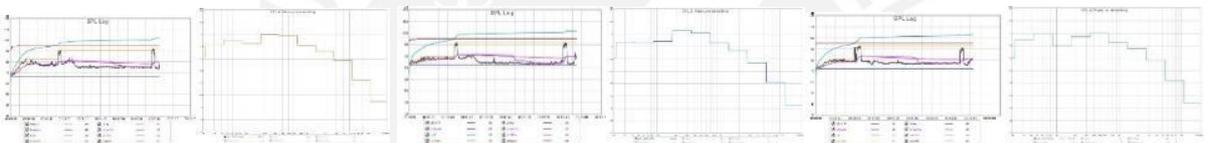
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

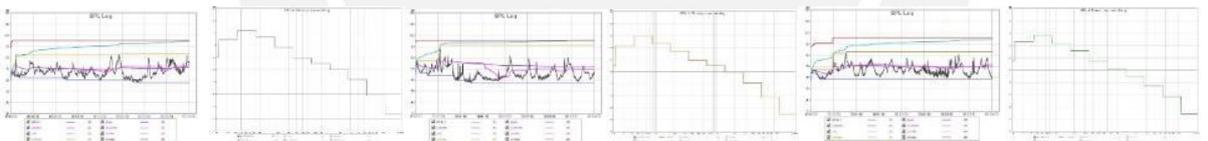


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

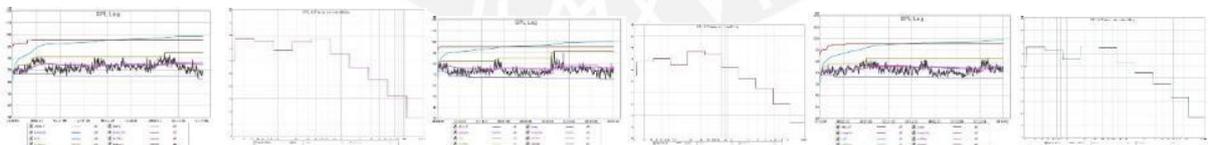


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

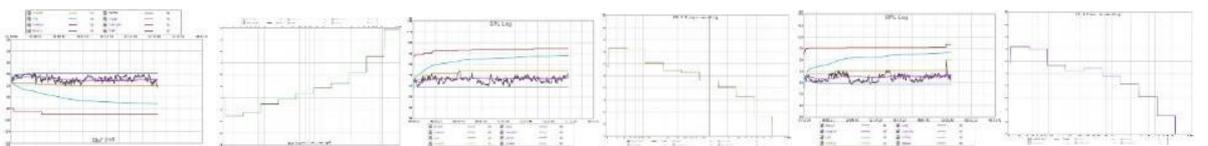
Hora valle



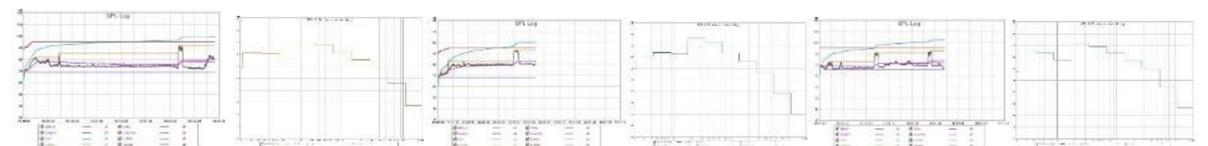
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

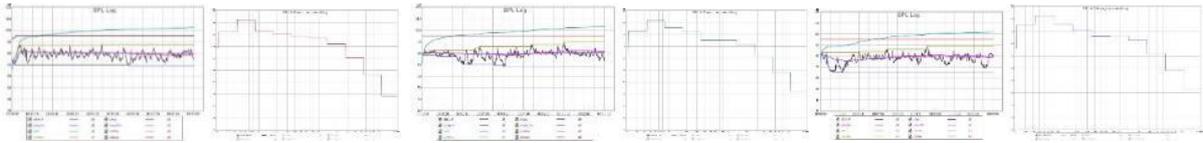


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

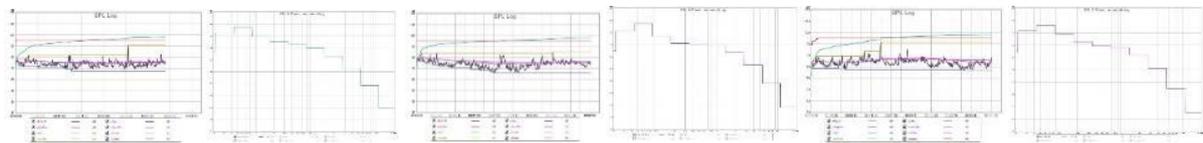


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

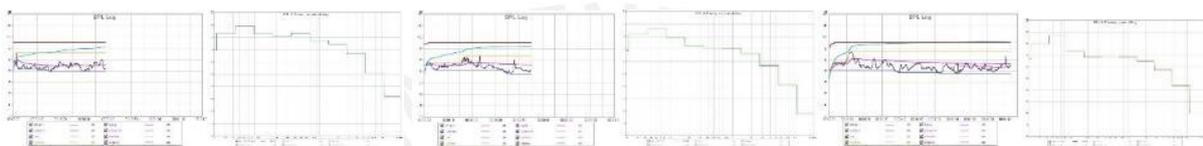
San Juan
Hora pico



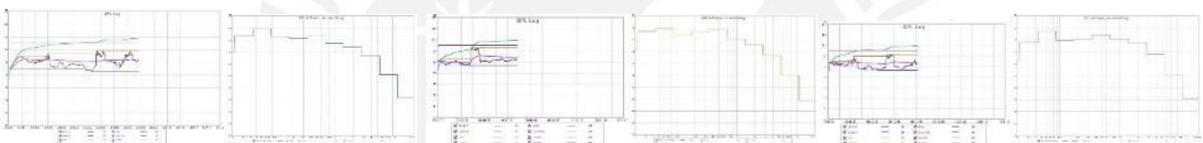
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

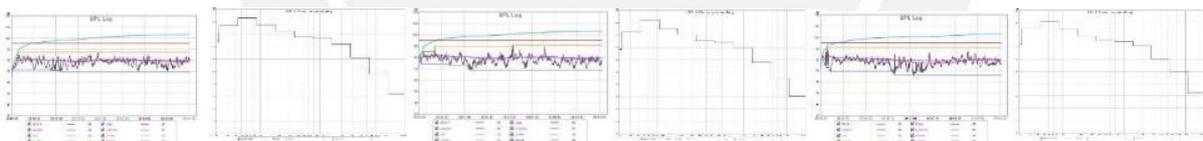


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

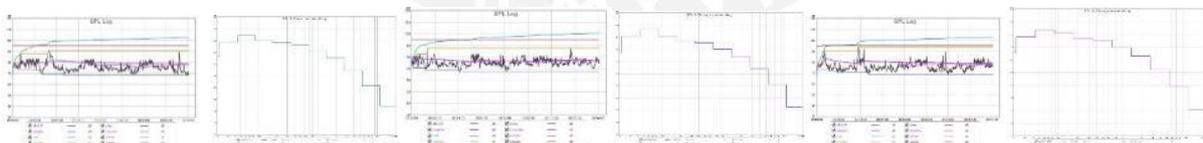


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

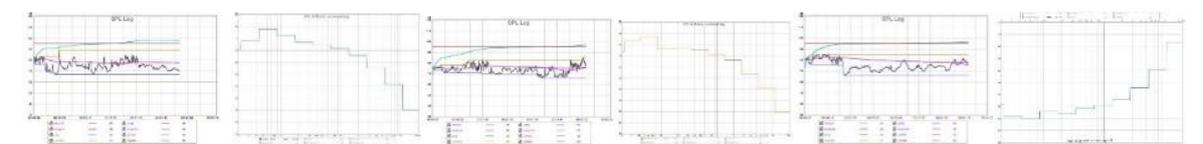
Hora valle



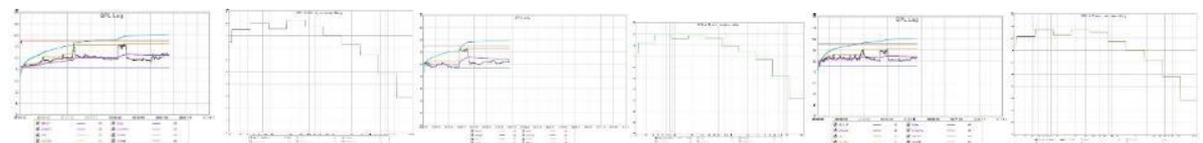
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

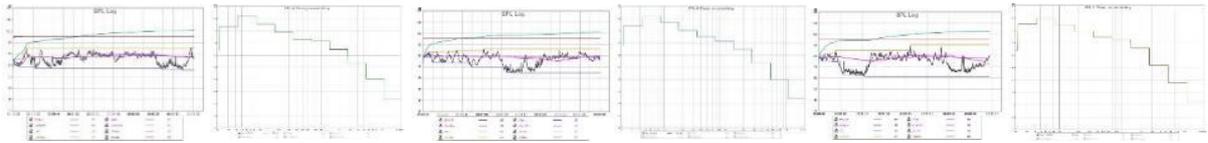


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

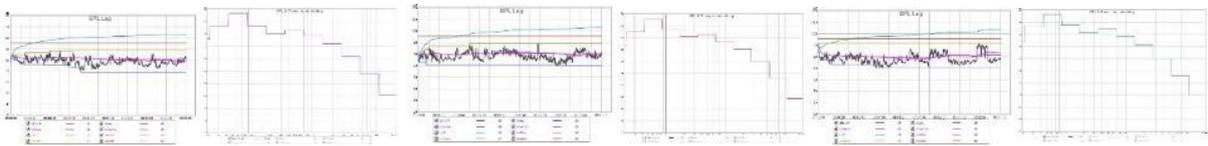


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

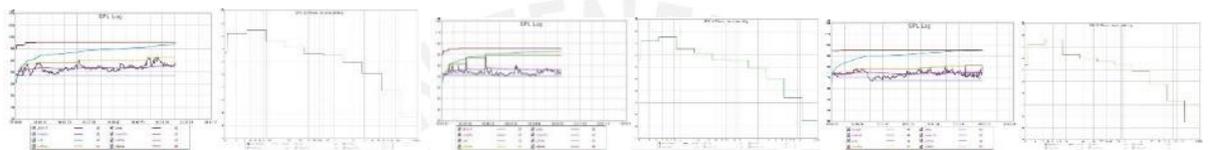
Atocongo
Hora pico



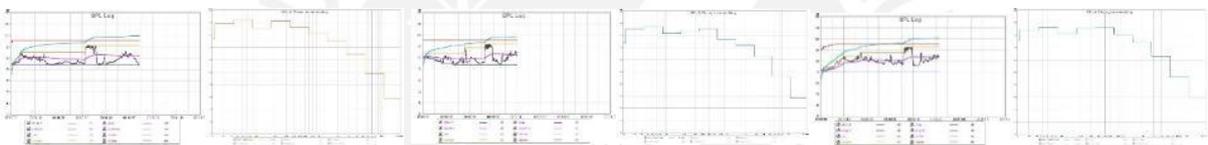
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

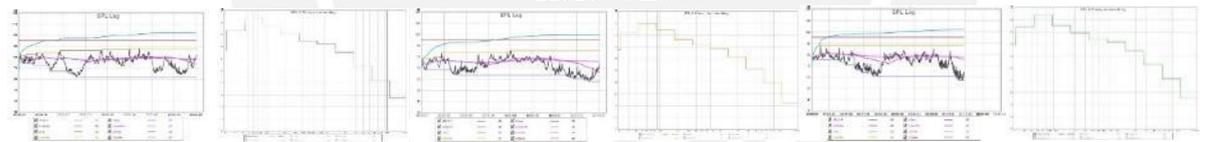


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

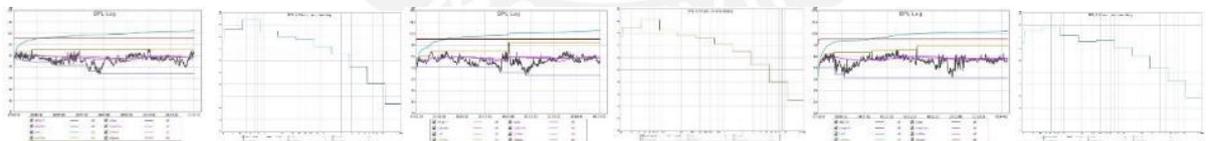


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

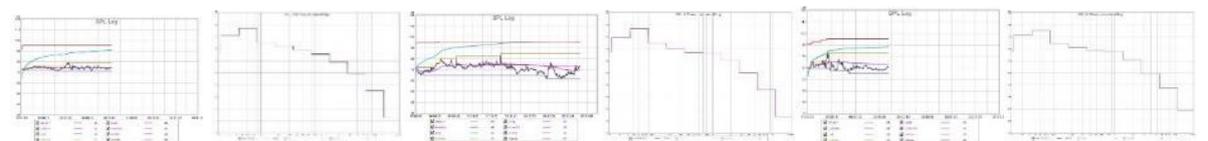
Hora valle



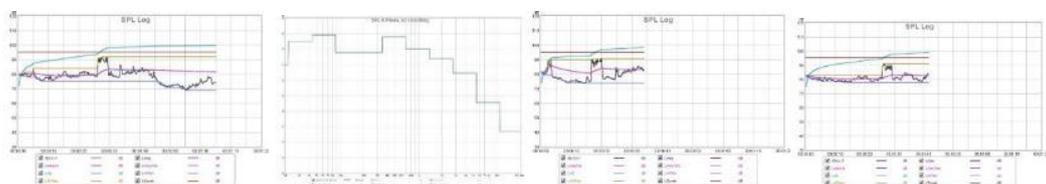
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



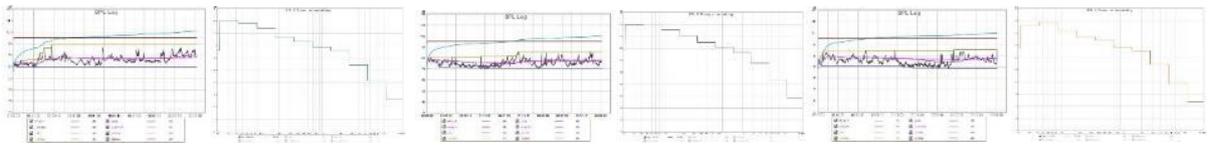
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



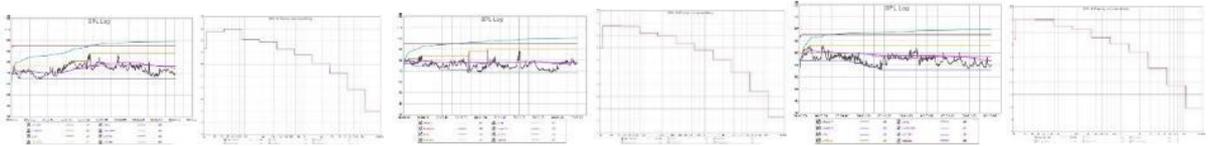
Lecturas 1, 2 y 3 – Ubicación 3 con tren

Cabitos

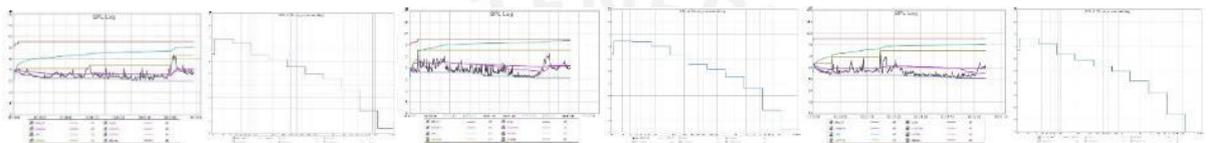
Hora pico



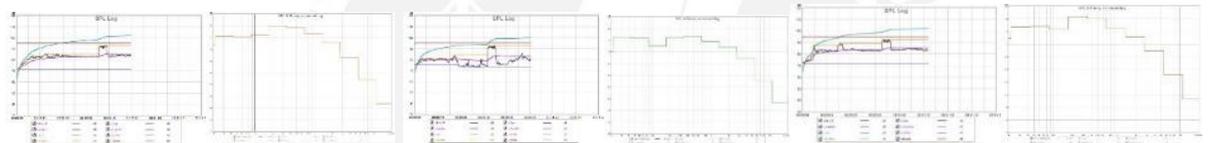
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

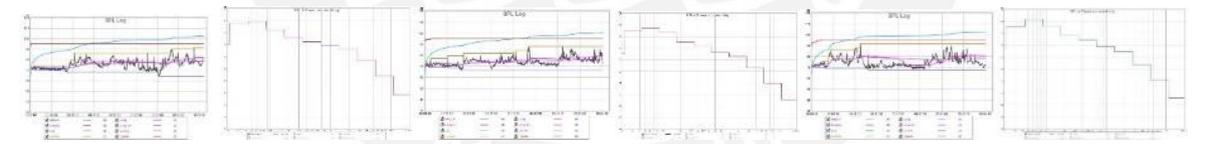


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

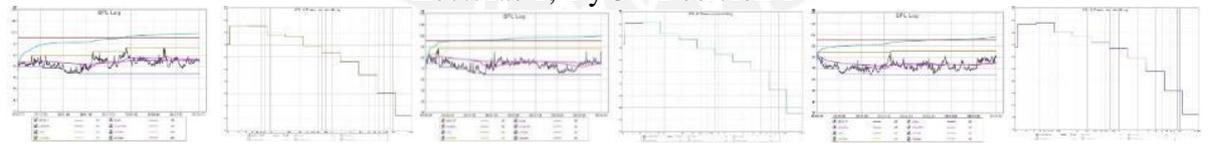


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

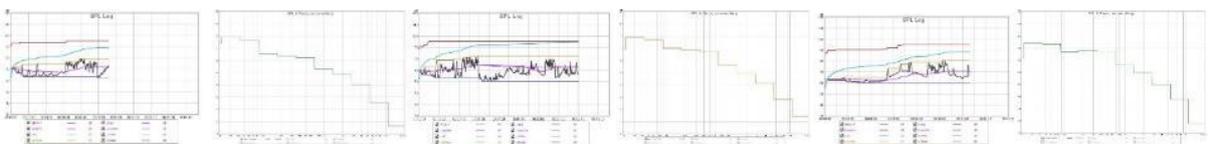
Hora valle



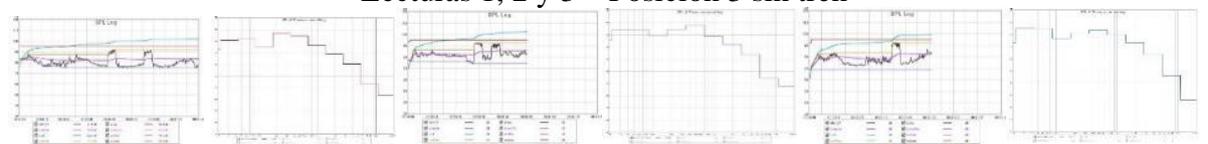
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



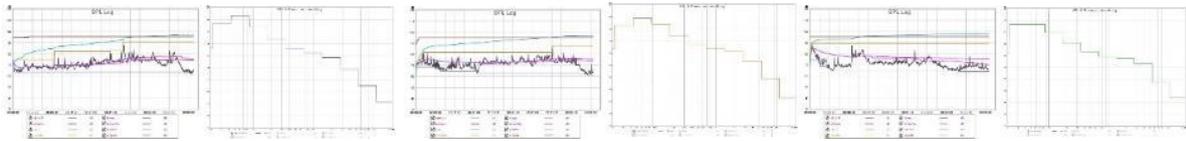
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



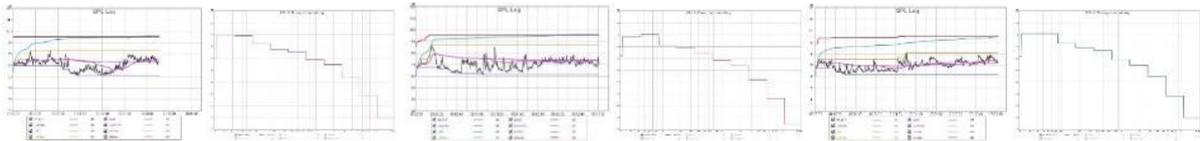
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

San Borja Sur

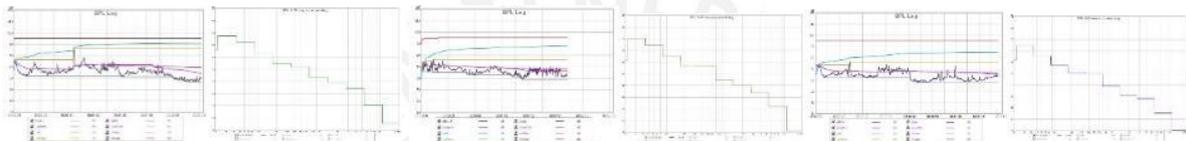
Hora pico



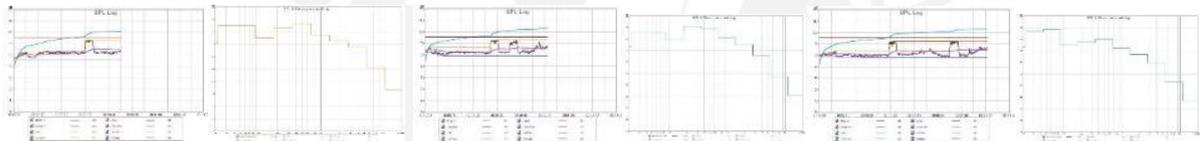
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

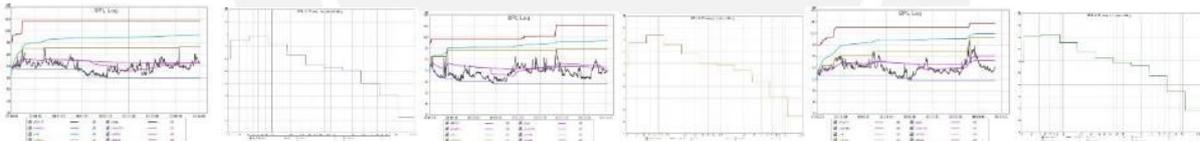


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

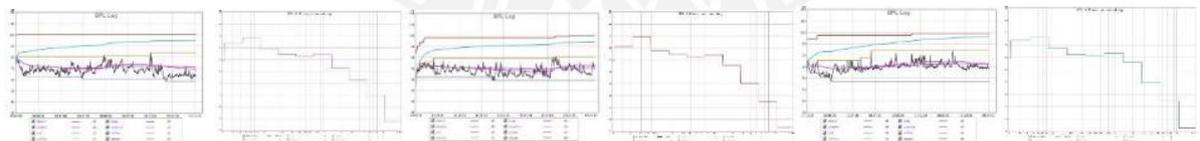


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

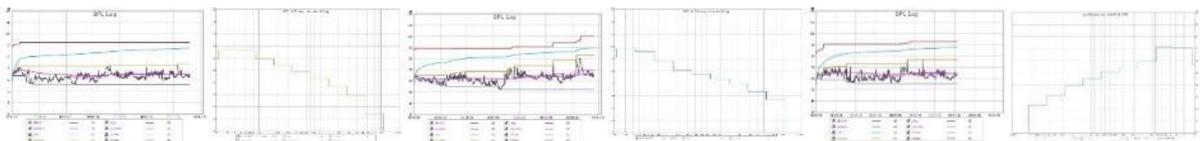
Hora valle



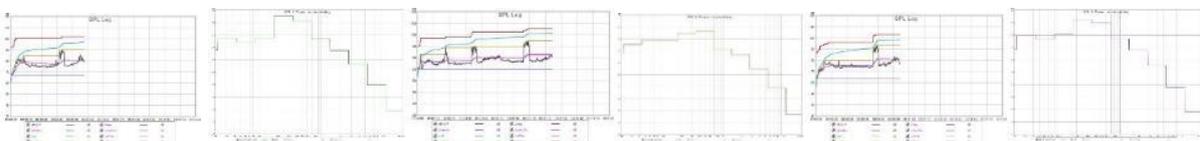
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



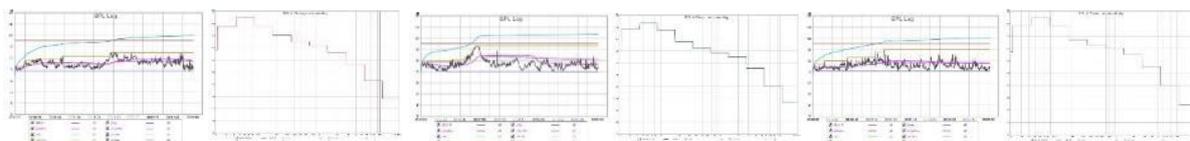
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



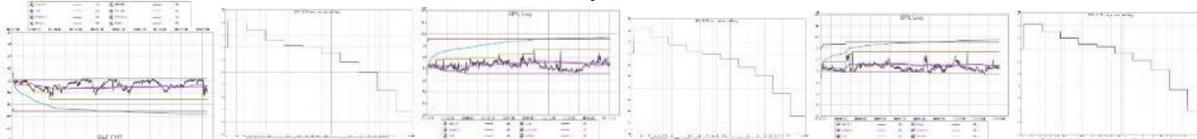
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

La Cultura

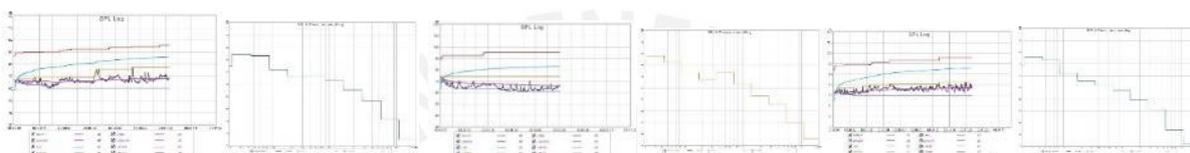
Hora pico



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

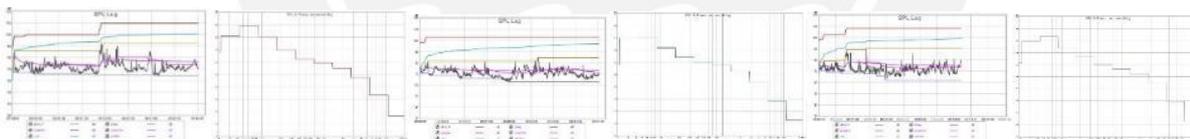


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

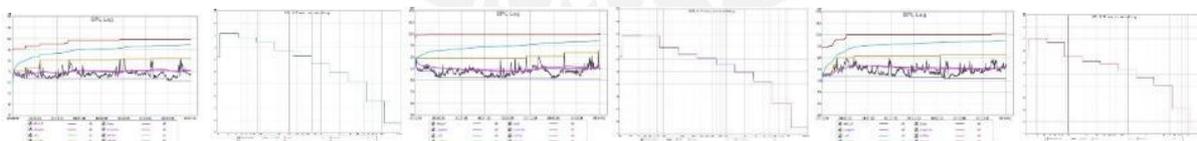


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

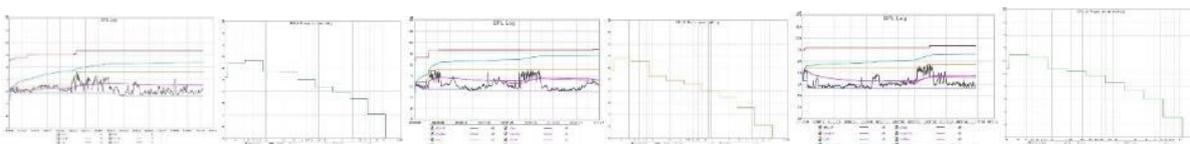
Hora valle



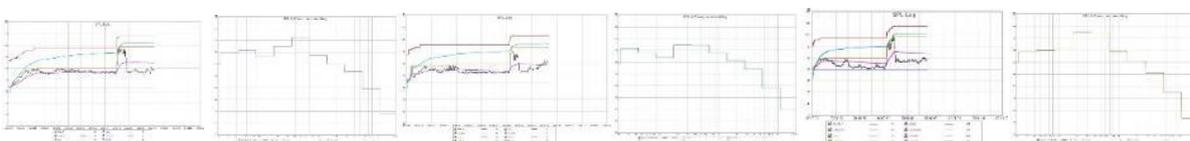
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



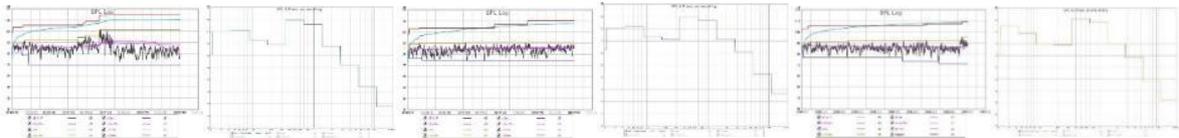
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



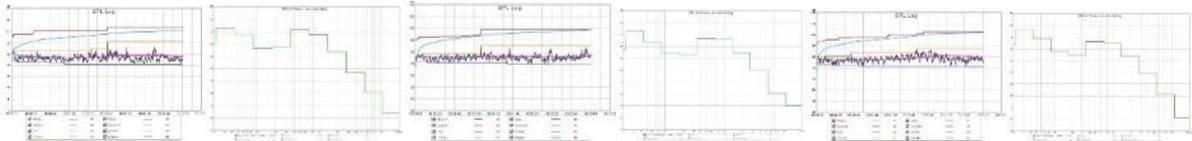
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Gamarra

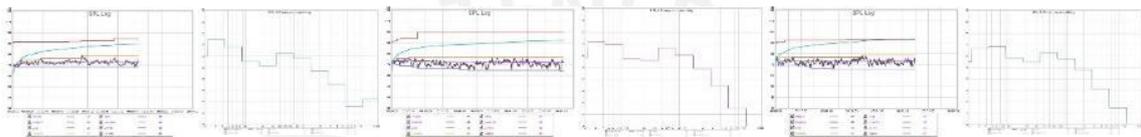
Hora pico



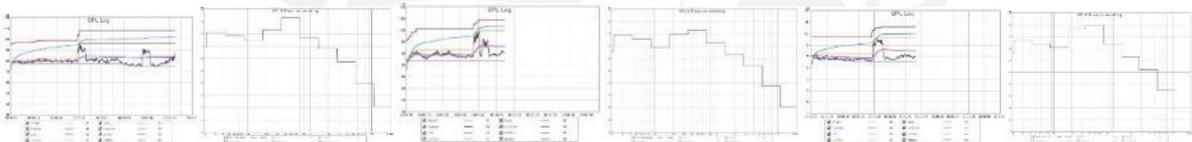
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

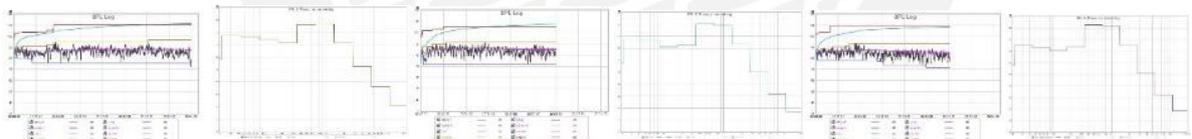


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

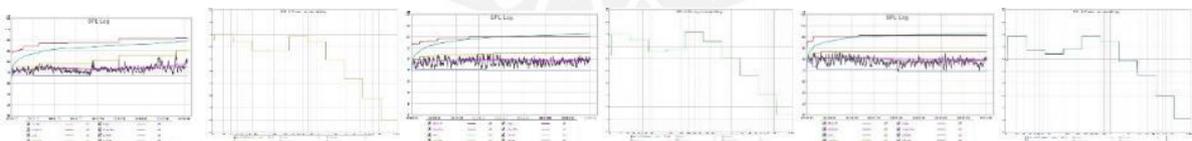


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

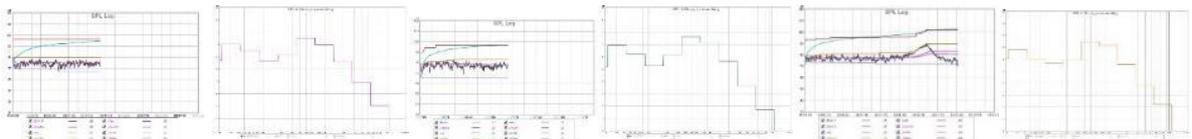
Hora valle



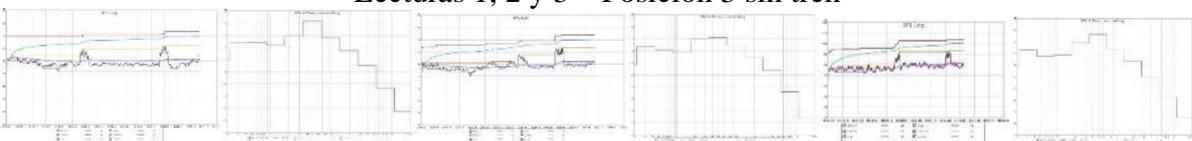
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



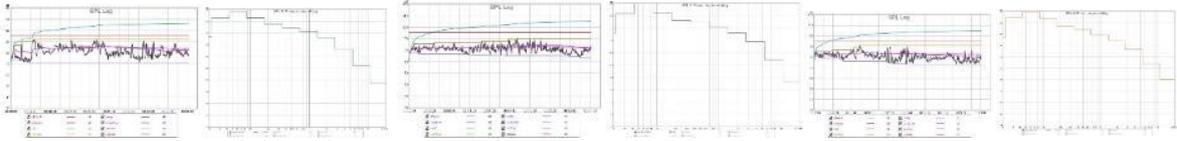
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



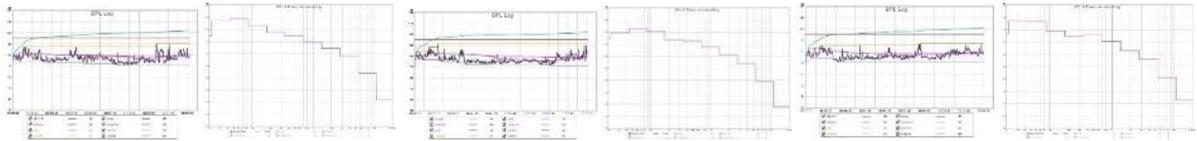
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Miguel Grau

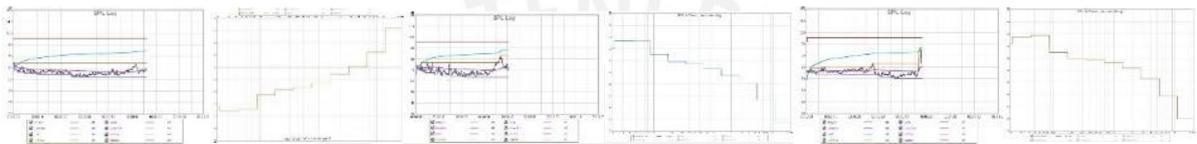
Hora pico



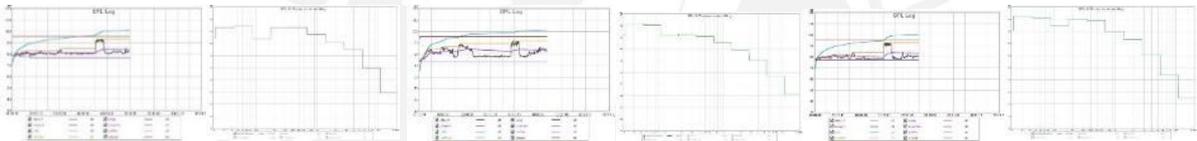
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

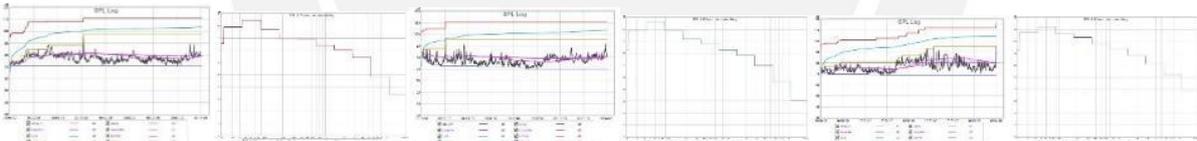


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

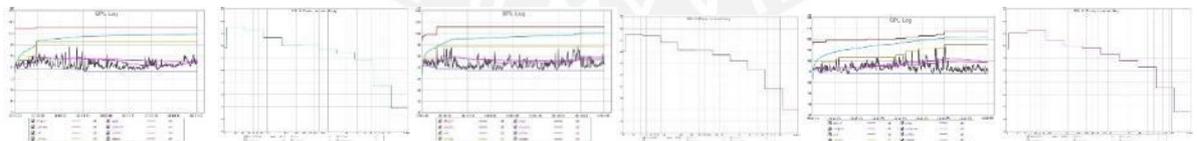


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

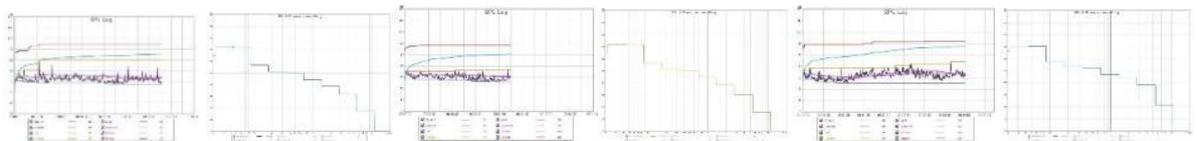
Hora valle



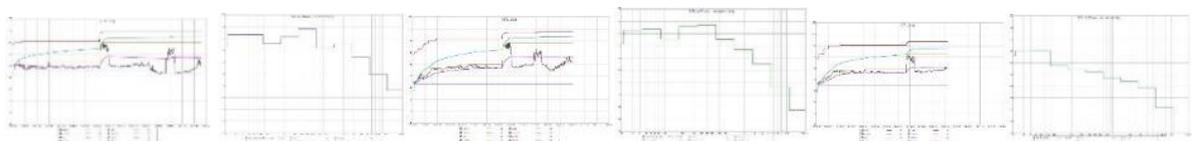
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



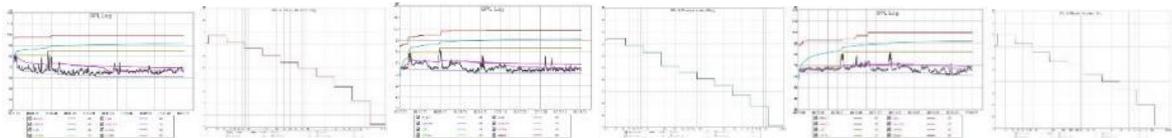
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



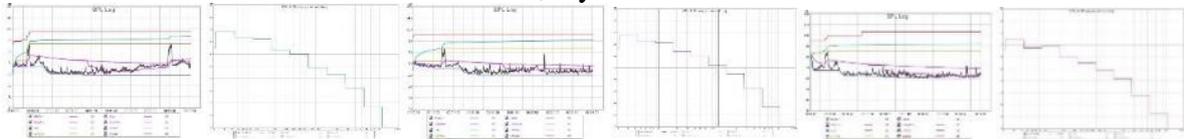
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Presbítero Maestro

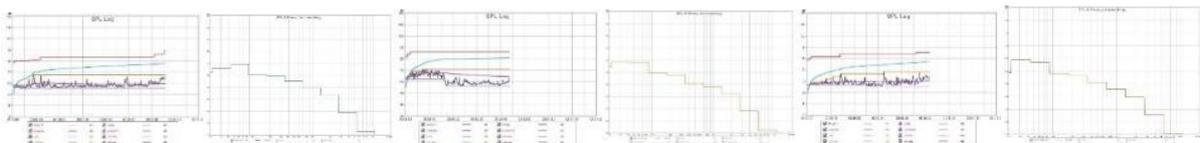
Hora pico



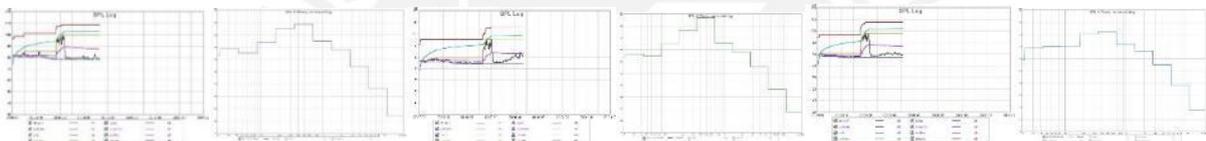
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

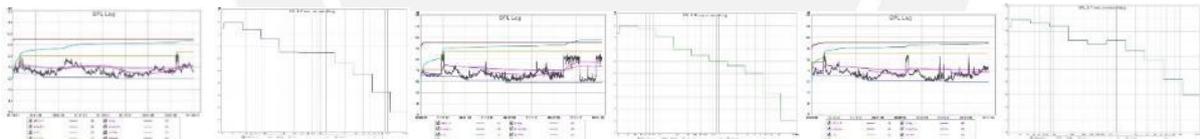


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

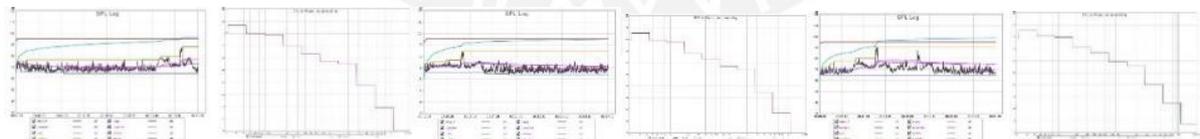


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

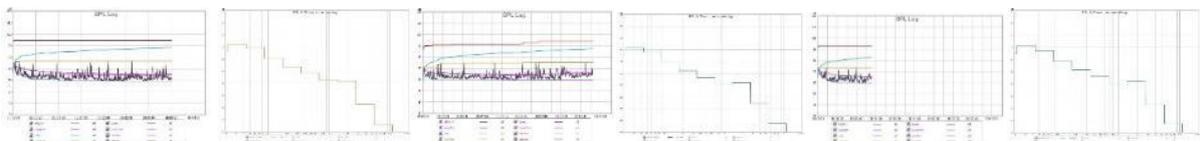
Hora valle



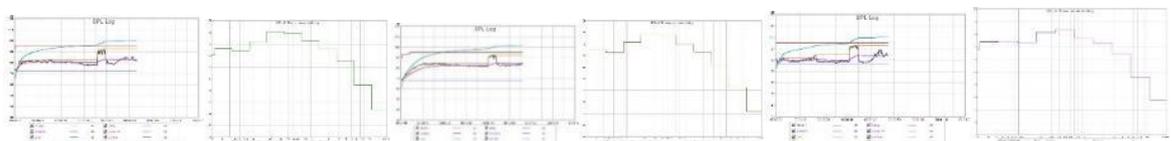
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



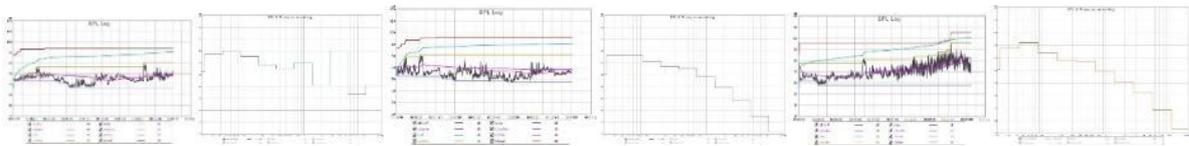
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



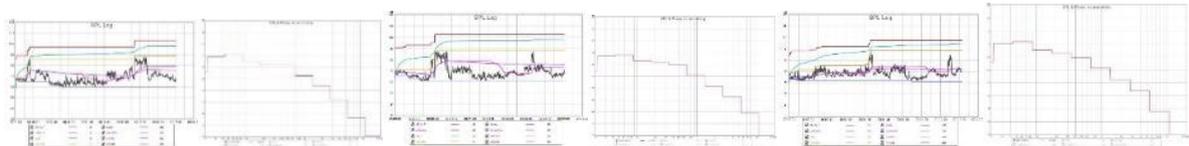
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Pirámide del Sol

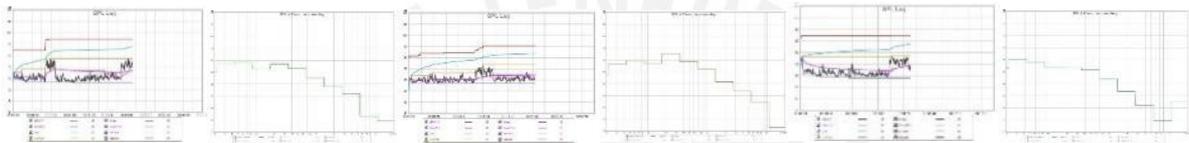
Hora pico



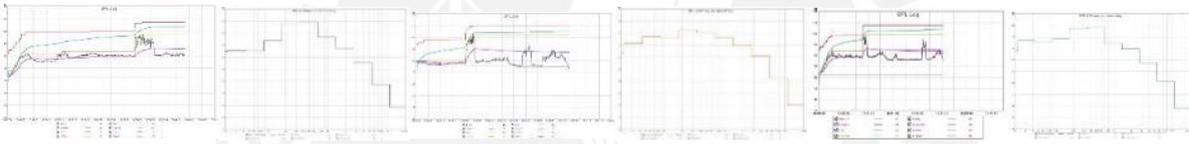
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

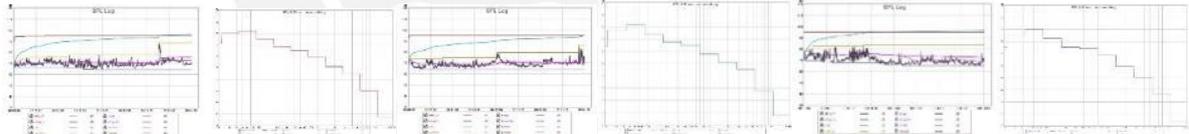


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

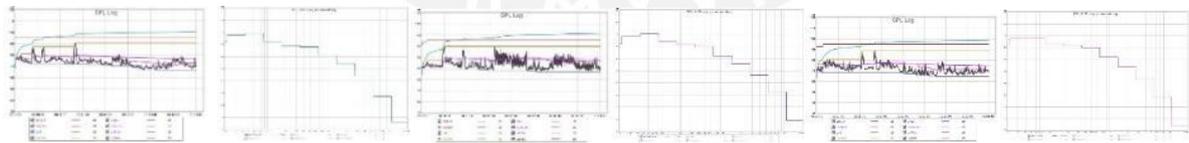


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

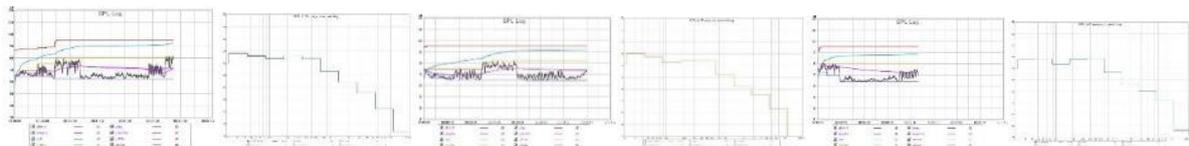
Hora valle



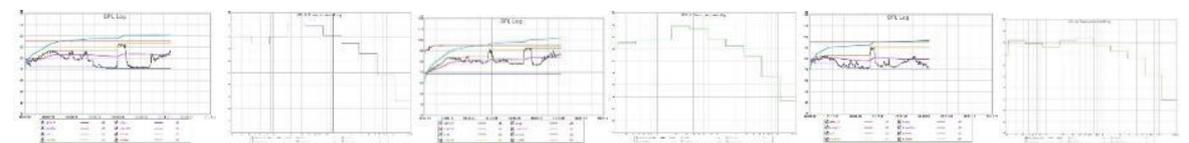
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



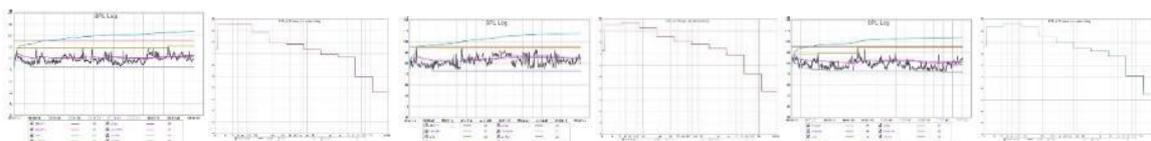
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



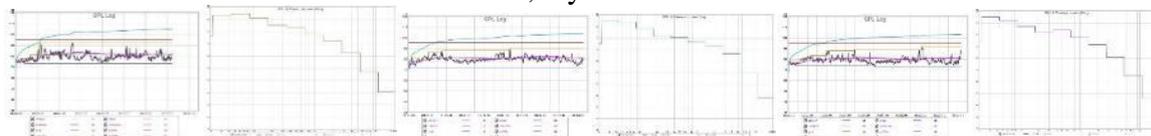
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Los Jardines

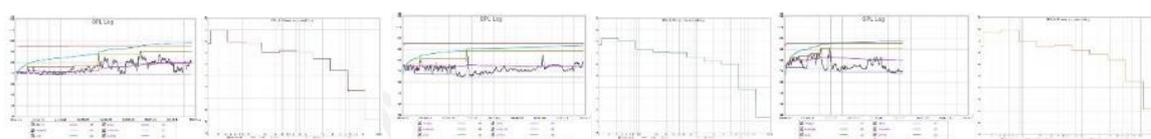
Hora pico



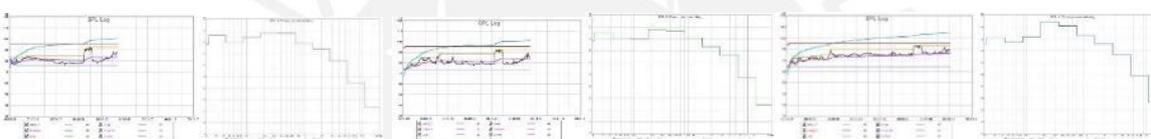
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

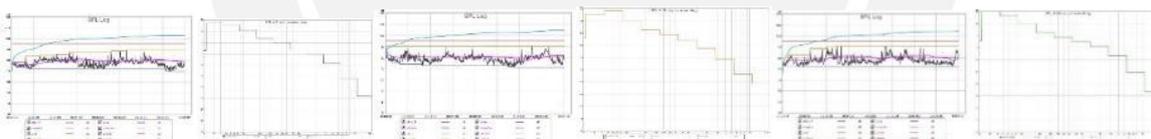


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

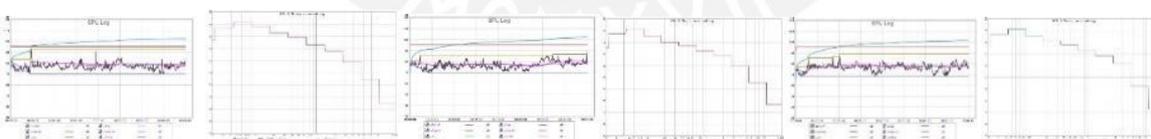


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

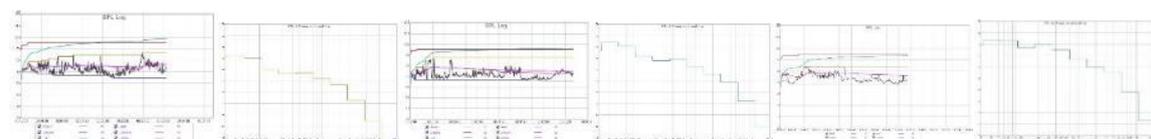
Hora valle



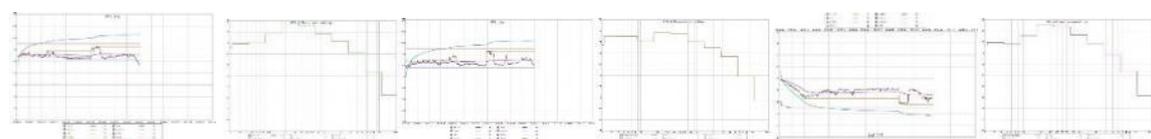
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



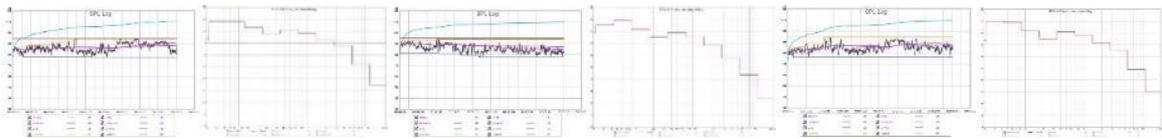
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



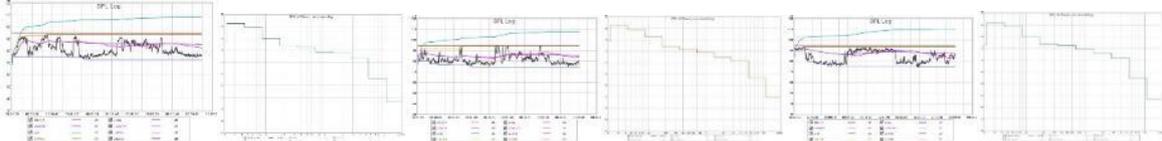
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Bayóvar

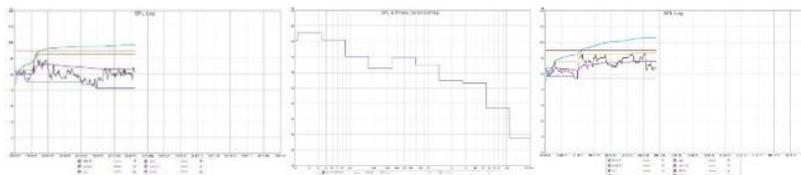
Hora pico



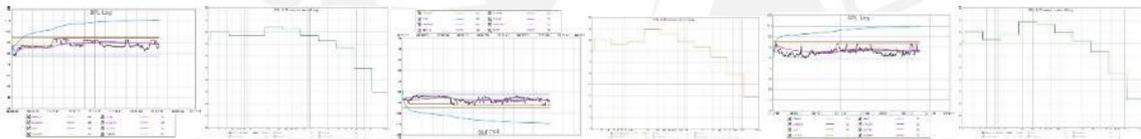
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2

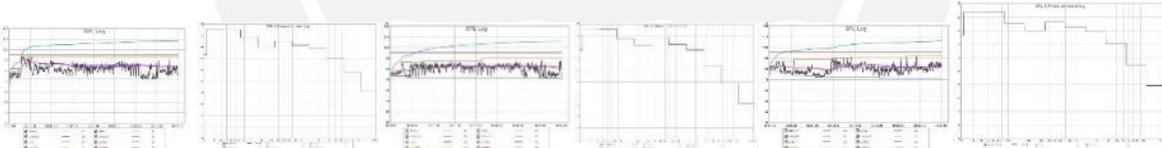


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren

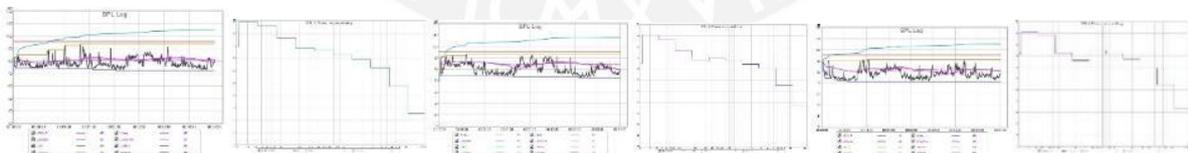


Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

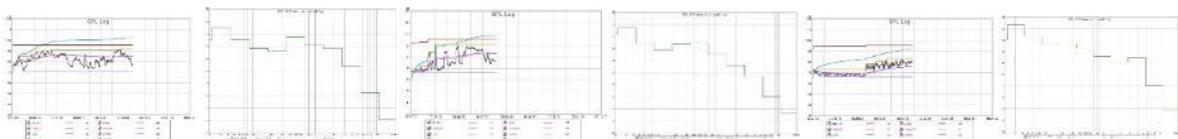
Hora valle



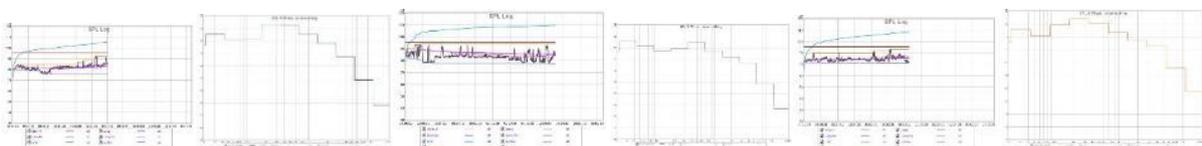
Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 1



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 2



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 sin tren



Lecturas 1, 2 y 3 – Posición 3 con tren

Anexo 7: Formato de encuesta

Se empleó la siguiente encuesta para recopilar información de los usuarios y conocer la percepción que ellos tenían respecto al ruido ambiental percibido en las estaciones de La Línea 1 del Metro de Lima.

Fecha

Lugar

Hora

Zona de la estación

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1. Tipo de usuario | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pasajero | | | | | | | | | | | | | | | |
| Personal administrativo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Personal de limpieza | | | | | | | | | | | | | | | |
| Personal de vigilancia | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comerciante | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Edad | | | | | | | | | | | | | | | |
| Menos de 18 años | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 a 30 años | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 a 40 años | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 a 50 años | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 a 60 años | | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 años a más | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Sexo | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femenino | | | | | | | | | | | | | | | |
| Masculino | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. ¿Cuál es su tiempo de permanencia en la estación un día cotidiano? | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 a media hora | | | | | | | | | | | | | | | |
| media a 1 hora | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 a 1 hora y media | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 hora y media a 2 horas | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 a 3 horas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Más de 3 horas (especificar) | | | | | | | | | | | | | | | |
| PERCEPCIÓN Y MOLESTIA GENERADA POR EL RUIDO AMBIENTAL | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. Considera que su capacidad auditiva es: | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muy buena | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Buena | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Regular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mala | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muy mala | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. ¿Cuáles son las 3 principales fuentes de ruido que percibe en las estaciones? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. Comunicados del tren a través de parlantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. Conversaciones entre personas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c. Vendedores ambulantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d. El sonido de los torniquetes al entrar a la estación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| e. El ruido de las escaleras mecánicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f. El ruido provocado por el ascensor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g. El ruido generado por la llegada del tren, sirena, cerrado de puertas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h. Tránsito vehicular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| i. Otro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. ¿Le genera molestia el ruido percibido en las estaciones? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bastante | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Moderadamente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ligeramente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| En lo absoluto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. De los sonidos percibidos, mencione hasta 2 que más le moleste: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. Comunicados del tren a través de parlantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. Conversaciones entre personas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c. Vendedores ambulantes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d. El sonido de los torniquetes al entrar a la estación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| e. El ruido de las escaleras mecánicas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f. El ruido provocado por el ascensor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g. El ruido generado por la llegada del tren, sirena, cerrado de puertas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h. Tránsito vehicular | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| i. Otro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. ¿En qué horario del día percibe más ruido? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 a 9 de la mañana | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 a 2 de la tarde | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 a 6 de la tarde | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 a 10 de la noche | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

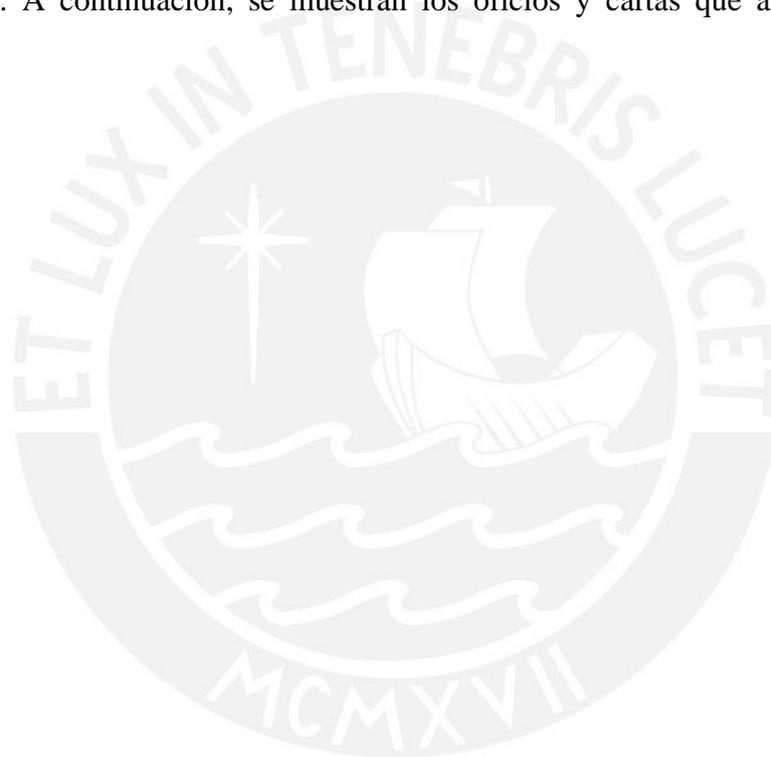
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 10. ¿Considera que el ruido percibido en las estaciones es un tipo de contaminante que afecta su calidad de vida? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11. De los siguientes efectos que puede provocar el ruido, indique aquellos que haya podido experimentar durante su estancia en las estaciones: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a. Disminución de la capacidad auditiva | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. Estrés | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c. Ansiedad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| d. Aumento de la agresividad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| e. Disminución de la concentración | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| f. Dolor de cabeza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| g. Nunca he sentido ningún efecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h. Otro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONOCIMIENTO DE LA NORMATIVA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12. ¿Tiene conocimiento de alguna norma que regule el ruido ambiental? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13. Si desea realizar alguna denuncia sobre contaminación por ruido ¿a qué autoridad debe dirigirse? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Municipalidad distrital | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ministerio del Ambiente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Policía Nacional del Perú | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NS/NC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 8: Horario y días de aplicación de encuestas

| Estación | Fecha | Hora inicio | Hora fin | Estación | Fecha | Hora inicio | Hora fin |
|-------------------|------------|-------------|----------|--------------------|------------|-------------|----------|
| Villa el Salvador | 18/09/2020 | 11:33 | 11:55 | Arriola | 17/09/2020 | 12:28 | 12:51 |
| | 30/09/2020 | 16:05 | 16:50 | | | | |
| Parque Industrial | 18/09/2020 | 12:15 | 12:46 | Gamarra | 17/09/2020 | 11:35 | 12:05 |
| | | | | | 30/09/2020 | 14:02 | 14:30 |
| Pumacahua | 18/09/2020 | 13:20 | 13:52 | Miguel Grau | 16/09/2020 | 13:17 | 13:50 |
| | | | | | 30/09/2020 | 16:10 | 16:35 |
| Villa María | 18/09/2020 | 14:00 | 14:20 | El Ángel | 16/09/2020 | 15:38 | 15:54 |
| María Auxiliadora | 18/09/2020 | 14:25 | 14:46 | Presbítero Maestro | 16/09/2020 | 14:53 | 15:13 |
| San Juan | 07/09/2020 | 10:30 | 10:40 | Caja de Agua | 16/09/2020 | 14:08 | 14:27 |
| | 12/09/2020 | 10:10 | 10:40 | | | | |
| Atocongo | 07/09/2020 | 10:50 | 11:05 | Pirámide del Sol | 16/09/2020 | 13:30 | 13:55 |
| | 18/09/2020 | 15:40 | 16:05 | | | | |
| Jorge Chávez | 18/09/2020 | 15:07 | 15:33 | Los Jardines | 16/09/2020 | 12:45 | 13:14 |
| Ayacucho | 17/09/2020 | 15:15 | 15:36 | Los Postes | 12/09/2020 | 14:20 | 14:50 |
| Cabitos | 17/09/2020 | 14:45 | 15:05 | San Carlos | 12/09/2020 | 13:45 | 14:15 |
| Angamos | 17/09/2020 | 14:05 | 14:31 | San Martín | 12/09/2020 | 13:10 | 13:35 |
| San Borja Sur | 17/09/2020 | 13:40 | 14:20 | Santa Rosa | 12/09/2020 | 12:30 | 13:00 |
| La Cultura | 17/09/2020 | 13:15 | 13:32 | Bayóvar | 12/09/2020 | 11:40 | 12:20 |
| | 30/09/2020 | 14:40 | 15:17 | | 30/09/2020 | 12:35 | 13:10 |

Anexo 9: Permisos brindados para el desarrollo de la investigación

Para la realización del proyecto se hicieron varias coordinaciones con autoridades de la Línea 1 del Metro de Lima, ATU y la Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Gracias al apoyo el de ellos no hubiera sido posible el presente proyecto de investigación por lo que les doy mi más sincera gratitud, en especial a la Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes del MTC que me brindó todo el apoyo necesario antes, durante y luego de finalizar las mediciones de ruido ambiental. A continuación, se muestran los oficios y cartas que avalan la presente investigación.





Firmado digitalmente por:
ROMERO TUYA Ernesto
Luciano FAU 20131379944 soft
Motivo: Doy V° B°

Fecha: 03/05/2021 15:20:43-0500



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 3 de mayo del 2021.

OFICIO N° 067-2021-MTC/19.2

Señor
HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA
Jr. Manuel Pazos 709 – San Juan de Miraflores
Presente.

Asunto: Solicitud de autorización para mencionar a la Línea 1 del Metro de Lima en proyecto de tesis.
Contrato de Concesión de la Línea 1 del Metro de Lima.

Referencia: a) Solicitud formulada por el ciudadano Héctor Guillermo Gamero Motta (E-120343-2021)
b) Oficio N° 0249-2021-MTC/19



De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en relación al documento de la referencia a), a través del cual requirió una autorización escrita del representante legal de la Línea 1 para que pueda hacer mención y/o alusión a la Línea 1 del Metro de Lima en su proyecto de tesis.

Sobre el particular, en el mismo orden de ideas de lo señalado en el documento de la referencia b) a través del cual se le brindó la autorización para que pueda ingresar a las instalaciones de la Línea 1 a realizar sus actividades de investigación necesarias para la elaboración de su proyecto de tesis, esta Dirección, en representación del MTC quien constituye el titular de la infraestructura de la Línea 1 del Metro de Lima, le otorga la autorización requerida para que pueda hacer mención y/o alusión a la Línea 1 del Metro de Lima en su proyecto de tesis.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para saludarlo cordialmente.

(FIRMADO DIGITALMENTE)

VERÓNICA PATRICIA VILLEN A VIVAR
Directora de Inversión Privada en Transporte - MTC
Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Firmado digitalmente por:
VILLEN A VIVAR Verónica
Patricia FAU 20131379944 hard
Motivo: En señal de conformidad
Fecha: 03/05/2021 15:58:20-0500

Jirón Zorritos 1203 – Lima - Perú
T. (511) 615-7800
www.gob.pe/mtc



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes



BICENTENARIO DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 03 de febrero de 2021

OFICIO N° 0610-2021-MTC/19

Señor
HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA
Jr. Manuel Pazos 709 – San Juan de Miraflores
Presente. –

Asunto: Autorización para acceder a la Línea 1 del Metro de Lima
Contrato de Concesión de la Línea 1 del Metro de Lima

Referencia: a) Solicitud de fecha 29 de enero de 2021 **E-028603-2021**
b) Oficio N° 0249-2021-MTC/19, del 16.01.2021
c) Oficio N° 0250-2021-MTC/19, del 16.01.2021

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo y a la vez referirme al documento de referencia a), mediante el cual su persona señala que debido al Estado de Emergencia Nacional debido a la pandemia de la COVID-19 y la disposición del Supremo Gobierno de mantener la distancia social y el aislamiento social obligatorio, solicita que la autorización dada para el mes de febrero de 2021, con documento de referencia b), para ingresar a las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima, sean válidas para los meses de marzo y abril de 2021, en caso la emergencia continúe.



Al respecto, esta Dirección General, en representación del MTC y a su vez del Concedente, autoriza su pedido en el extremo solicitado manteniéndose constante lo expresado en los documentos de referencias b) y c), y sugiere coordinar con el Concesionario de la Línea 1 del Metro de Lima, el acceso para las fechas que señala en el cronograma de medición adjunto al documento de referencia a), siempre que la situación epidemiológica del departamento de Lima permita el desplazamiento de las personas y haya bajado el nivel de alerta extrema.

Sin otro particular, me despido de usted.

EMERSON CASTRO HIDALGO
Director General de Programas y Proyectos de Transportes
Ministerio de Transportes y Comunicaciones

C.c. *ATU – Gerencia General*
GYM FERROVIAS – Gerencia General

Se adjunta: *Documento de referencia a), b) y c)*
Cronograma de medición



Firmado digitalmente por:
CASTRO HIDALGO Emerson
Junior FAU 20131370044 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 04/02/2021 12:20:27-0500

Jirón Zorritos 1203 – Lima – Perú
T. (511) 615-7800
www.mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 16 de enero de 2021

OFICIO N° 0250-2021-MTC/19

Señor
MARIO GÁLVEZ ABAD
Gerente General
GYM FERROVIAS S.A.
Av. Solidaridad 8, Villa EL Salvador (Patio Taller)
Presente.-

Asunto: Autorización de ciudadano universitario para acceder a la Línea 1 del Metro de Lima
Contrato de Concesión de la Línea 1 del Metro de Lima

Referencia: a) Solicitud personal E-008577-2021
b) Oficio N° 0249-2021-MTC/19, del 16.01.2021



De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez referirme al documento de referencia a), mediante el cual el ciudadano universitario HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA, solicita acceder a las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima para desarrollar un trabajo de Tesis. Conjuntamente a la solicitud adjunta la Carta FCI-086/2020-D, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el que le presenta como alumno de dicha casa de estudios e informa que está desarrollando un proyecto de investigación de Fin de Carrera, denominado "Caracterización Acústica del Ruido Percibido en las Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima", por lo que solicita: (i) autorización para ingresar a doce (12) estaciones, tales como: Villa El Salvador, San Juan, Atocongo, Cabitos, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra, Miguel Grau, Presbítero Maestro, Pirámide del Sol, Los Jardines y Bayóvar, y (ii) acceder a los planos de arquitectura (planta y elevaciones) de las veintiséis (26) estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Al respecto, mediante el documento de referencia b), esta Dirección General le ha informado al ciudadano que la Línea 1 del Metro de Lima es una infraestructura ferroviaria concesionada a la empresa GYM FERROVIAS S.A., quien se encarga de la administración, operación, seguridad y mantenimiento, por lo que toda actividad externa que se autorice en el sistema del metro de Lima o dentro del área de concesión, debe realizarse sin interrumpir y/o afectar la infraestructura, las operaciones y la seguridad del mismo.

De igual modo, esta Dirección General, en representación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, le ha autorizado a dicho ciudadano para que pueda ingresar a las estaciones antes señaladas con las medidas sanitarias dispuestas por el Supremo Gobierno, así como también con las medidas y el horario que el Concesionario establezca.

Siendo así, agradeceré a usted se sirva autorizar y disponer lo conveniente a efectos que, durante el mes de febrero del 2021, se permita el ingreso del ciudadano universitario HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA a las estaciones que se señaló anteriormente, así como se permita portar el equipo o equipos que necesita para el referido estudio.

Finalmente, cabe señalar que se está coordinando con la ATU para que un personal operativo del área de sistema ferroviario acompañe al citado ciudadano.

Sin otro particular, me despido de usted.

EMERSON CASTRO HIDALGO
Director General de Programas y Proyectos de Transportes
Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Firmado digitalmente por:
CASTRO HIDALGO Emerson
Junior FAU 20131370044 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 17/01/2021 11:16:28-0500

Se adjunta: Documentos de referencia

C.c. ATU – Gerencia General
GYM FERROVIAS – Gerencia General
HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA

Jirón Zorritos 1203 – Lima – Perú
T. (511) 615-7800
www.mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 16 de enero de 2021

OFICIO N° 0249-2021-MTC/19

Señor
HÉCTOR GUILLERMO GAMERO MOTTA
Jr. Manuel Pazos 709 – San Juan de Miraflores
Presente. –

Asunto: Autorización para acceder a la Línea 1 del Metro de Lima
Contrato de Concesión de la Línea 1 del Metro de Lima

Referencia: Solicitud personal E-008577-2021

De mi consideración:



Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y a la vez referirme al documento de la referencia, mediante el cual su persona solicita acceder a las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima para desarrollar un trabajo de Tesis. Conjuntamente a la solicitud adjunta la Carta FCI-086/2020-D, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el que le presenta como alumno de dicha casa de estudios e informa que está desarrollando un proyecto de investigación de Fin de Carrera, denominado "Caracterización Acústica del Ruido Percibido en las Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima", por lo que solicita: (i) autorización para ingresar a doce (12) estaciones, tales como: Villa El Salvador, San Juan, Atocongo, Cabbitos, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra, Miguel Grau, Presbítero Maestro, Pirámide del Sol, Los Jardines y Bayóvar, y (ii) acceder a los planos de arquitectura (planta y elevaciones) de las veintiséis (26) estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Al respecto, como es de su conocimiento, la Línea 1 del Metro de Lima es una infraestructura ferroviaria concesionada a la empresa GYM FERROVIAS S.A., quien se encarga de la administración, operación, seguridad y mantenimiento, por lo que toda actividad externa que se autorice en el sistema del metro de Lima o dentro del área de concesión, debe realizarse sin interrumpir y/o afectar la infraestructura, las operaciones y la seguridad del mismo.

En ese sentido, esta Dirección General, en representación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, autoriza a su persona poder ingresar a las estaciones antes señaladas con las medidas sanitarias dispuestas por el Supremo Gobierno, así como con también las medidas y el horario que el Concesionario establezca. Cabe señalar que dicho ingreso será durante el mes de febrero de 2021.

Con relación a los planos solicitados, estos se encuentran en poder de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao, por lo que agradeceré solicitarlos directamente, salvo que la información solicitada se encuentre dentro de las excepciones que establece la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública, situación que será evaluada por dicha autoridad.

Sin otro particular, me despido de usted.

EMERSON CASTRO HIDALGO
Director General de Programas y Proyectos de Transportes
Ministerio de Transportes y Comunicaciones



Firmado digitalmente por:
CASTRO HIDALGO Emerson
Junior FAU 20131370044 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 17/01/2021 11:16:48-0500

Se adjunta: *Documento de referencia*

C.c. *ATU – Gerencia General*
GYM FERROVIAS – Gerencia General

Jirón Zorritos 1203 – Lima – Perú
T. (511) 615-7800
www.mtc.gob.pe



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao

Dirección de Operaciones

Subdirección del Sistema de Transporte Ferroviario

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

MEMORANDO N° 058 -2020-ATU/DO-SSTE

A : **ING. LUIS FELIPE RODRÍGUEZ ALFARO**
Unidad de Atención al Ciudadanía y Gestión Documental

ASUNTO : Solicita autorización para ingreso a las estaciones de la Línea 1 del Metro como parte de un proyecto de tesis

REFERENCIA : Carta S/N, del 30.09.2020 [E-148665-2020]

FECHA : Miraflores, 14.10.2020

Es grato dirigirme a usted, en relación al asunto y documento de la referencia, el cual fue derivado a la Dirección de Operaciones a través del Sistema de Trámite Documentario – STD el día 02.10.2020, registrado con número de expediente N° 148665-2020, para su atención correspondiente.

Al respecto, de la revisión del documento de la referencia, se tiene que, el señor de nombre Héctor Guillermo Gamero Motta, identificado con DNI N° 73012799, (estudiante de 10mo. ciclo de la carrera de Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú), solicita a la Dirección de Operaciones de la ATU, textualmente lo siguiente:

«[...]

“Autorización para el ingreso a 12 estaciones (Villa El Salvador, San Juan, Atocongo, Cabitos, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra, Miguel Grau, Presbítero Maestro, Pirámide del Sol, Los Jardines, Bayóvar), las cuales han sido seleccionadas luego de evaluar exploratoriamente diversas características del entorno, ruido percibido y afluencia de usuario, todo con el fin de realizar las mediciones acústicas en estaciones representativas para verificar las similitudes entre ellas y poder identificar los puntos de medición anteriormente señalados con precisión. [...]

Yo ya he establecido comunicación con la Línea 1 del Metro de Lima y me indicaron que ellos pueden darme el acceso y los documentos que solicito siempre y cuando ATU conceda la autorización, puesto que el Estado es dueño de la información.

[...]» (resaltado es nuestro).



Por tanto, siendo que el pedido realizado corresponde a la realización de acciones y/o gestiones en torno a la infraestructura concesionada o dentro del área de concesión de la Línea 1, se recomienda que el pedido de información y autorización requerida por el referido ciudadano, sea trasladado a la Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes (DGPPT) para su atención en su calidad de administrador del Contrato de Concesión y representante del Estado.

Atentamente,

ING. JESSYCA CHAVEZ CARBAJAL
Subdirector(a) del Sistema de Transporte Ferroviario
de la Dirección de Operaciones
Autoridad de Transporte Urbano de Lima y Callao - ATU

JHCH/rv
C.C. Dirección de Operaciones

Av. Domingo Orué 165, Surquillo - Lima - Perú
T. (511) 224-2444
www.atu.gob.pe



Lima, 30 de Septiembre del 2020

Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU)

Atención: Sr. John Huamán Chaparro

Dirección de Operaciones

Subdirección del Sistema de Transporte Ferroviario

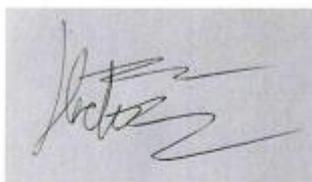
Por medio de la presente yo, Héctor Guillermo Gamero Motta, identificado con DNI N 73012799, domiciliado en Jr. Manuel Pasos 709 San Juan de Miraflores y estudiante de 10mo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú me encuentro realizando mi proyecto de tesis: *"Caracterización acústica del ruido percibido por los usuarios de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima"*, por lo cual solicito se me otorgue autorización para ingresar a las estaciones de la Línea 1 del Metro para realizar mediciones acústica y tener acceso a planos de arquitectura de las estaciones. A continuación, se detalla el pedido:

Autorización para el ingreso a 12 estaciones (Villa El Salvador, San Juan, Atocongo, Cabbitos, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra, Miguel Grau, Presbítero Maestro, Pirámide del Sol, Los Jardines, Bayóvar), las cuales han sido seleccionadas luego de evaluar exploratoriamente diversas características del entorno, ruido percibido y afluencia de usuario, todo con el fin de realizar las mediciones acústicas en estaciones representativas. En cada una de ellas se hará una medición del nivel de ruido percibido en tres zonas: andén, interior de la estación (luego de pasar el acceso de torniquetes) y en la entrada (patio de acceso a la estación). El procedimiento de medición consiste en ubicar un sonómetro en un trípode de 1.4 m de altura en el punto a medir y tomar el registro durante aproximadamente 10 minutos hasta que la medición del nivel de ruido sea representativa. Mientras tanto se hará un registro fotográfico del punto de medición y al entorno donde se encuentra ubicado. Ambas actividades las realizaré de manera individual. Las mediciones se harán en un horario de mañana y tarde, ya que se busca medir el nivel de ruido tanto en hora valle como hora pico a fin de tener un registro del ruido representativo en un día típico. Adicionalmente se solicitan los planos de arquitectura (planta y elevaciones) de las 26 estaciones, señalando el aforo de cada una, para verificar las similitudes entre ellas y poder identificar los puntos de medición anteriormente señalados con precisión.

Yo ya he establecido comunicación con la Línea 1 del Metro de Lima y me indicaron que ellos pueden darme el acceso y los documentos que solicito siempre y cuando ATU conceda la autorización, puesto que el Estado es dueño de la información. Por tal motivo espero atienda mi pedido para que la Línea 1 del Metro de Lima me permita el acceso a lo solicitado y pueda culminar satisfactoriamente mi proyecto de tesis.

Adjunto carta firmada por la universidad que sustenta mi solicitud.

Atentamente,



Héctor Guillermo Gamero Motta

Celular: 994995386

Correo electrónico: hector.gamero@pucp.pe

FCI-086/2020-D

Lima, 28 de setiembre de 2020

Señores

Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU)

Presente. -

Atención Sr. John Huamán Chaparro
Dirección de Operaciones Subdirección del Sistema de
Transporte Ferroviario

De mi consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes para presentar al señor **Héctor Guillermo GAMERO MOTTA** con código N° 20153084, alumno del noveno ciclo de la especialidad de Ingeniería Civil de esta Universidad.

El señor Gamero se encuentra desarrollando su Proyecto de Investigación **de Fin de Carrera**, denominado "Caracterización Acústica del Ruido Percibido en las Estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima", por lo que solicitamos su gentil apoyo en las siguientes autorizaciones:

- Autorización para el ingreso a 12 estaciones (Villa El Salvador, San Juan, Atocongo, Cabitos, San Borja Sur, La Cultura, Gamarra, Miguel Grau, Presbítero Maestro, Pirámide del Sol, Los Jardines, Bayóvar) para realizar las mediciones de ruido urbano en horario de mañana y tarde, además de realizar un registro fotográfico.
- Acceso a los planos de arquitectura (planta y elevaciones) de las 26 estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima.

Es importante mencionar que las actividades a realizar por el alumno Héctor Gamero serán empleadas para el desarrollo de su tesis, por lo consiguiente son únicas y exclusivamente para fines académicos.

En este sentido, mucho agradeceré brindar las facilidades del caso para que el alumno Gamero pueda acceder a sus instalaciones en los horarios que ustedes destinen conveniente.

Agradeciendo su gentil atención, me valgo de la oportunidad para hacerles llegar un cordial saludo.

Atentamente,

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Facultad de Ciencias e Ingeniería



.....
MIGUEL MEJÍA PUENTE
DECANO

MMP/ea