

MAT.: 1) Da cumplimiento a diligencia probatoria que indica; **2)** Acompaña documentos.

ANT.: Res. Ex. N°3/Rol D-025-2023 de 18 de marzo de 2023, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

REF.: Procedimiento Rol D-025-2023.

N° 005 GCI/ Santiago, 11 de abril de 2024.

Sr. Juan José Joaquín Galdámez
Fiscal Instructor
División de Sanción y Cumplimiento
Superintendencia del Medio Ambiente
Presente

Gonzalo Rodríguez Belmar, en representación de **Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A.** (en adelante, "**Metro S.A.**"), RUT N°61.219.000-3, ambos domiciliados para estos efectos en Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1414, comuna de Santiago, por medio de la presente, y encontrándome dentro del plazo concedido, vengo en dar cumplimiento a la diligencia probatoria requerida por esta Superintendencia en el Resuelvo IV de la Res. Ex. N°3/Rol D-025-2023 de 18 de marzo de 2023, en el marco del procedimiento sancionatorio seguido bajo el Rol D-025-2023, en los términos que se indican a continuación.

I. Antecedentes

Con fecha 30 de enero de 2023, mediante Res. Ex. N°1/Rol D-025-2023, la Superintendencia del Medio Ambiente dio inicio a un procedimiento sancionatorio respecto de la Unidad Fiscalizable "Metro S.A. Línea 3", respecto de la cual mi representada es titular, formulando el siguiente cargo: "*No adoptar las acciones necesarias para controlar y hacerse cargo del impacto ambiental no previsto consistente en el ruido inducido por vibraciones asociado al funcionamiento del proyecto "Metro Línea 3"*".

Frente a ello, con fecha 01 de marzo de 2023, Metro S.A. presentó descargos respecto del cargo formulado, solicitando se le absuelva del mismo por no configurarse la infracción imputada. Con posterioridad, el 18 de octubre de 2023, Metro S.A. efectuó una nueva presentación, solicitando a la autoridad tener presente los antecedentes que acompañó a esta, en los cuales se acreditaba la implementación de medidas para el control del ruido inducido por vibraciones en el tramo Plaza Egaña-Fernando Castillo Velasco de la línea 3.

En dicho contexto, la SMA emitió la Res. Ex. N° 3/Rol D-025-2023, con fecha 18 de marzo de 2024, en la cual decretó una diligencia probatoria, necesaria para ponderar adecuadamente las alegaciones expuestas. En concreto, la SMA solicitó a Metro S.A. en el Resuelvo IV de dicha Resolución, que acompañe los antecedentes que disponga a la fecha relativos a las mediciones de ruido inducido por vibraciones, que haya efectuado conforme a la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía de la FTA 0123:2018, realizados con posterioridad al 10 de junio de 2022, en el sector ubicado entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco de la Línea 3.

Para dar respuesta a dicha diligencia probatoria, se otorgó a mi representada un plazo de 10 días hábiles. Así, se hace presente que la resolución del ANT. fue notificada mediante carta certificada cuyo Código de Seguimiento (N° 1179105664710) da cuenta de haberse recibido en la Oficina de Correos del domicilio de Metro S.A. el día 22 de marzo del presente, por lo que la diligencia se entiende notificada legalmente (art. 46, Ley N° 19.880) el día 27 del mismo mes y año. Con ello, se acredita que esta presentación se realiza dentro del plazo otorgado por esta SMA.

II. Da cumplimiento a diligencia probatoria

Al respecto, y sin perjuicio de no contar con una exigencia de monitoreo y reporte sobre el particular, se hace presente que efectivamente Metro S.A. cuenta con mediciones de ruido inducido por vibraciones en el marco del seguimiento interno de las acciones de control operacional de la Línea, por lo que -conforme a lo solicitado en el Resuelvo IV de la Res. Ex. N°3/Rol D-025-2023-, se acompañan en el Anexo 1 de esta presentación, tres informes de medición de ruido inducido por vibraciones, elaborados por la empresa Contador y Campos Ingeniería Limitada. Las mediciones fueron realizadas en las siguientes fechas y lugares, elaborándose un informe por cada vivienda:

- a) Medición realizada al interior de vivienda ubicada en calle Julio Montebruno N°25, comuna de La Reina, los días 27 y 28 de abril de 2023;
- b) Medición efectuada al interior de vivienda ubicada en San Lorenzo N°29, comuna de La Reina, los días 11 y 12 de mayo de 2023; y,
- c) Medición efectuada al interior de vivienda ubicada en calle Loreley N°17, comuna de La Reina, los días 21 y 22 de agosto de 2023.

Al respecto, se hace presente que tanto el informe correspondiente a las mediciones efectuadas en la vivienda ubicada en calle Julio Montebruno N°25, en calle Loreley N°17 y en calle San Lorenzo N°29, dan cuenta de que **todas las circulaciones de trenes, tanto diurnas como nocturnas, han disminuido considerablemente desde la medición efectuada el año 2022**. En tanto, se informa que mi representada no pudo acordar el ingreso con los propietarios de la vivienda ubicada en calle Almirante Gómez Carreño N° 37, por lo que no fue posible realizar la medición que nos permitiera verificar los niveles de ruido inducido en dicho receptor. Ahora bien, cabe destacar que a la fecha no hemos tenido reclamos durante los años 2023- 2024 en dicha calle.

Sobre el particular, se hace presente lo ya señalado en nuestros descargos en el sentido que las publicaciones internacionales reconocen en la Guía FTA N°0123:2018 una importante directriz para determinar y desarrollar la metodología de evaluación y mediciones; sin embargo, existen otras Guías y estándares reconocidos que hacen referencia a este componente, la mayoría de las cuales tiene por objeto el impacto en edificios y el comfort. La misma ponderación que ha efectuado la FTA en relación con su Guía daría cuenta de que los niveles de ruido inducido originalmente previstos son demasiado estrictos, concluyendo que, a 35 dB(A), sólo entre un 3 y un 6% de los encuestados en el estudio podrían percibir un alto grado de molestia. A mayor abundamiento, la propia SMA reconoce en el IFA DFZ-2022-1536-XIII-RCA que la norma FTA N°0123:2018 contiene deficiencias y errores de criterios, los cuales han sido constatados por profesionales del IDIEM.

Por último, se reitera que existen al menos cinco normas y guías referenciales a nivel comparado que pueden ser aplicables al caso concreto, entre las que se menciona la Guía australiana: "Guidelines for the assessment of noise from rail infrastructure" (2013), South Australia EPA, que fue utilizada como norma de referencia específica en los Proyectos Extensión Línea 2, Extensión Línea 6 y Línea 7 de Metro S.A.

En este sentido, es importante recordar que, tal como se indicó en los descargos de Metro S.A. de fecha 1 de marzo de 2024, no es posible establecer que la Guía FTA N°0123:2018 sea efectivamente una norma aplicable al caso. Dicha Guía, si bien establece estándares de ruido inducido – primero- no constituye actualmente un umbral determinante para ello (según se indicó anteriormente), y – segundo- no es la única fuente de referencia que podría haberse utilizado para efectos de formular el cargo en cuestión, habiéndose demostrado –al menos- la existencia de cinco estándares de referencia adicionales a nivel internacional, lo que justificaría el hecho de que la Guía FTA ni siquiera haya sido utilizada ni en este ni en los demás proyectos asociados a la extensión de las distintas líneas de Metro.

En todo caso, se hace presente que los resultados obtenidos en las mediciones adjuntas a esta presentación son igualmente indicativos de la efectividad de las medidas implementadas por Metro S.A. para el control de ruido inducido por vibraciones en la Línea 3, en el tramo entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco, y cuyo estado de ejecución fue detallado en la presentación efectuada el pasado octubre de 2023.

En efecto, ya en la presentación de octubre de 2023, se señaló que era posible constatar la efectividad de dichas medidas a partir de dos hechos: i) la disminución en el nivel de vibraciones, que fue acreditada en Informe acompañado en Anexo 8 en dicha ocasión, y ii) la disminución en la cantidad de reclamos asociados a vibraciones por parte de los **vecinos**, lo cual también fue acreditado con antecedentes acompañados en dicha presentación.

A estos dos antecedentes, se suman los resultados obtenidos en los monitoreos de 2023, antes mencionados, representativos de la disminución de los niveles de ruido por vibraciones en Línea 3.

Si se comparan los resultados obtenidos en 2023 con aquellos obtenidos en 2022 y que fueron considerados por la autoridad como antecedente para la formulación de cargos, es posible observar una baja notoria en los niveles de ruido inducido medidos en los puntos de control. Así, en el punto ubicado en calle San Lorenzo N° 29 se redujo de 43,2 a 38,5 dBA en horario diurno, mientras que se acredita una reducción de 42,9 a 36,4 dBA en horario nocturno. En la vivienda ubicada en Julio Montebruno N°25, se redujo de 36,6 dBA a 33,5 dBA, en horario diurno, mientras que la reducción en horario nocturno fue de 36,2 dBA a 33,1 dBA. Finalmente, las emisiones en calle Loreley N°17 disminuyeron de 43,8 dBA a 34,9 dBA en horario diurno, mientras que en horario nocturno, pasaron de 42,6 dBA a 34,8 dBA. Es decir, en todos los casos y en todos los horarios, se presenta una disminución notable en el nivel de decibeles medidos.

En consecuencia, tanto las medidas descritas en nuestra presentación de octubre de 2023 como los valores de los monitoreos de ruido inducido anteriormente expuestas reflejan el esfuerzo que ha realizado la compañía para mantener el control del ruido inducido por vibraciones en Línea 3. Asimismo, reflejan la efectividad de las acciones adoptadas para ello, toda vez que tanto los resultados de los monitoreos de ruido inducido efectuados, como la disminución en el nivel de vibraciones, ha disminuido notablemente con la implementación de estas acciones.

Por lo anterior, se solicita a Usted tener presente estos antecedentes y ponderarlos en la resolución del presente procedimiento, a fin de absolver a mi representada o en subsidio, aplicar la menor sanción que en derecho corresponda.

POR TANTO, se solicita a vuestra Superintendencia tener presente lo expuesto y tener por cumplida la diligencia probatoria efectuada en el Resuelto IV de la Res. Ex. N°3/Rol D-025-2023.

EN EL OTROSÍ: Solicito a Ud. tenga por acompañada a esta presentación la información que acredita lo informado en lo principal de este escrito, conforme al siguiente detalle y anexo digital:

Anexo 1. Informes elaborados por Contador y Campos Ingenieros Ltda respecto de mediciones de ruido inducido efectuadas durante el año 2023 en viviendas ubicadas entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco de la Línea 3:

- a) Evaluación de ruido inducido según FTA 0123:2018 – EPA, Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina.
- b) Evaluación de ruido inducido según FTA 0123:2018 – EPA, Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina.
- c) Evaluación de ruido inducido según FTA 0123:2018 – EPA, Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina.

Asimismo, en conformidad a lo indicado en el Resuelvo V de la Res. Ex. N°3/Rol D-025-2023, adjuntamos los referidos anexos en formato digital, pudiendo descargarse desde el siguiente enlace web:



Sin otro particular, se despide atentamente,

GONZALO RODRÍGUEZ BELMAR
Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A.

EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina

Preparado para:



Preparado por:



EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

**Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina
Santiago | Chile**

Número de Proyecto: 230428-1

Contador y Campos Ingenieros Ltda.

Acústica, Control de Ruidos y Ruido

Santiago, Chile



www.contadorycampos.cl

Revisión 0

15 de septiembre de 2023

Elaborado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

Aprobado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

1. Nombre del Proyecto	Evaluación de Ruido Inducido Según FTA 0123-2018 – EPA (2013) Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina	
2. Código del Documento	230428-1	
3. Título del Documento	Evaluación FTA 0123:2018 – EPA (2013)	
4. Empresa Mandante	Metro	
5. Responsable Mandante	Cristian Barria	
6. Empresa Desarrolladora Estudio	Contador y Campos Ingenieros Ltda. Acústica, Control de Ruidos y Vibraciones  www.contadorycampos.cl	
7. Fecha Actual Informe	15 de septiembre de 2023	
8. Revisión Actual Informe	0	
9. Responsable Elaboración	Edgar Céspedes S.	
10. Responsable Verificación	Francisco Gutiérrez A.	
11. Responsable Validación	Oscar Contador V.	
Control de Revisiones		
Revisión	Fecha	Comentarios
A	01/09/2023	Revisión para aprobación de cliente.
0	15/09/2023	Aprobado por cliente.

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	5
2	INTRODUCCION	6
3	OBJETIVO	7
4	ANTECEDENTES NORMATIVOS	7
4.1	FTA REPORT N°0123:2018.....	7
4.2	EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013).....	9
4.3	NORMATIVA COMPLEMENTARIA.....	10
5	ANTECEDENTES DE MEDICIÓN	12
5.1	PUNTO DE MEDICIÓN	12
5.2	EQUIPAMIENTO Y MONTAJE.....	15
6	METODOLOGÍA	18
6.1	VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN.....	20
7	MEDICIONES ACÚSTICAS.....	22
7.1	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS.....	22
7.2	RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA.....	25
7.3	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO.....	29
7.4	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO	42
8	EVALUACIÓN DE NORMATIVA.....	53
8.1	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.....	53
8.2	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.....	55
9	CONCLUSIÓN.....	57
10	REFERENCIAS	58
11	ANEXOS.....	59
11.1	Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA.....	59
11.2	Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis	66
11.3	Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE).....	69
12	EQUIPO DE TRABAJO	79

1 RESUMEN EJECUTIVO

El documento a continuación entrega los resultados obtenidos para la evaluación de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN), al interior de una edificación de acuerdo con la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

Los resultados analizados y presentados en este informe corresponden a los medidos en el receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, comuna de La Reina, cuyos registros al interior de la vivienda evaluada para el 1^{er} piso son comparados con los límites para residenciales de FTA 0123:2018 (límite más estricto) y los límites para residencias de la guía EPA Australiana.

El receptor se encuentra ubicado en el tramo perteneciente a Línea 3 de Metro S.A. comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, específicamente frente a la estación Fernando Castillo Velasco por el costado norte.

Se destaca que en horario diurno y nocturno no se presentaron circulaciones contaminadas por el ruido ambiente.

Debido a que la vibración y ruido inducido generados por la circulación de trenes no depende de la carga producto de la dependencia de la masa no suspendida del material rodante, es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno.

De esta manera todas las circulaciones de trenes en horario diurno cumplen con el límite máximo de ruido inducido para el tipo residencial definido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -1.5 dBA en la circulación de tren más alta. De igual manera todas las circulaciones de trenes en horario nocturno cumplen con el límite máximo de ruido inducido, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -1.9 dBA en la circulación de tren más alta.

Para la evaluación de ruido inducido en receptores del tipo residencial definida por la metodología estipulada en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013), de esta manera todas las circulaciones de trenes en horario diurno cumplen con el límite máximo, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -6.5 dBA en la circulación de tren más alta. De igual manera todas las circulaciones de trenes en horario nocturno cumplen con el límite máximo de ruido inducido, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -1.9 dBA en la circulación de tren más alta.

2 INTRODUCCION

El presente informe entrega los resultados obtenidos de la medición y evaluación de Ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) al interior de una edificación, de acuerdo con la metodología estipulada en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 "*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*" y con la guía EPA – South Australia (2013) "*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*", debido a la circulación de trenes asociados a la operación de Línea 3 de Metro S.A. de Santiago. Esta línea presenta 18 estaciones y se extiende por 22 km aproximadamente, abarcando las comunas de Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Ñuñoa y La Reina.

Los resultados presentados y analizados en este documento corresponden a una vivienda ubicada específicamente en Julio Montebruno N°25, comuna de La Reina, en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, correspondiente a una vivienda de 1 piso.

Se analizan los niveles de ruido inducido medido de manera continua en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LAmax) con respuesta lenta (slow) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "C" con respuesta lenta (slow).

De manera complementaria, debido al conocimiento de ruido ambiente en la ciudad de Santiago producto del tránsito vehicular, se realizan mediciones de vibraciones mecánicas para el análisis de la señal de velocidad mediante registro de tiempo historia para cada eje de medición, considerando los niveles registrados en el eje de mayor valor para estimar el nivel de ruido inducido en aquellos casos donde el ruido ambiente interfiere el correcto análisis de los descriptores mencionados anteriormente.

3 OBJETIVO

Evaluar los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) asociado a la circulación de trenes en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3, al interior del recinto ubicado en Julio Montebruno N°25, comuna de La Reina, contrastando los niveles registrados con los máximos permitidos según la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y con los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

4 ANTECEDENTES NORMATIVOS

4.1 FTA REPORT N°0123:2018

Este criterio normativo corresponde a la metodología recomendada por el Departamento de Transporte de Estados Unidos, a través del reporte de la Agencia Federal de Tránsito (FTA) publicado en septiembre de 2018, que considera la evaluación para período diurno (entre 07:00 hrs a 22:00 hrs) y período nocturno (entre 22:00 hrs y 07:00 hrs) de los niveles de ruido inducido (GBN) originados por la contribución exclusiva del tránsito ferroviario en el interior del recinto evaluado ubicado en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco.

Este criterio normativo no es claro en el descriptor, ni tampoco en el tipo de respuesta del instrumental (slow o fast) para cuantificar los niveles de presión sonora. De hecho, la tabla 5-1, página 110 de la FTA detalla que, “*Los niveles de sonido con ponderación A representan el ruido general en un receptor que se ajusta en frecuencia para aproximarse a la sensibilidad de la audición humana típica. Esta unidad se utiliza para caracterizar el ruido transmitido por el suelo.*”

Tabla 1. Métricas para Ground-borne Vibration y Ground-borne Noise.

Metric	Abbreviation	Definition
Vibration Decibels	VdB	The vibration velocity level in decibel scale.
Peak Particle Velocity	PPV	The peak signal value of an oscillating vibration velocity waveform. Usually expressed in inches/second in the United States.
Root Mean Square	rms	The square root of the arithmetic average of the squared amplitude of the signal.
A-weighted Sound Level	dBA	A-weighted sound levels represent the overall noise at a receiver that is adjusted in frequency to approximate typical human hearing sensitivity. This unit is used to characterize ground-borne noise.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-1, página 110.

El criterio de evaluación se basa en una comparación entre los niveles medidos y los niveles de referencia indicados como apenas perceptible y distintivamente perceptible establecidos en el capítulo 5 de la guía presentados en la tabla a continuación.

Tabla 2. Respuesta humana a los diferentes niveles de vibración y ruido inducido.

Vibration Velocity Level	Noise Level		Human Response
	Low Freq*	Mid Freq**	
65 VdB	25 dBA	40 dBA	Approximate threshold of perception for many humans. Low-frequency sound: usually inaudible. Mid-frequency sound: excessive for quiet sleeping areas.
75 VdB	35 dBA	50 dBA	Approximate dividing line between barely perceptible and distinctly perceptible. Many people find transit vibration at this level annoying. Low-frequency noise: tolerable for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive in most quiet occupied areas.
85 VdB	45 dBA	60 dBA	Vibration tolerable only if there are an infrequent number of events per day. Low-frequency noise: excessive for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive even for infrequent events for some activities.

*Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 30 Hz.
**Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 60 Hz.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-5, página 120.

El procedimiento establecido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 indica que el nivel de ruido inducido se estima aplicando la curva de ponderación A al espectro RMS 1 segundo de velocidad vibratoria en tercios de octava y sustrayendo 5 dB adicionales.

Ilustración 1. Metodología para estimar el nivel de ruido inducido a partir del espectro de velocidad.

xi The A-weighted level of ground-borne noise can be estimated by applying A-weighting to the vibration velocity spectrum and by subtracting an additional 5 dB for a room with average acoustical absorption. Since the A-weighting at 31.5 Hz is -39.4 dB, if the vibration spectrum peaks at 30 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 40 dB lower than the velocity level. If the vibration spectrum peaks at 60 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 25 dB lower than the velocity level.

Fuente: Manual FTA, pie de página, página 119.

Para la definición del límite normativo a considerar, se utiliza la categoría 2 en uso de suelo, aplicable a recintos residenciales y eventos frecuentes, cuyo límite es el más estricto para este tipo de edificaciones.

Tabla 3. Categorías según uso de suelo efectivo.

Land Use Category	GBV Impact Levels (VdB re 1 micro-inch /sec)			GBN Impact Levels (dBA re 20 micro Pascals)		
	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events
Category 1: Buildings where vibration would interfere with interior operations.	65 VdB*	65 VdB*	65 VdB*	N/A**	N/A**	N/A**
Category 2: Residences and buildings where people normally sleep.	72 VdB	75 VdB	80 VdB	35 dBA	38 dBA	43 dBA
Category 3: Institutional land uses with primarily daytime use.	75 VdB	78 VdB	83 VdB	40 dBA	43 dBA	48 dBA

* This criterion limit is based on levels that are acceptable for most moderately sensitive equipment such as optical microscopes. For equipment that is more sensitive, a Detailed Vibration Analysis must be performed.
** Vibration-sensitive equipment is generally not sensitive to ground-borne noise; however, the manufacturer's specifications should be reviewed for acoustic and vibration sensitivity.

Fuente: Manual FTA, tabla 6-3, página 126.

4.2 EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013)

Este criterio normativo corresponde a la guía “Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure, de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013)”, se presentan a continuación los límites normativos a considerar según el criterio de ruido inducido para receptores del tipo residencial establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA.

Tabla 4. Categorías según uso de suelo efectivo.

Landuse	Time period	Ground-borne noise criteria, dB(A)
Residential	Day, 7 am to 10 pm	40 L_{Amax} (slow)
	Night, 10 pm to 7 am	35 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – quiet areas	When in use	40 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – other areas	When in use	45 L_{Amax} (slow)
Hospitals – sleeping areas	When in use	35 L_{Amax} (slow)
Hospitals – other areas	When in use	40–45 L_{Amax} (slow)

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 2.2, tabla 3, página 10.¹

En esta guía, se entregan las directrices que describen los enfoques para minimizar y gestionar los impactos del ruido inducido y las vibraciones mecánicas de la actividad ferroviaria, incluido el proceso para evaluar los impactos potenciales y permitir una gestión ambiental adecuada.

En el capítulo 4.2 de la presente guía, se establece la metodología para la medición de ruido inducido, el descriptor a utilizar para su evaluación respecto de los valores obtenidos de una circulación de tren corresponde al Nivel de Presión Sonora Máximo con Ponderación “A” (L_{Amax}) y respuesta lenta (slow) como se indica en la siguiente ilustración:

4.2 Ground-borne rail noise measurement

Ground-borne rail noise levels at a site should only be measured where the level of ground-borne rail noise is higher than that of air-borne noise from the rail pass-bys.

To provide ground-borne noise measurements of appropriate accuracy:

- sound level meters are to be of at least Class 1 certification as defined by AS IEC–61672.1–2004
- meters or loggers must be calibrated on site immediately before and after any measurement period using a calibrator which is suitable for the class of the instrument and complies with AS IEC–60942–2004
- L_{Amax} levels should be measured using the ‘Slow’ response setting on the meter or logger.

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 4.2, página 20.

¹ https://www.epa.sa.gov.au/files/47789_guidelines_rail_noise.pdf

Esta misma guía menciona que la Norma ISO 14837-1 proporciona información complementaria sobre la medición del ruido transmitido por el suelo de las operaciones ferroviarias.

4.3 NORMATIVA COMPLEMENTARIA

Guía general ISO 14837-1 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices sobre las consideraciones esenciales asociadas con la cuantificación de los niveles de ruido transmitido por el suelo o GBN que aplica para este caso.

Uno de los puntos importantes, corresponde al espectro de interés para efectos de evaluación del GBN el cual establece el rango entre los 16 Hz a 250 Hz mencionado en el capítulo 5.3, página 9.

5.3 Perception of ground-borne noise (16 Hz to 250 Hz)

Ground-borne noise occurs when often imperceptible levels of ground-borne vibration give rise to vibration of building surfaces, and some contents that in turn cause an audible “rumbling” sound, usually by radiation to the air inside rooms. Ground-borne noise is more often associated with rail systems in tunnels, as distinct from railways at grade, because the receiving building is completely screened from any airborne noise in the tunnel. Ground-borne noise could, however, also be an issue for an at-grade situation in a room that is on the remote façade to the source.

En el capítulo 6.3, página 11, detalla que se debe cuantificar el ruido transmitido por el suelo utilizando el nivel máximo de presión acústica ponderado en A con una constante de tiempo “Slow”, abreviado como $L_{pASmáx}$ (abreviatura similar a L_{Amax}).

6.3 Perception of ground-borne noise

Ground-borne noise should be evaluated in the metric recommended by the relevant national standards and should be consistent with the form of the guide value to be adopted.

To assist in future standards development of rating values, ground-borne noise should also be quantified using the maximum A-weighted sound pressure level with a slow time constant, $L_{pASmáx}$ and the raw unweighted sound pressure time history should be preserved so that metrics such as event L_{pAeq} and the one-third-octave band linear spectrum of the event can be derived.

Guía general ISO/TS 14837-31 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices respecto de las mediciones en terreno, entregando una recomendación objetiva respecto de la discriminación de cuando un ruido es de baja frecuencia y por ende se asocia a ruido inducido (Ground-borne Noise) y no a ruido aéreo (airborne Noise).

En tabla 9 “*Requeriments on analysis, evaluation and reporting procedures*”, páginas 17 y 18 se indica:

The difference $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ should be calculated and reported (see Note 7)

NOTE 7 a difference of 15 dB between the average values $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ indicates low-frequency noise, characteristic of Ground-borne noise; conversely, a small difference may indicate the presence of airborne noise (see reference 23).

Lo cual se traduce que si la diferencia en los descriptores $L_{pCSmax} - L_{pASmax} \geq 15$ dB existe presencia de ruido de baja presencia asociado a ruido inducido.

5 ANTECEDENTES DE MEDICIÓN

5.1 PUNTO DE MEDICIÓN

El recinto evaluado se ubica en Julio Montebruno N°25, Comuna de La Reina, vivienda de 1 piso que se ubica a 32.6 m perpendiculares al eje de la vía aproximadamente en el PK 21+380 por el costado sur, en la intersección Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3.

La medición se realizó los días 27 y 28 de abril del año 2023, en el interior de la vivienda, específicamente en una sala de estudio y trabajo (tipo oficina), que contaba con mobiliario típico de este tipo de recinto.

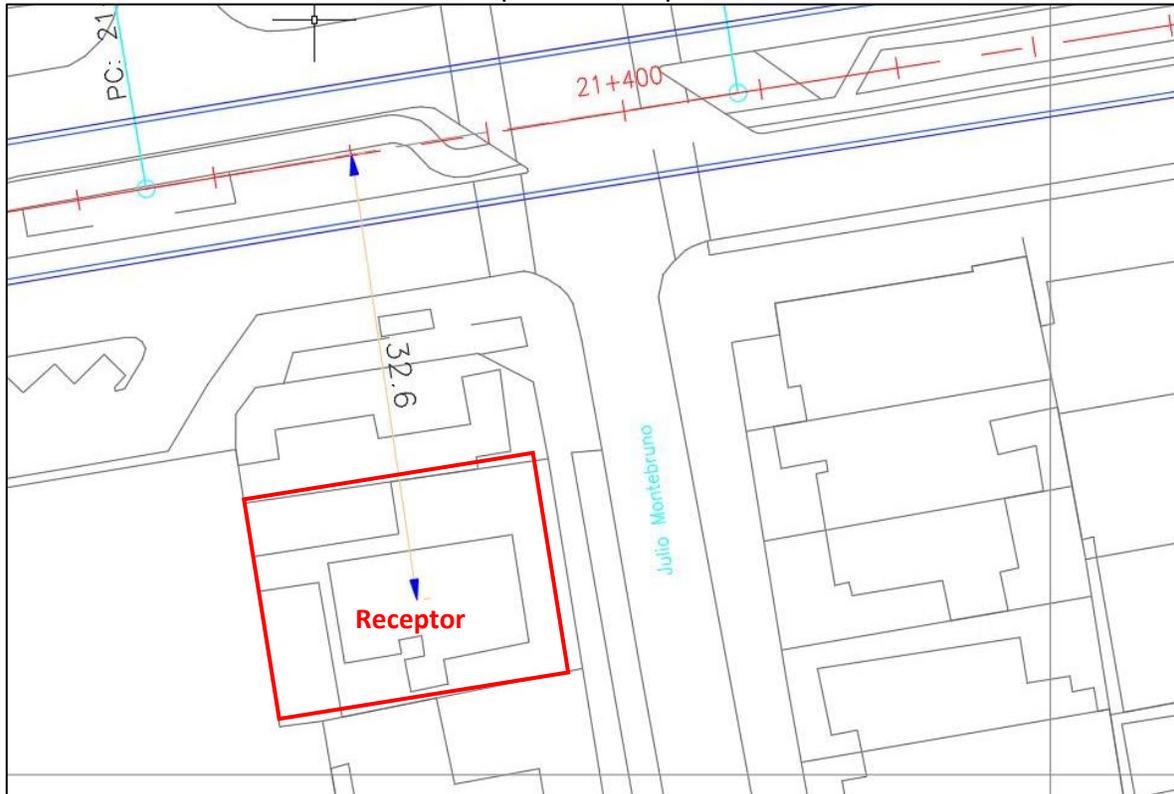
Cabe señalar que la zona del trazado de la vía frente a la cual se emplaza el recinto evaluado corresponde a una zona recta, y con sistema de soporte con sistema de mitigación de vibraciones del tipo -10 dB implementado.

Las siguientes ilustraciones muestran la ubicación del punto de medición.

Ilustración 2. Vista aérea intersección Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco (fuente de referencia: Google Earth).



Ilustración 3. Croquis de ubicación punto de medición.



Vista en planta y Frontis del recinto





Tabla 5. Descripción del punto de medición.

Punto de evaluación	Coordenadas U.T.M. Datum WGS84		Descripción	Pk del trazado L3
	E	N		
Julio Montebruno N°25 (1 ^{er} piso) Comuna de La Reina	354 968	6 297 439	Medición interior	21+380

5.2 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

Se realizó el montaje de equipamiento para la medición de ruido inducido y vibración mecánica, de acuerdo con los espacios disponibles en el recinto facilitado por los residentes, donde el instrumental utilizado es el siguiente:

- Sonómetro
1 sonómetro marca NTI Audio modelo XL2-TA, Clase 1.
1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
- Sensores
3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000mV/g de sensibilidad.
- 1 Sistema de adquisición vibraciones Embebido Compact Rio 9063
3 canales de adquisición con 1 unidad C-Module 9230.

Tabla 6. Características sistema Embebido Compact Rio 9063.

Input Characteristics	
Number of channels	3 analog input channels
ADC resolution	24 bits
Type of ADC	Delta-Sigma (with analog prefiltering)
Sampling mode	Simultaneous
Type of TEDS supported	IEEE 1451.4 TEDS Class I
TEDS capacitive drive	3000 pF
Internal master timebase (f_M)	
Frequency	13.1072 MHz
Accuracy	±100 ppm
Data rate range (f_s) using internal master timebase	
Minimum	0.985 kS/s
Maximum	12.8 kS/s
Data rate range (f_s) using external master timebase	
Minimum	0.977 kS/s
Maximum	12.84 kS/s

Para el presente estudio se consideró una medición continua de ruido inducido y vibraciones mecánicas de 24 hrs al interior del recinto, con logging cada 1 segundo en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LMax) con respuesta lenta (slow), y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” con respuesta lenta (slow), mediante sonómetro clase 1.

Ilustración 4. Montaje sonómetro.



Acorde a lo indicado en la metodología de medición utilizada, se considera una medición de vibración mecánica en la misma ubicación de sonómetro, cuantificando la velocidad vibratoria con referencia $1 \mu\text{in/s}$ con un registro del tipo tiempo historia de la señal sin ponderación para cada eje de medición durante 24 hrs, en caso de requerir estimar el ruido inducido según la metodología establecida en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018.

Los acelerómetros instalados al interior del recinto fueron fijados al piso flotante mediante imanes a un cubo de acero la que a su vez será adherida al piso mediante el uso de cera de abeja. Se considero la instalación de un peso de 32 kg cercano al punto de medición por el tipo de piso existente, el cual es complementado con los muebles existentes dada su cercanía, y que cumplieran una función similar asociada a representar de mejor manera la interacción suelo – humano.

La frecuencia natural del sistema se encuentra en un rango mayor a los 250 Hz tomando el eje vertical representativo para el resto de los ejes, se debe verificar que la resonancia natural horizontal no influya significativamente en la medición, por lo que si hay efectos se debe ubicar otro sector de apoyo de sensor. Según lo anterior la frecuencia natural del sistema se encuentra fuera del rango interés de mayor relevancia centrado principalmente en torno a los 63 Hz.

Ilustración 5. Montaje medición triaxial de velocidad de vibración.



Ilustración 6. Ubicación equipos al interior del recinto.



6 METODOLOGÍA

De acuerdo con el procedimiento establecido en el manual de la FTA 0123:2018, las mediciones consideran el registro solo al interior del recinto. De esta manera se registró un total de 25 circulaciones de trenes en horario diurno y 20 circulaciones en horario nocturno (medición pass-by), a la velocidad comercial existente actualmente en este tramo.

Se asocian estas circulaciones en los casos que es posible, a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil, los cuales se resumen en tabla a continuación.

Tabla 7. Horarios asociados a normativa y bloques horarios de operación Metro.

Horario FTA	Horario Circulación Metro	Observaciones
Diurno (07:00 a 22:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
Nocturno (22:00 a 07:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA (horario cierre y apertura normal)
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA

Metro de Santiago, facilitó los registros de circulación de trenes de los días 27 y 28 de abril del año 2023 en el tramo en cuestión, el cual se encuentra en Anexo 11.3 del presente informe.

Se analiza la presión sonora medida, considerando el descriptor Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" LAmax y respuesta lenta (slow), y el registro gráfico de la envolvente de cada circulación de tren.

Se analiza la señal de velocidad de vibración del eje de mayor nivel para aquellas circulaciones influenciadas por el ruido ambiente presente durante la medición, de acuerdo con la revisión de la envolvente y registro de audio respectivo, en bandas de tercios de octava en el rango de frecuencia de interés entre 16 Hz y 250 Hz.

Para la predicción del nivel de ruido inducido de acuerdo con los niveles de velocidad vibratoria, se considera la detección del segundo de máximo valor RMS de velocidad vibratoria integrado de 1 segundo con referencia 1 $\mu\text{in/s}$, para luego estimar el espectro en tercios de octava del nivel de ruido inducido en ponderación A. Este espectro corresponderá entonces a valores RMS de 1 segundo de acuerdo con la metodología establecida en la guía FTA 0123:2018.

Los niveles de ruido inducido serán contrastados con el límite residencial para uso de suelo categoría 2 y eventos frecuentes según FTA 0123:2018 y con los límites residenciales según capítulo 2.2 guía EPA Australiana, con el fin de verificar el cumplimiento normativo de la circulación de trenes en el punto de medición.

- Escenario de Peor Condición de Inmisión

Es importante destacar que la condición evaluada corresponde a la peor condición, dado que la vibración y ruido inducido generada por la circulación de trenes no depende de la carga de este sino de la masa no suspendida, por tanto es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno, destacando que la evaluación en horarios de bajo tráfico vehicular o bajo ruido aéreo genera que el ruido inducido por la circulación de trenes sea más notoria, lo que se condice con los reclamos que se reciben en esta materia, producto de la menor influencia y enmascaramiento del ruido ambiente.

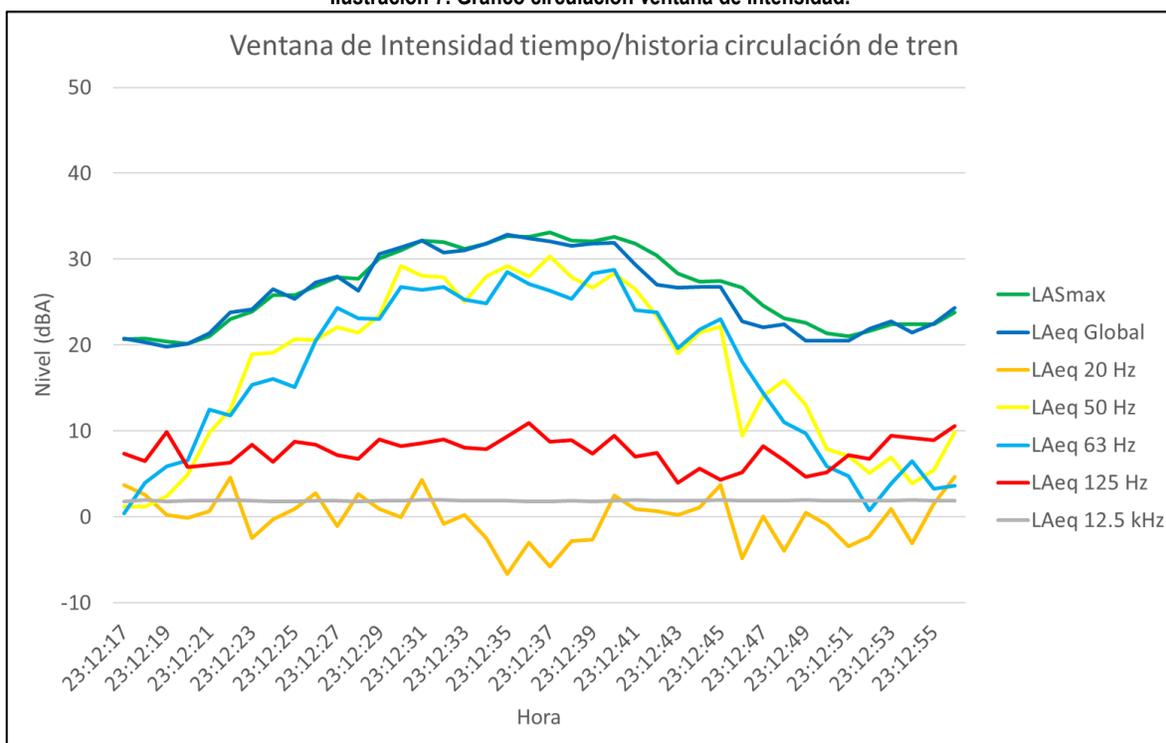
Además, se estima el nivel de ruido inducido para cada uno de los ejes de vibración (Este, Norte y Vertical), de los cuales se evalúa el eje con el nivel vibratorio más alto cuando es necesario utilizar la predicción indicada por FTA 0123:2018, lo anterior con objeto de representar todos los casos en que el eje vertical no es el predominante, lo que es factible que pueda ocurrir en un porcentaje menor de las evaluaciones, situándonos de esta manera en el escenario de peor condición de inmisión en este aspecto.

6.1 VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN

Con objeto de mejorar la identificación de la fuente, se aísla para cada banda de tercio de octava la señal tiempo historia y se verifica que la ventana de intensidad corresponda a la de una circulación de tren. En el caso de que cada ventana de intensidad no corresponda a una pasada de tren (ruido de fondo, ruidos ajenos o propios al interior del recinto), esta banda es descartada.

A continuación, se presenta la metodología para la obtención de la ventana de intensidad respecto de una circulación de tren al interior del recinto evaluada, que considera el espectro de frecuencia medido.

Ilustración 7. Gráfico circulación ventana de intensidad.

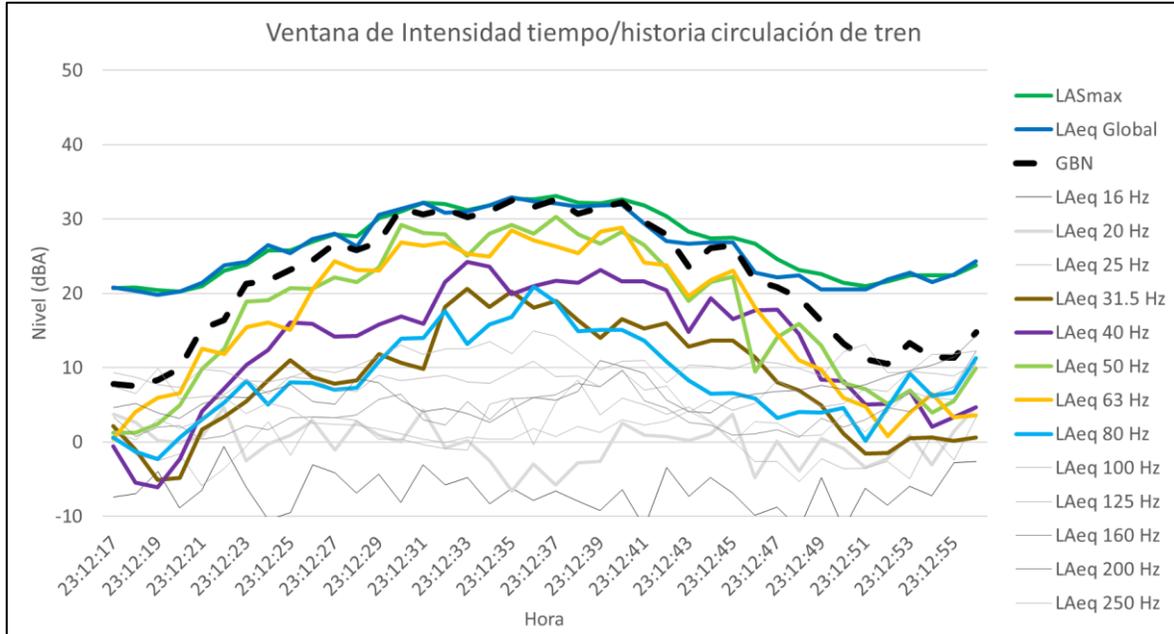


Con base a la identificación de la ventana de intensidad que corresponda al evento de ruido inducido ferroviario y no a las actividades propias al interior del recinto, se puede observar en la ilustración anterior, que las bandas de 20 Hz, 125 Hz y 12.5 kHz no contribuyen a la circulación de tren, no así las frecuencias de 50 Hz y 63 Hz que se asemejan al comportamiento del LASmax y LAeq Global propias de la medición en una circulación limpia.

Las bandas de tercios de octavas que son consideradas para la suma energética del nivel global son aquellas que tienen un comportamiento de ventana ferroviaria, y se seleccionan a partir de una inspección visual para cada circulación de tren.

De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación la misma circulación de tren analizada incluyendo el rango completo de tercios de octavas desde los 16 Hz hasta los 250 Hz como bandas de interés.

Ilustración 8. Gráfico circulación ventana de intensidad total de bandas de tercios de octavas GBN.



Según los criterios detallados anteriormente, se puede observar que las bandas de tercios de octavas que contribuyen en los niveles de ruido inducido producto de la circulación de tren medido al interior del receptor corresponden a las bandas entre los 31.5 Hz y 80 Hz. Este rango de frecuencia es propio de esta vivienda debido a la materialidad y geometría de la construcción. Por lo tanto, se presenta la curva del GBN (línea punteada en negro) correspondiente a la suma energética de las bandas mencionadas.

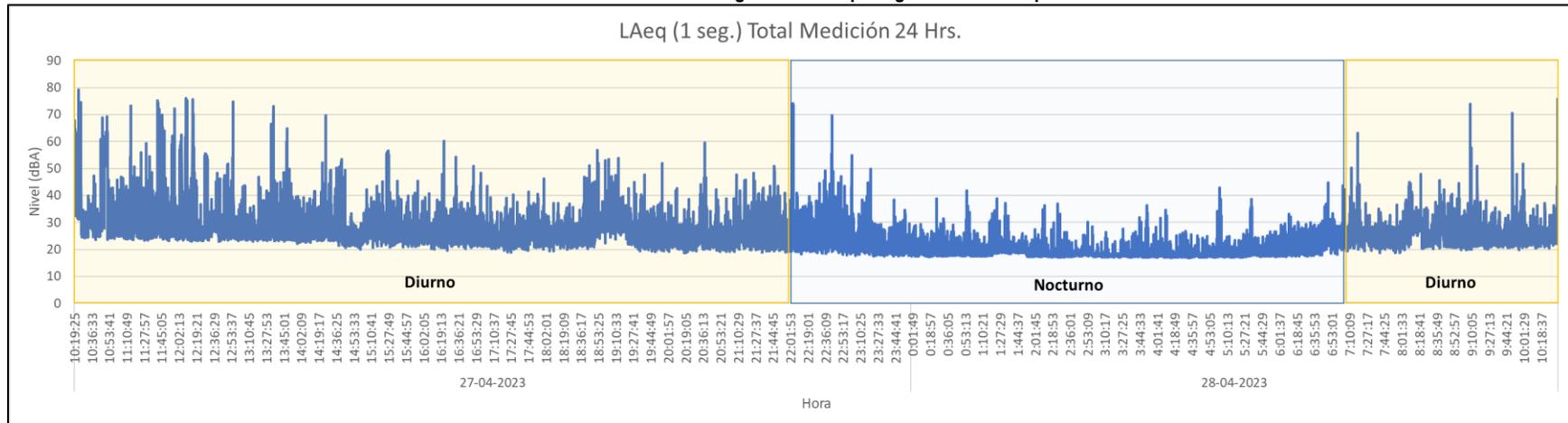
7 MEDICIONES ACÚSTICAS

7.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS

Se realizó una medición de 24 horas continuas al interior del recinto, en donde se identifican los periodos de menor ruido de fondo para analizar las circulaciones menos influenciadas por fuentes externas asociadas principalmente a ruido de tráfico y uso propio de los residentes de la edificación, dichos periodos fueron de desde las 15:45 hrs hasta las 17:40 hrs, desde las 20:50 hrs hasta las 21:55 hrs del 27 de abril y desde las 7:00 hrs hasta las 8:50 hrs del 28 de abril para el horario diurno; desde las 22:40 hasta las 23:40 hrs del 27 de abril y desde las 6:00 hrs hasta las 6:55 hrs del 28 de abril para el periodo Nocturno.

En el siguiente gráfico se presenta el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (LAeq 1 seg.) de la medición.

Ilustración 9. Gráfico niveles globales LAeq 1 seg. medición completa.



A continuación, se grafica por separado el nivel LAeq 1 seg. de los 2 períodos medidos equivalente a 24 horas, destacando con recuadro rojo el horario seleccionado para el análisis de circulación de trenes. El horario destacado se prefirió debido a la disminución del ruido de fondo y a la presencia de trenes en dichos horarios, de acuerdo con las circulaciones diarias entregadas por Metro de Santiago.

Ilustración 10. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 27 abril 2023.

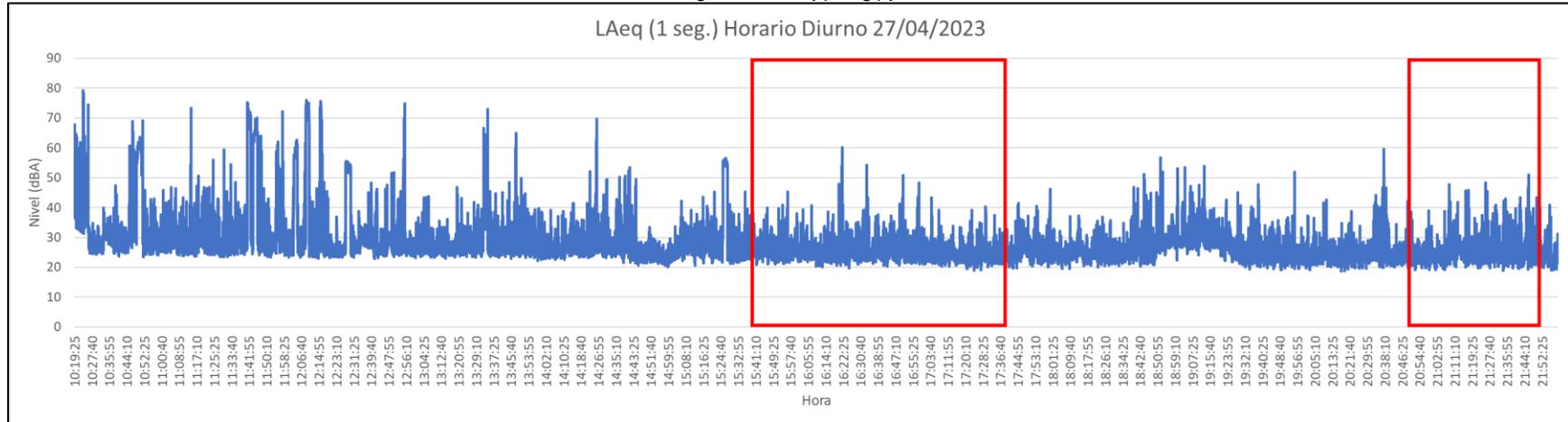


Ilustración 11. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo nocturno 27 al 28 abril 2023.

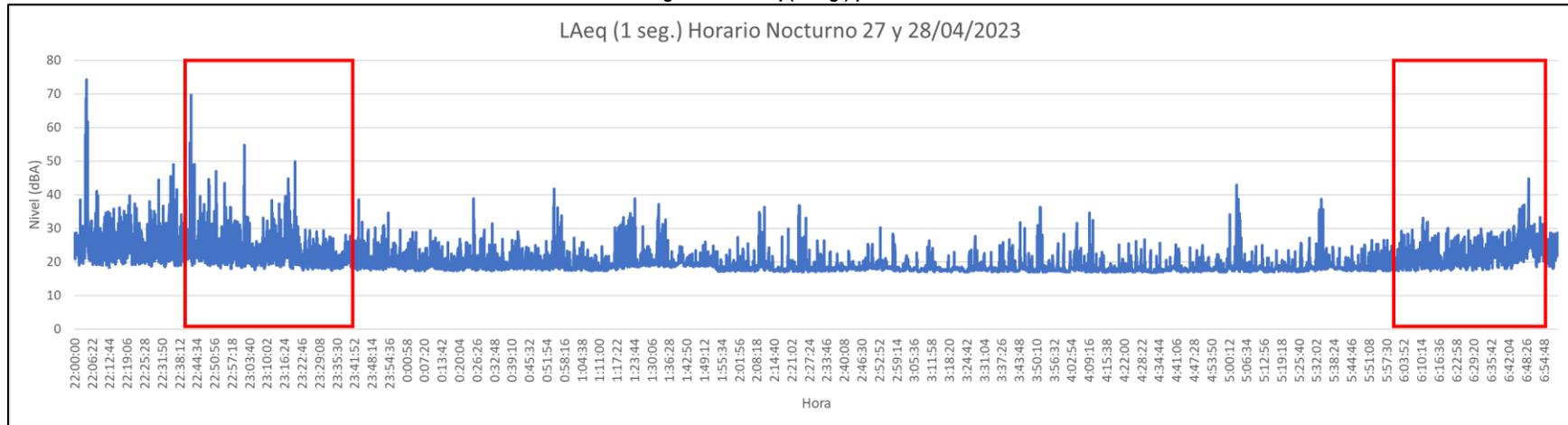
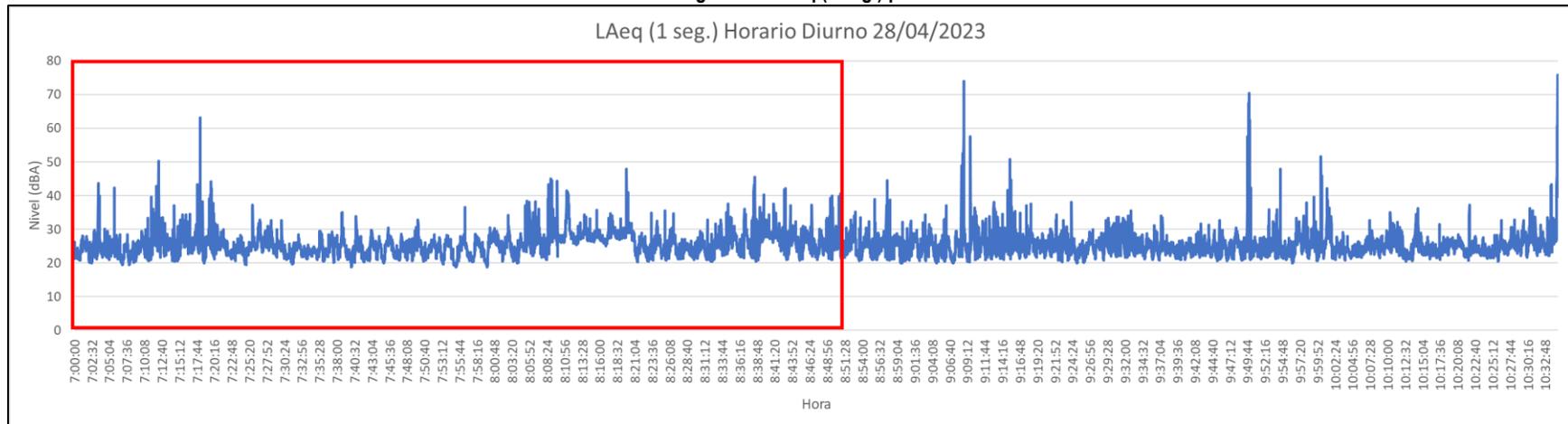


Ilustración 12. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 28 abril 2023.



7.2 RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA

A continuación, se presenta una tabla resumen de los niveles de ruido inducido medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período diurno, identificándose el número de circulación, la fecha y hora de dicha circulación, la vía por la cual circulo y el número de identificación del tren, los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LAmaz), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” (LCmax) ambos con respuesta lenta (slow), la diferencia entre estos descriptores, además si los niveles están influenciados por el ruido ambiente y el nivel aproximado de ruido ambiente antes y después de la circulación de tren identificada.

Cabe destacar que el nivel LAmaz (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. En caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA. Esta condición no se generó para las mediciones diurnas y nocturnas evaluadas.

Tabla 8. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Diurno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmaz (slow) (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmaz (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
1	27-04-2023	15:47:14	2	27	30.7	30.4	28.7	64.8	34.4	No	23.6 - 24.2
2	27-04-2023	15:56:36	1	5	26.9	28.3	26.4	61.1	32.8	No	25.2 - 21.6
3	27-04-2023	16:18:29	1	36	27.8	27.9	25.7	61.1	33.2	No	24.8 - 24.1
4	27-04-2023	16:46:52	2	32	26.9	28.1	26.6	63.0	34.9	No	23.4 - 22.8
5	27-04-2023	17:02:24	1	21	26.4	26.8	24.5	60.3	33.5	No	22.2 - 22.7
6	27-04-2023	17:10:47	1	31	27.7	28.3	27.4	60.9	32.6	No	23.5 - 26.4
7	27-04-2023	17:12:32	2	31	29.0	29.2	29.2	59.5	30.3	No	21.2 - 24.5
8	27-04-2023	17:19:42	1	23	27.5	27.3	26.1	59.4	32.1	No	25.1 - 24.3
9	27-04-2023	17:37:18	1	4	31.5	31.6	31.4	65.1	33.5	No	21.6 - 27.6
10	27-04-2023	17:39:07	2	4	31.3	32.3	31.3	61.7	29.4	No	22.3 - 22.5
11	27-04-2023	20:53:50	1	31	29.0	28.8	28.1	61.9	33.1	No	22.5 - 25.6
12	27-04-2023	20:55:38	2	31	27.7	27.7	26.6	57.2	29.5	No	21.3 - 21.1
13	27-04-2023	21:04:58	1	23	27.1	27.2	25.0	60.2	33.0	No	24.5 - 21.8
14	27-04-2023	21:28:23	2	41	31.5	31.2	30.5	61.3	30.1	No	25.8 - 26.7
15	27-04-2023	21:50:08	2	33	30.6	30.8	28.5	69.6	38.8	No	24.9 - 26.2
16	28-04-2023	7:00:54	1	39	25.9	27.6	27.0	59.6	32.0	No	25.8 - 25.4
17	28-04-2023	7:02:36	2	39	29.2	29.9	27.2	62.5	32.6	No	25.8 - 22.4
18	28-04-2023	7:26:28	1	4	32.8	32.6	32.3	61.6	29.0	No	25.1 - 24.5
19	28-04-2023	7:28:10	2	4	32.3	32.4	31.1	62.4	30.0	No	25.6 - 24.4
20	28-04-2023	7:35:11	1	35	29.5	29.7	28.9	60.5	30.8	No	22.9 - 26.1

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	LCmax (slow)	LCmax - LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
21	28-04-2023	7:36:56	2	35	29.3	28.9	27.8	61.4	32.5	No	23.6 - 20.9
22	28-04-2023	7:43:46	1	25	28.0	28.2	25.5	58.7	30.5	No	22.2 - 24.4
23	28-04-2023	7:52:29	1	21	25.9	27.4	25.4	60.2	32.8	No	24.2 - 20.7
24	28-04-2023	8:09:11	1	29	33.0	33.5	32.2	67.0	33.5	No	29.7 - 26.6
25	28-04-2023	8:45:23	2	27	30.6	30.1	29.1	60.9	30.8	No	23.5 - 26.6

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmax - LAmx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para la evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Asimismo, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los niveles de ruido inducido (GBN) medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período nocturno.

Similar al caso anterior, el nivel LAmx (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. Asimismo, en caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA.

Tabla 9. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Nocturno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmax (slow)	LCmax - LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
1	27-04-2023	22:44:54	2	41	32.3	31.4	30.2	60.5	29.1	No	22.8 - 20.8
2	27-04-2023	23:03:26	1	33	31.4	31.7	29.8	67.4	35.7	No	21.6 - 19.4
3	27-04-2023	23:09:56	1	29	32.2	32.3	32.7	63.1	30.8	No	25.6 - 26.4
4	27-04-2023	23:12:17	2	29	32.1	33.1	32.6	62.1	29.0	No	20.8 - 21.5
5	27-04-2023	23:21:04	2	32	30.3	30.1	28.4	59.0	28.9	No	20.7 - 21.4
6	27-04-2023	23:23:45	1	31	29.6	29.3	28.3	62.0	32.7	No	21.6 - 23.3
7	27-04-2023	23:25:22	2	31	26.0	28.8	28.9	59.7	30.9	No	20.6 - 19.3
8	27-04-2023	23:27:55	2	33	29.1	29.2	28.8	60.4	31.2	No	19.0 - 21.6
9	27-04-2023	23:39:17	1	23	26.0	26.2	24.7	57.3	31.1	No	21.9 - 21.2
10	28-04-2023	6:05:00	1	33	26.7	28.7	28.1	59.2	30.5	No	17.7 - 24.4
11	28-04-2023	6:06:36	2	33	28.2	29.4	30.2	60.8	31.4	No	20.9 - 20.2
12	28-04-2023	6:10:31	1	4	33.1	32.9	32.0	61.1	28.2	No	18.6 - 20.7
13	28-04-2023	6:12:06	2	4	32.0	32.0	31.9	61.2	29.2	No	20.2 - 18.5
14	28-04-2023	6:15:00	1	27	27.7	27.8	27.5	59.4	31.6	No	18.7 - 23.4
15	28-04-2023	6:19:05	2	27	28.5	28.5	28.3	58.7	30.2	No	19.1 - 20.7
16	28-04-2023	6:25:21	1	40	26.9	27.1	25.2	58.8	31.7	No	23.4 - 24.7
17	28-04-2023	6:35:18	1	30	29.1	28.4	27.0	63.6	35.2	No	23.7 - 21.1

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
18	28-04-2023	6:43:33	1	41	30.7	30.5	30.6	61.2	30.7	No	22.3 - 23.2
19	28-04-2023	6:52:08	1	31	28.1	29.2	27.7	61.2	32.0	No	18.9 - 24.3
20	28-04-2023	6:53:59	2	31	31.3	31.1	30.0	63.6	32.5	No	25.5 - 22.8

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmax – LAmx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Al igual que en horario diurno, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

Al momento de identificar una circulación de tren, se analiza gráficamente los descriptores medidos distinguiendo los niveles asociados a una circulación de tren de los niveles del ruido de fondo. De forma paralela se analiza auditivamente los audios de las circulaciones, diferenciando la contribución de una circulación de tren y la presencia de fuentes externas.

En la siguiente tabla se muestran las circulaciones de tren asociadas a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil. existiendo al menos 5 mediciones en cada bloque horario.

Tabla 10. Circulaciones asociadas a los bloques horarios de Metro de Santiago.

Periodo	Bloque Horario	N° circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	
Diurno	Bajo (20:45 - Cierre)	11	27-04-2023	20:53:50	1	31	
		12	27-04-2023	20:55:38	2	31	
		13	27-04-2023	21:04:58	1	23	
		14	27-04-2023	21:28:23	2	41	
		15	27-04-2023	21:50:08	2	33	
	Punta (07:00 - 09:00) (18:00 - 20:00)	16	28-04-2023	7:00:54	1	39	
		17	28-04-2023	7:02:36	2	39	
		18	28-04-2023	7:26:28	1	4	
		19	28-04-2023	7:28:10	2	4	
		20	28-04-2023	7:35:11	1	35	
		21	28-04-2023	7:36:56	2	35	
		22	28-04-2023	7:43:46	1	25	
		23	28-04-2023	7:52:29	1	21	
		24	28-04-2023	8:09:11	1	29	
		25	28-04-2023	8:45:23	2	27	
	Valle (09:00 - 18:00) (20:00 - 20:45)	1	27-04-2023	15:47:14	2	27	
		2	27-04-2023	15:56:36	1	5	
		3	27-04-2023	16:18:29	1	36	
		4	27-04-2023	16:46:52	2	32	
		5	27-04-2023	17:02:24	1	21	
		6	27-04-2023	17:10:47	1	31	
		7	27-04-2023	17:12:32	2	31	
		8	27-04-2023	17:19:42	1	23	
		9	27-04-2023	17:37:18	1	4	
		10	27-04-2023	17:39:07	2	4	
	Nocturno	Bajo (20:45 - Cierre) (06:00 - 07:00)	1	27-04-2023	22:44:54	2	41
			2	27-04-2023	23:03:26	1	33
			3	27-04-2023	23:09:56	1	29
			4	27-04-2023	23:12:17	2	29
			5	27-04-2023	23:21:04	2	32
6			27-04-2023	23:23:45	1	31	
7			27-04-2023	23:25:22	2	31	
8			27-04-2023	23:27:55	2	33	
9			27-04-2023	23:39:17	1	23	
10			28-04-2023	6:05:00	1	33	
11			28-04-2023	6:06:36	2	33	
12			28-04-2023	6:10:31	1	4	
13			28-04-2023	6:12:06	2	4	
14			28-04-2023	6:15:00	1	27	
15			28-04-2023	6:19:05	2	27	
16			28-04-2023	6:25:21	1	40	
17			28-04-2023	6:35:18	1	30	
18			28-04-2023	6:43:33	1	41	
19			28-04-2023	6:52:08	1	31	
20			28-04-2023	6:53:59	2	31	

7.3 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período diurno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 31.5 Hz a 80 Hz en línea punteada de color rojo.

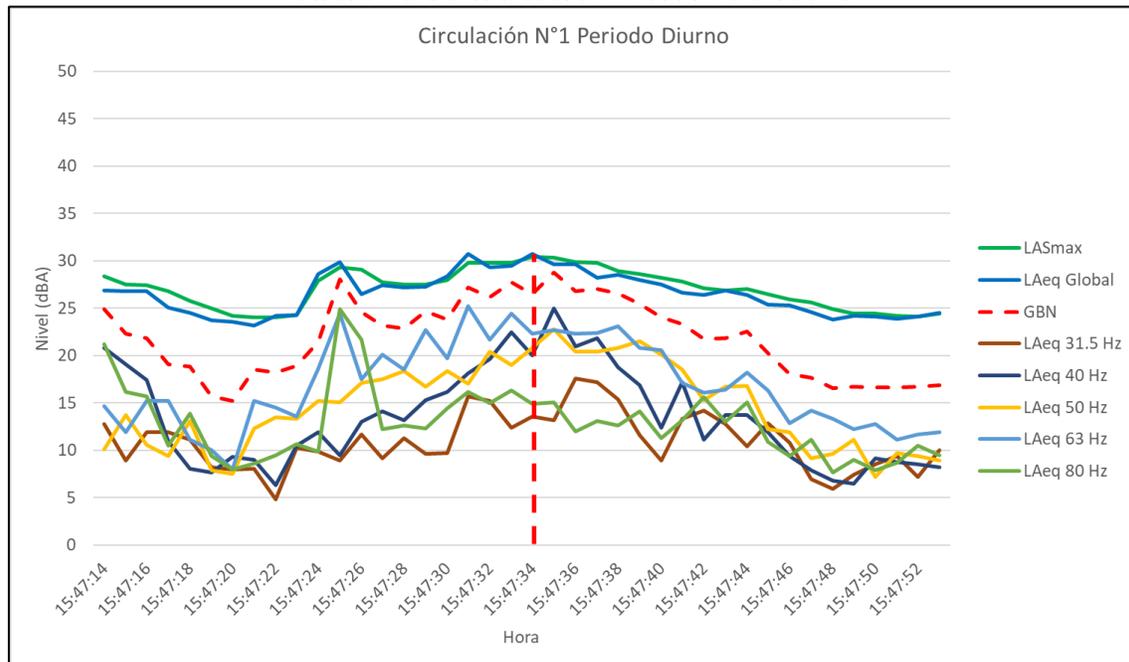
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 31.5 Hz a 80 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición diurno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular.

A continuación, se grafican las 25 circulaciones en horario diurno utilizadas para el estudio:

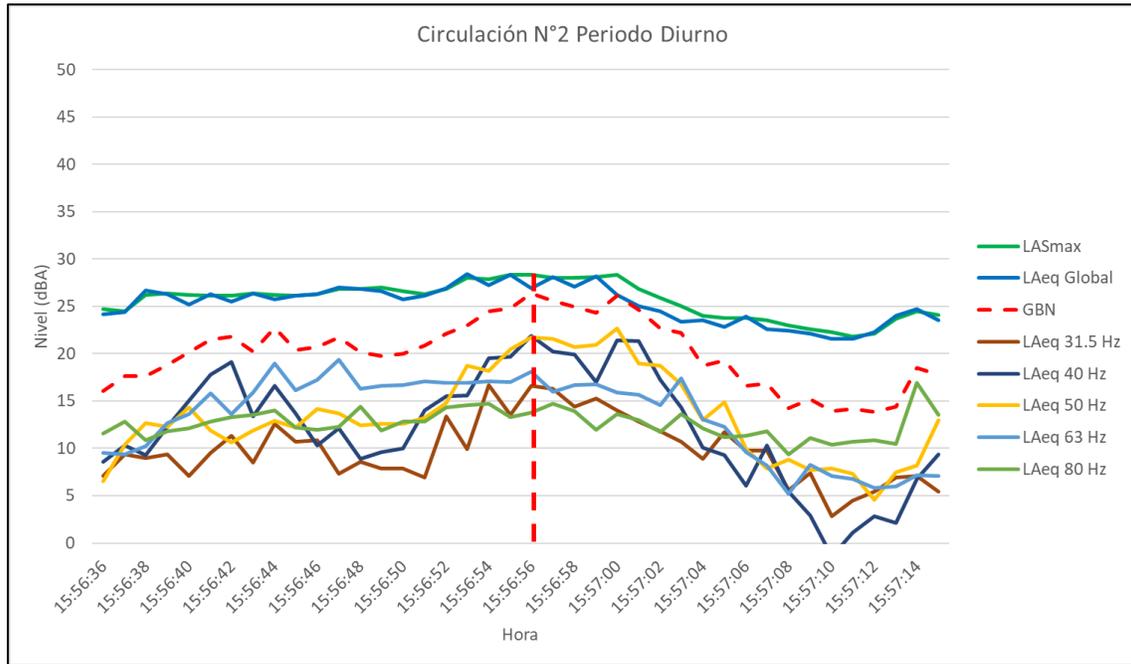
Circulación 1

Ilustración 13. Gráfico circulación N°1 de tren horario diurno.



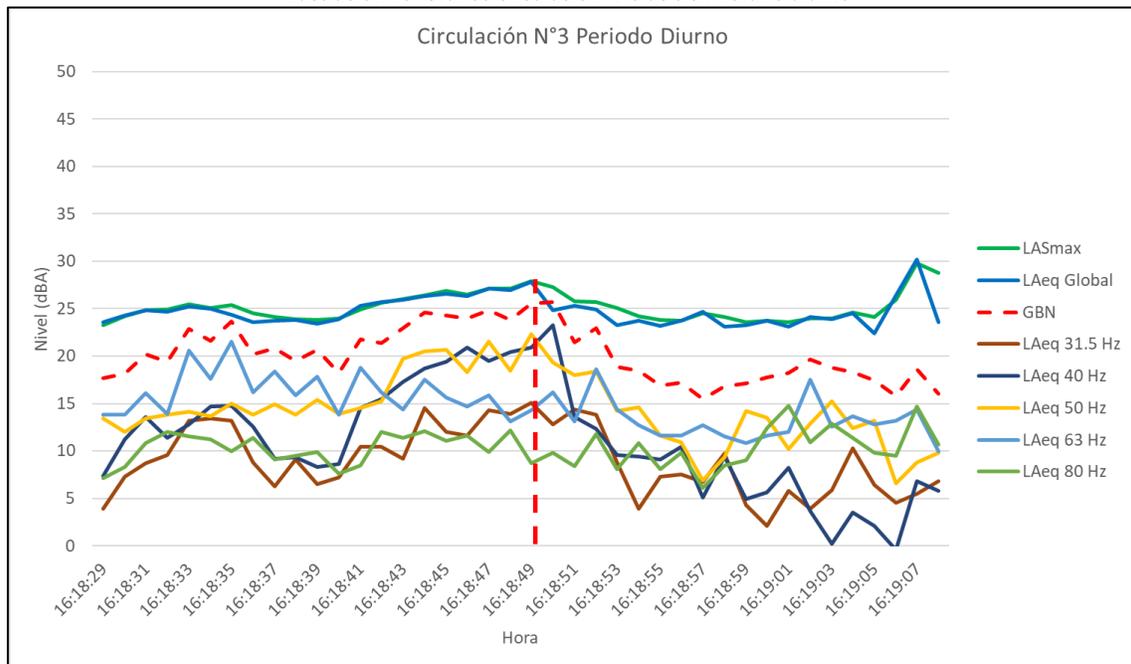
Circulación 2

Ilustración 14. Gráfico circulación N°2 de tren horario diurno.



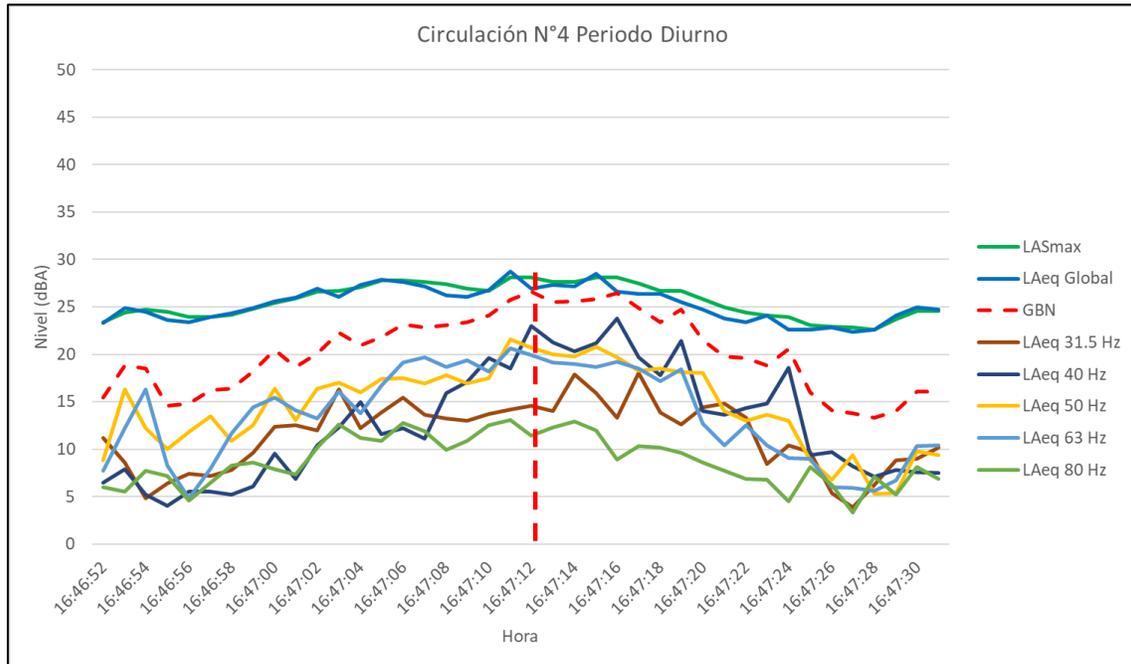
Circulación 3

Ilustración 15. Gráfico circulación N°3 de tren horario diurno.



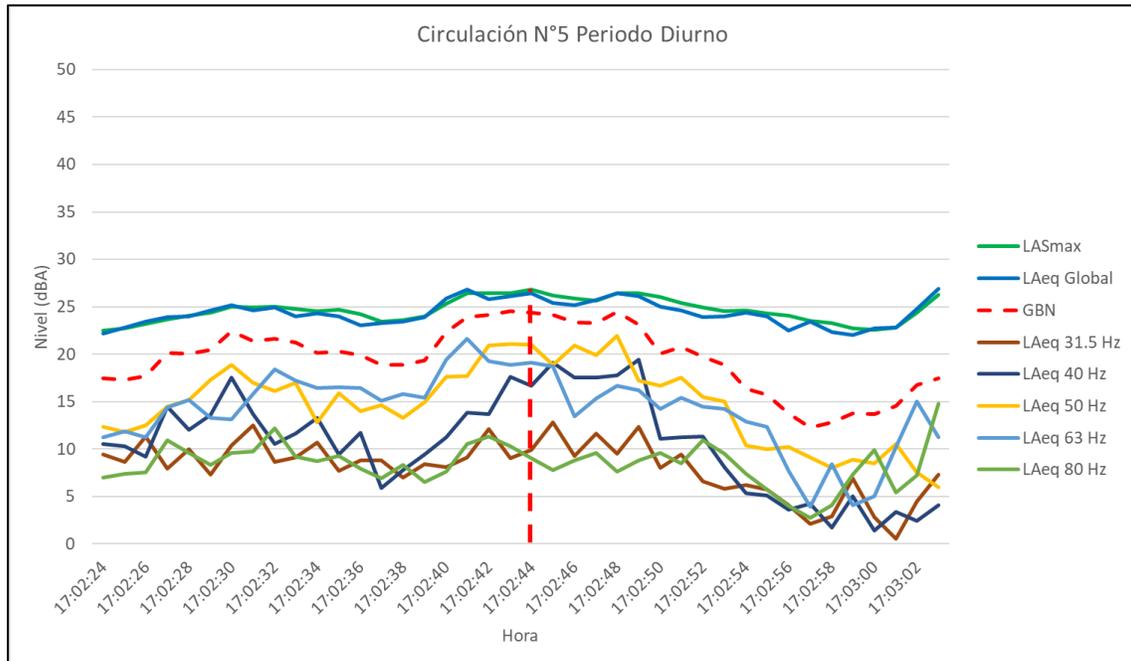
Circulación 4

Ilustración 16. Gráfico circulación N°4 de tren horario diurno.



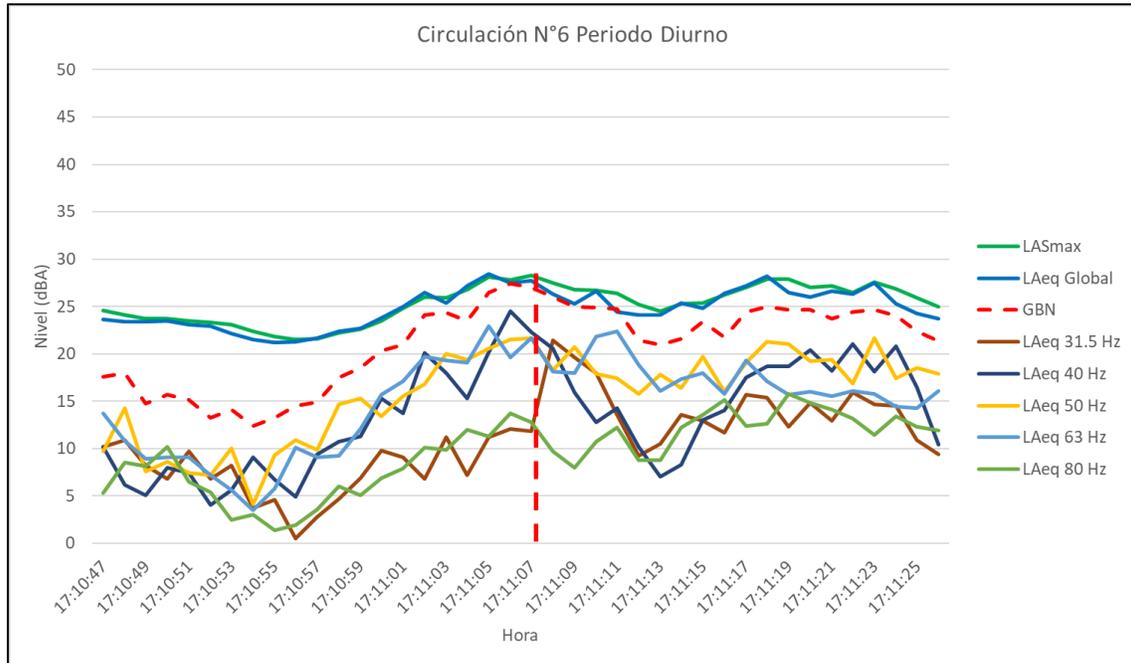
Circulación 5

Ilustración 17. Gráfico circulación N°5 de tren horario diurno.



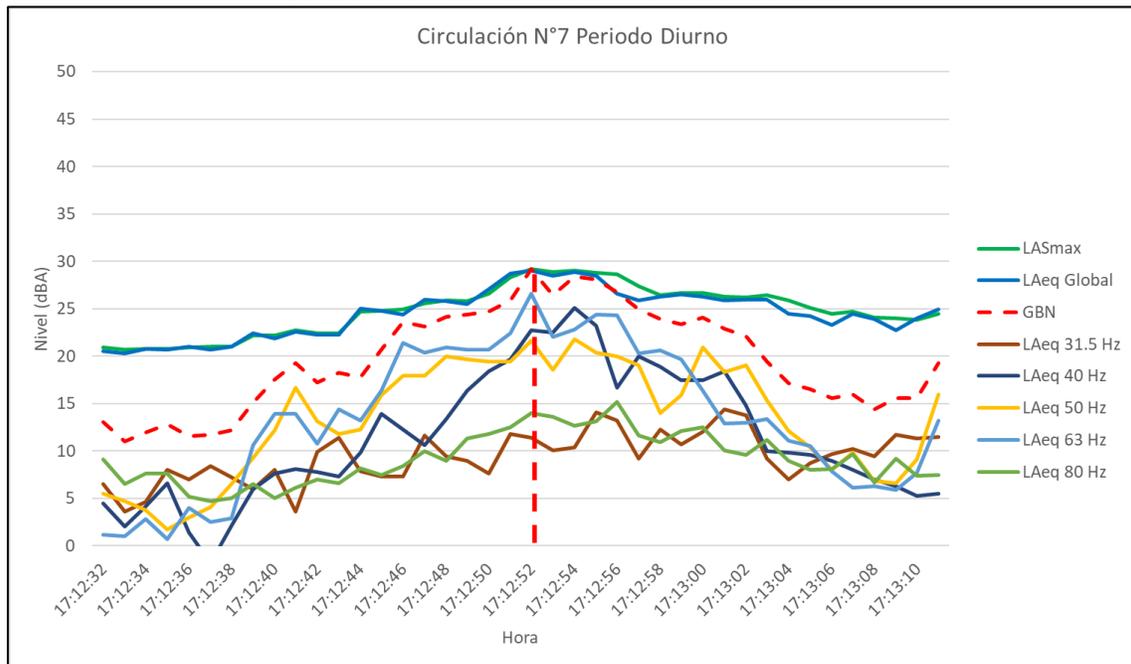
Circulación 6

Ilustración 18. Gráfico circulación N°6 de tren horario diurno.



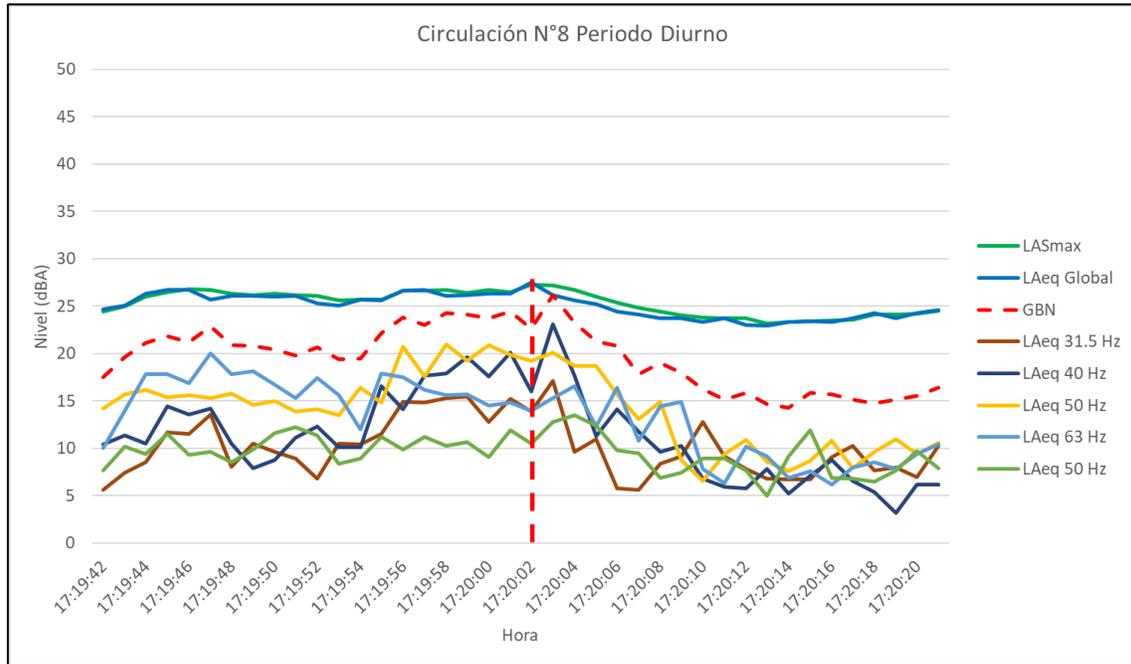
Circulación 7

Ilustración 19. Gráfico circulación N°7 de tren horario diurno.



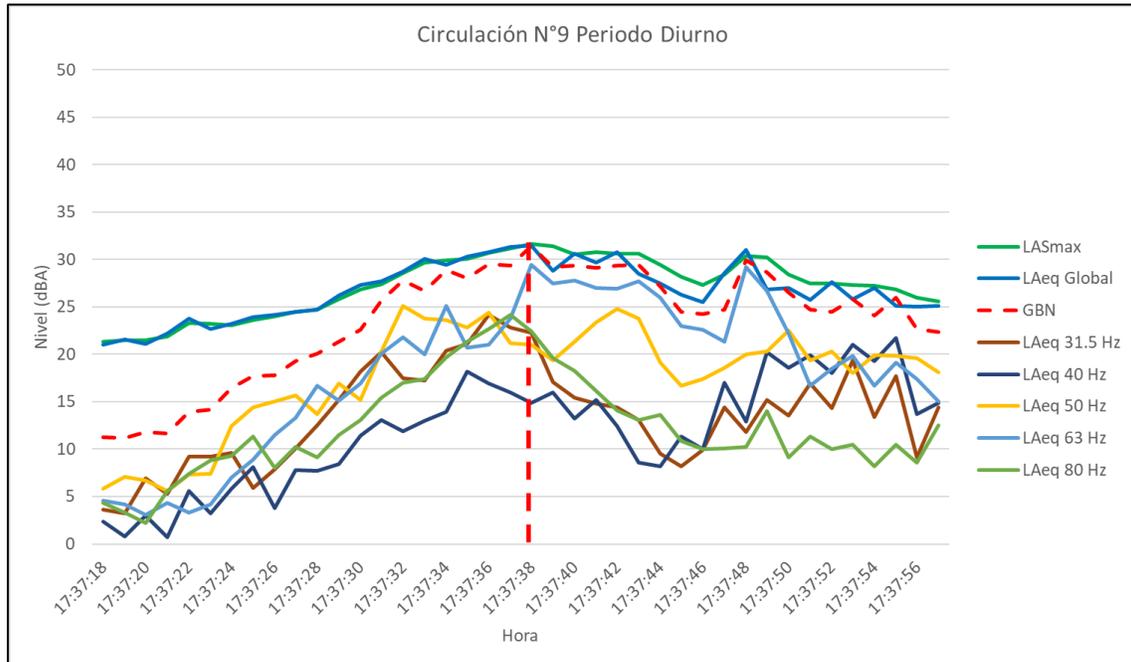
Circulación 8

Ilustración 20. Gráfico circulación N°8 de tren horario diurno.



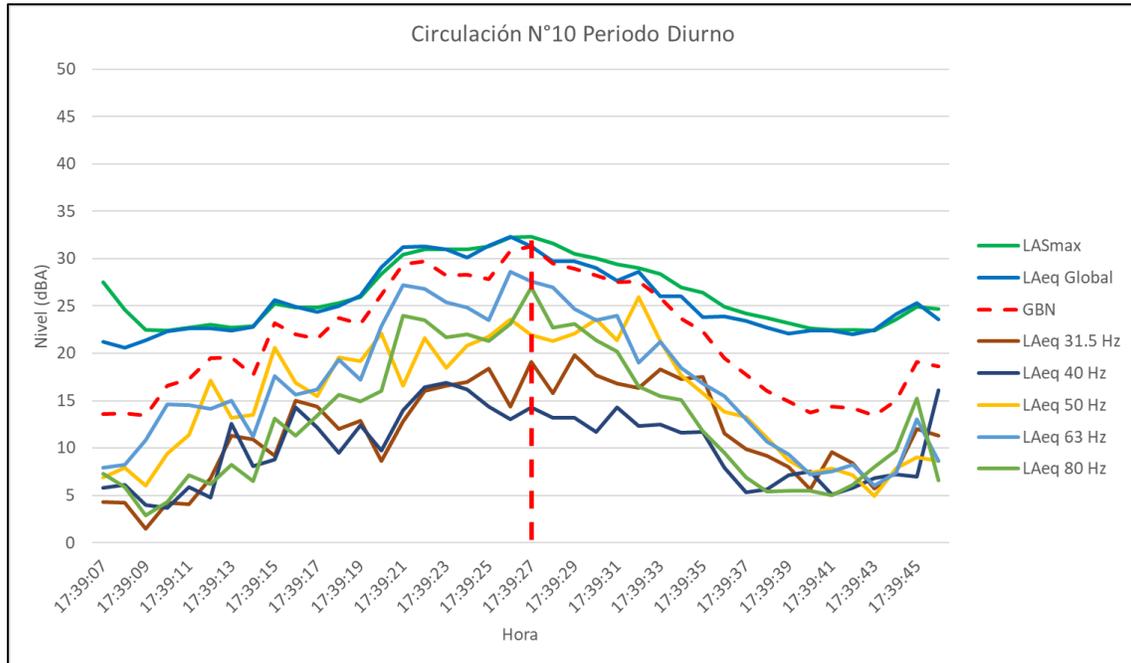
Circulación 9

Ilustración 21. Gráfico circulación N°9 de tren horario diurno.



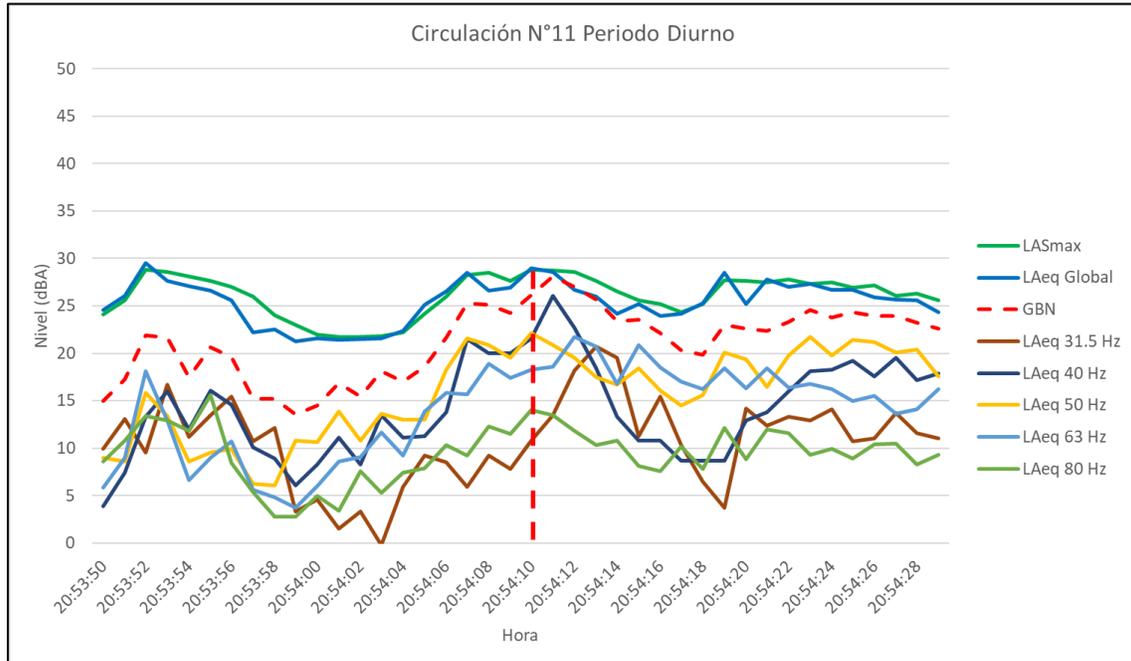
Circulación 10

Ilustración 22. Gráfico circulación N°10 de tren horario diurno.



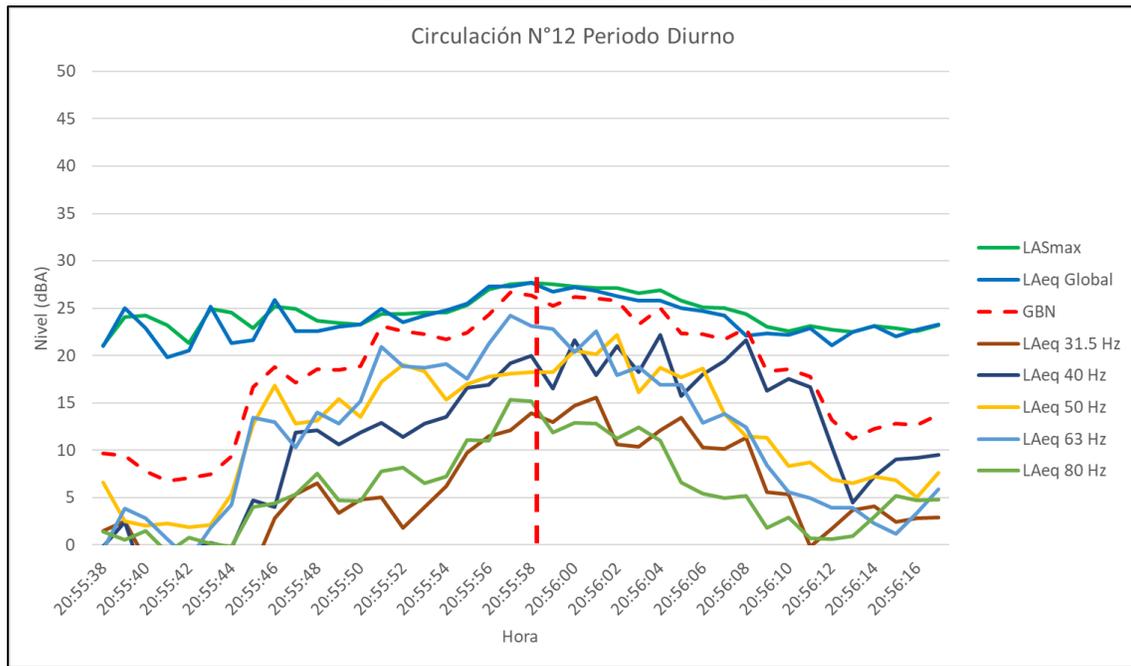
Circulación 11

Ilustración 23. Gráfico circulación N°11 de tren horario diurno.



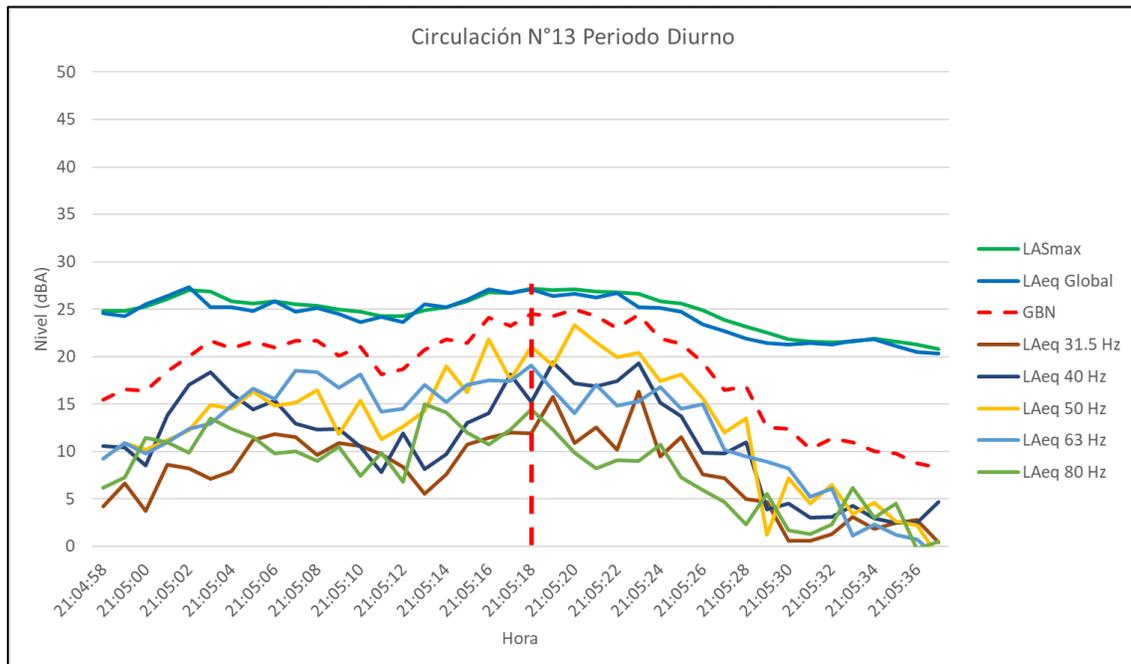
Circulación 12

Ilustración 24. Gráfico circulación N°12 de tren horario diurno.



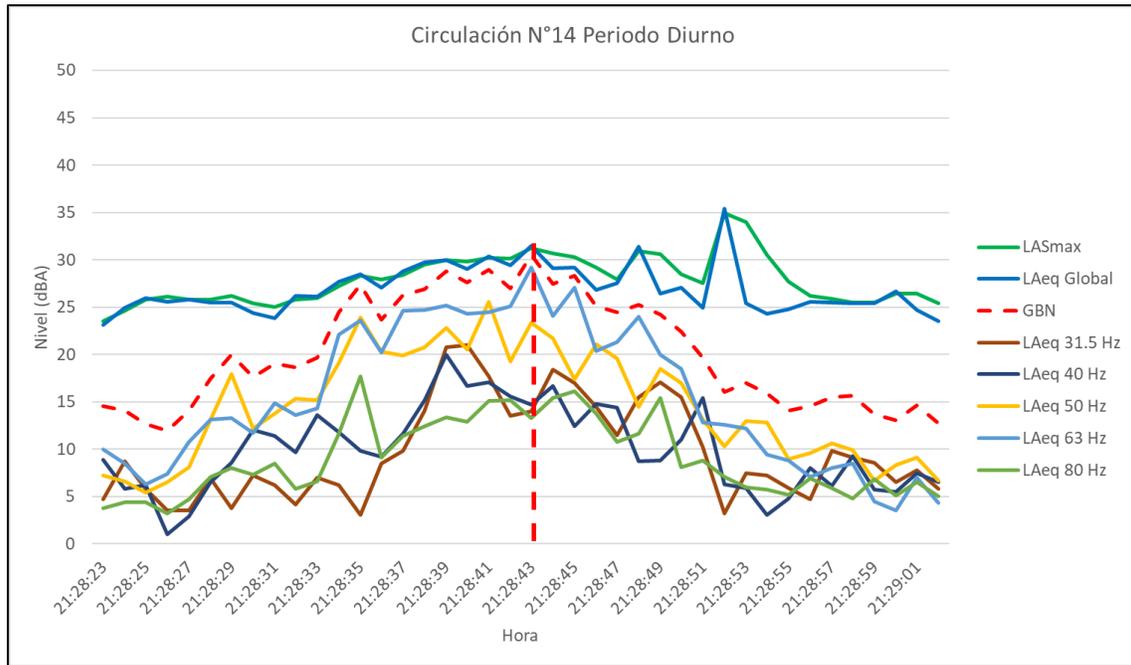
Circulación 13

Ilustración 25. Gráfico circulación N°13 de tren horario diurno.



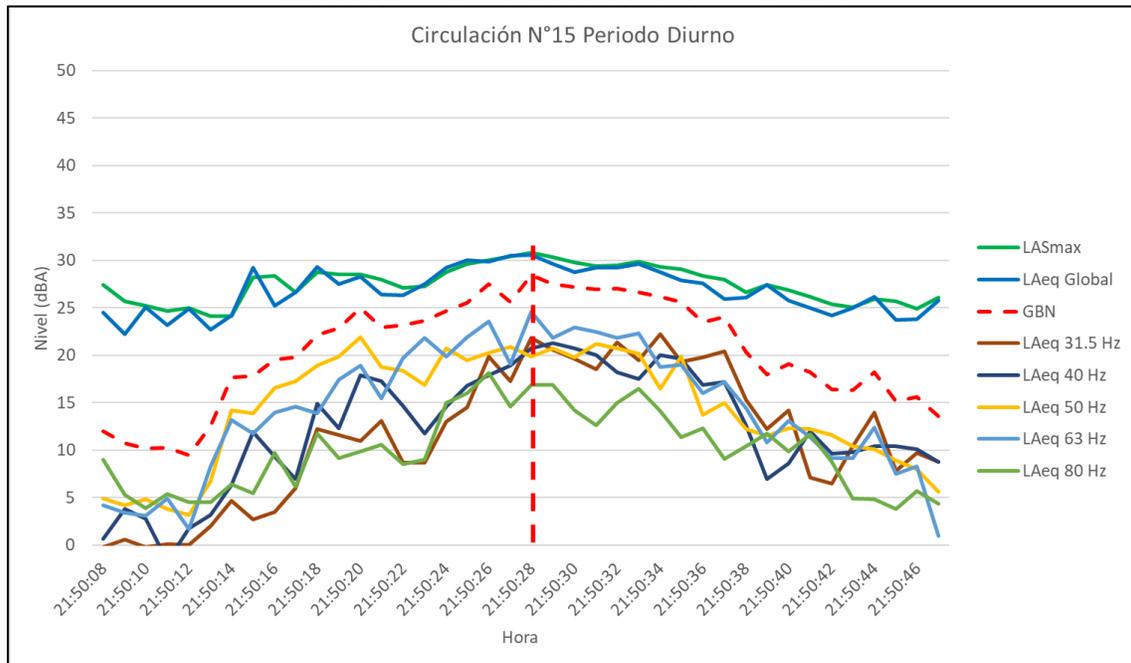
Circulación 14

Ilustración 26. Gráfico circulación N°14 de tren horario diurno.



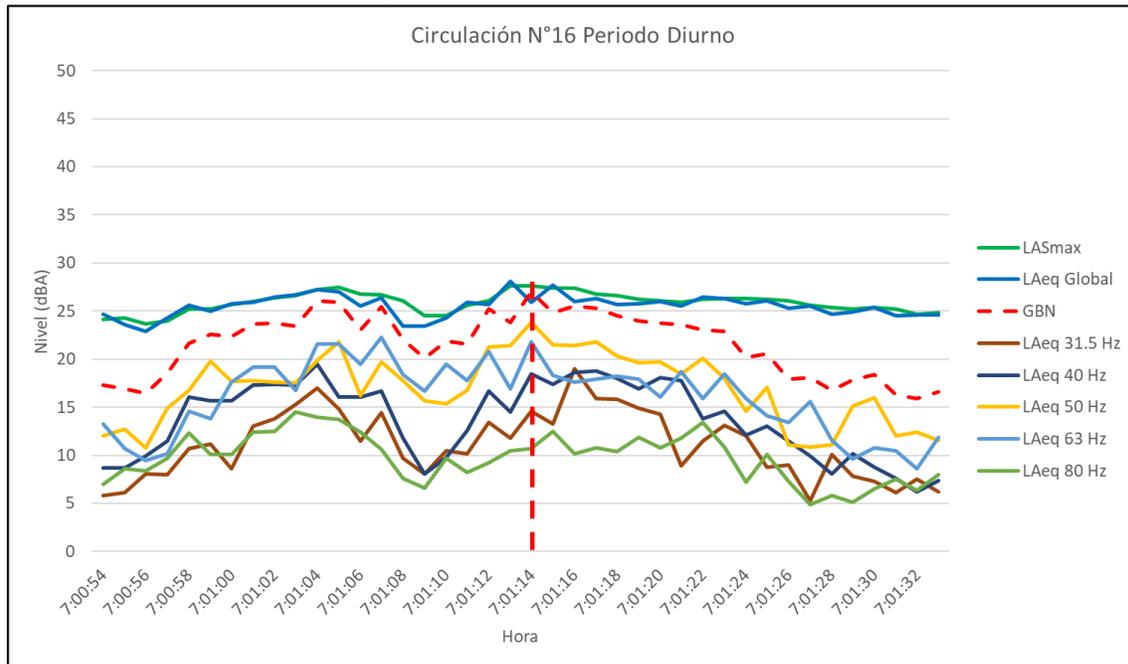
Circulación 15

Ilustración 27. Gráfico circulación N°15 de tren horario diurno.



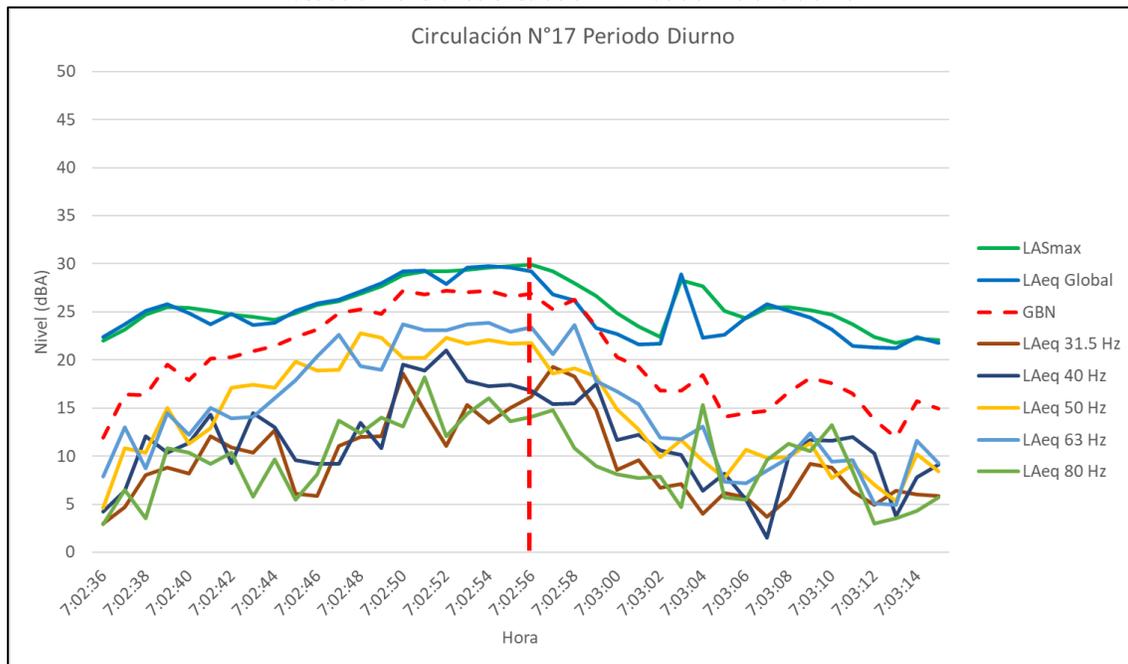
Circulación 16

Ilustración 28. Gráfico circulación N°16 de tren horario diurno.



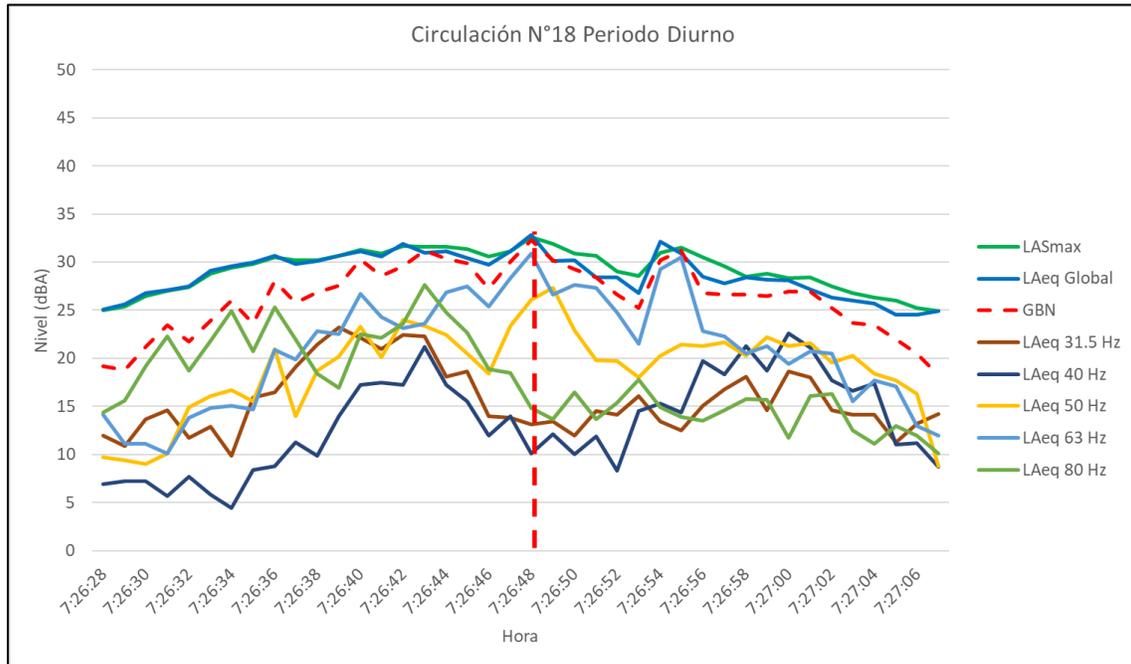
Circulación 17

Ilustración 29. Gráfico circulación N°17 de tren horario diurno.



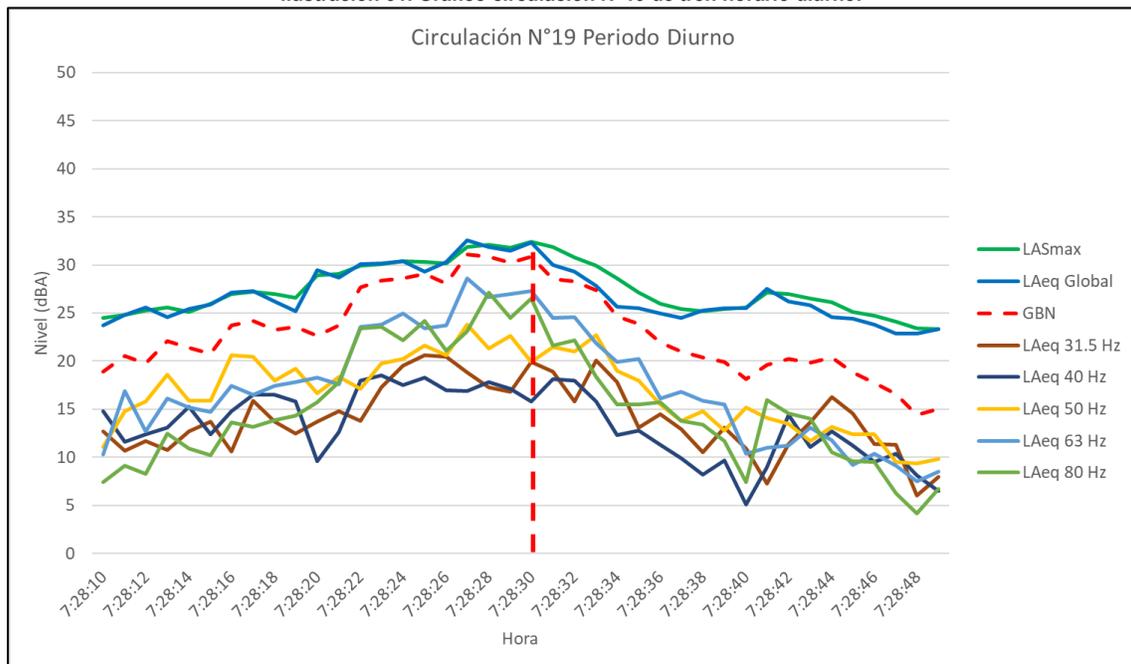
Circulación 18

Ilustración 30. Gráfico circulación N°18 de tren horario diurno.



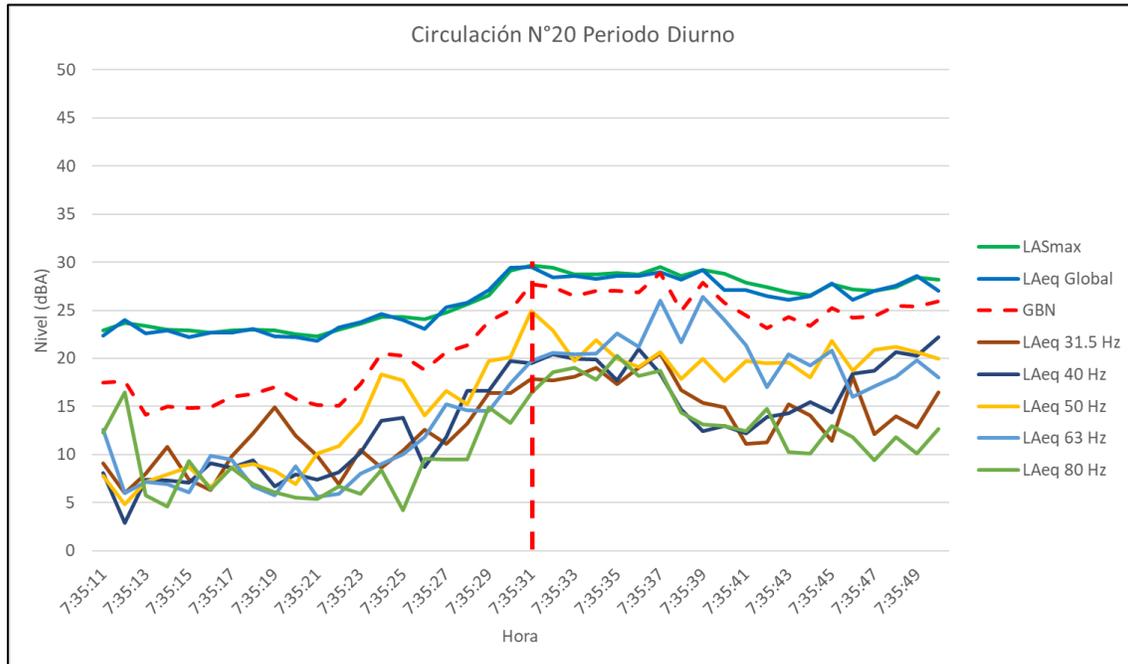
Circulación 19

Ilustración 31. Gráfico circulación N°19 de tren horario diurno.



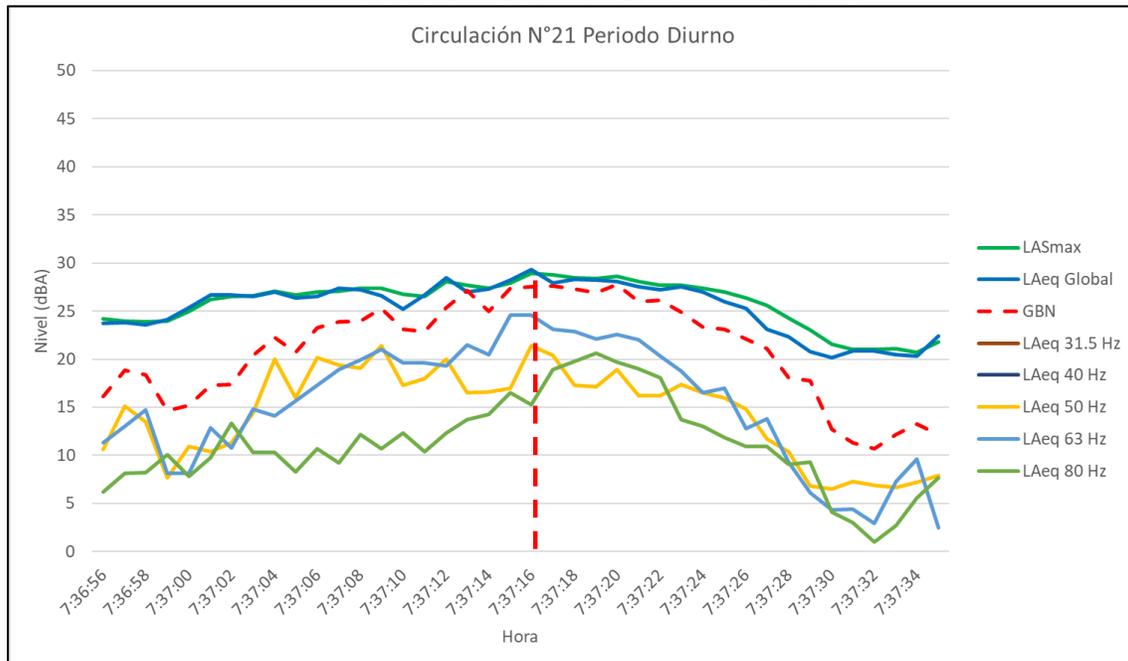
Circulación 20

Ilustración 32. Gráfico circulación N°20 de tren horario diurno.



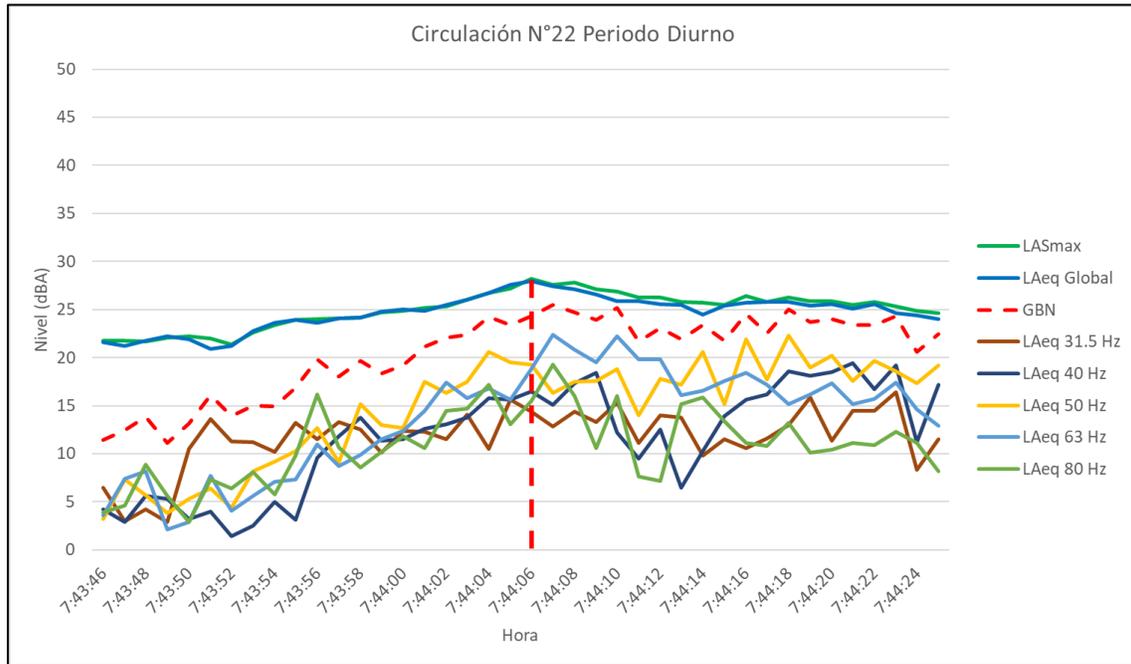
Circulación 21

Ilustración 33. Gráfico circulación N°21 de tren horario diurno.



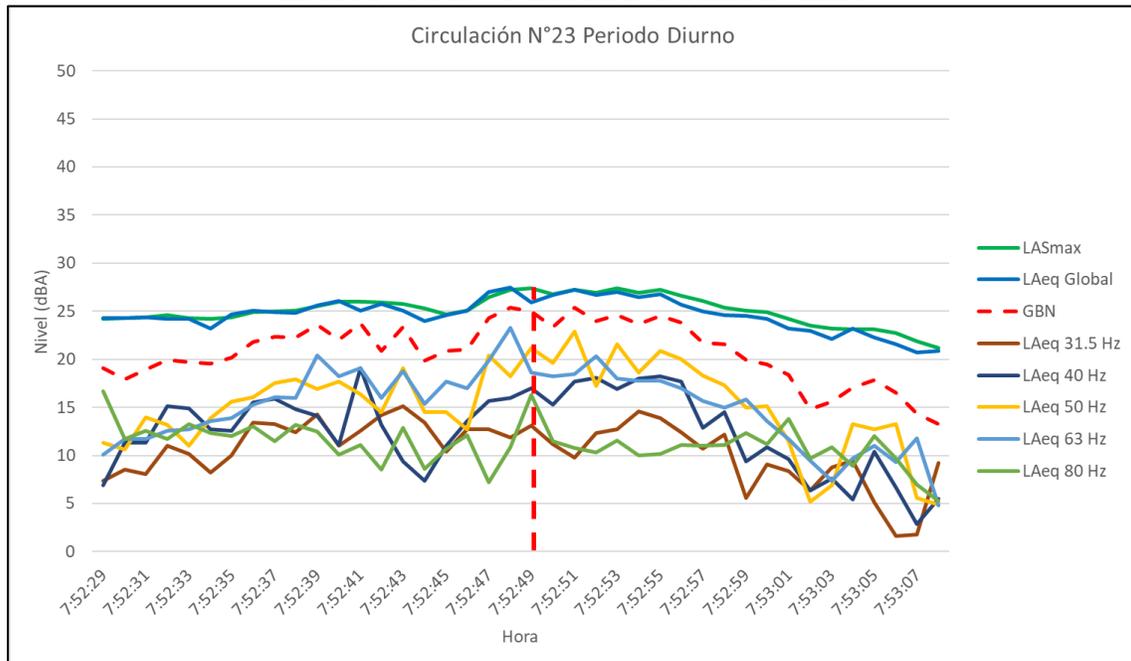
Circulación 22

Ilustración 34. Gráfico circulación N°22 de tren horario diurno.



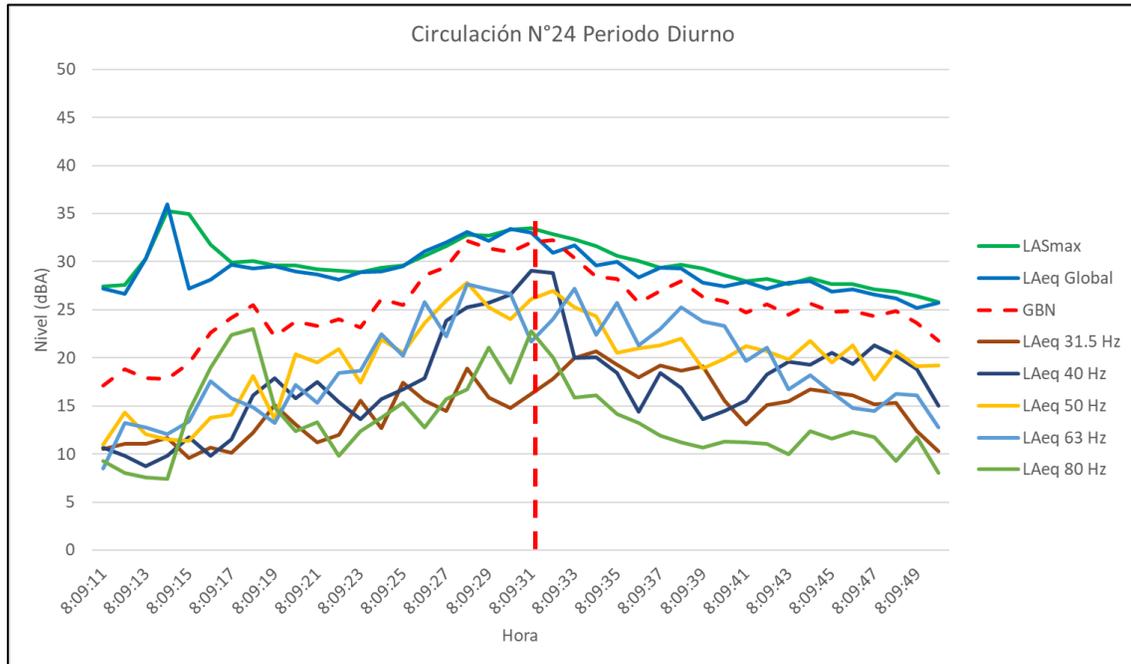
Circulación 23

Ilustración 35. Gráfico circulación N°23 de tren horario diurno.



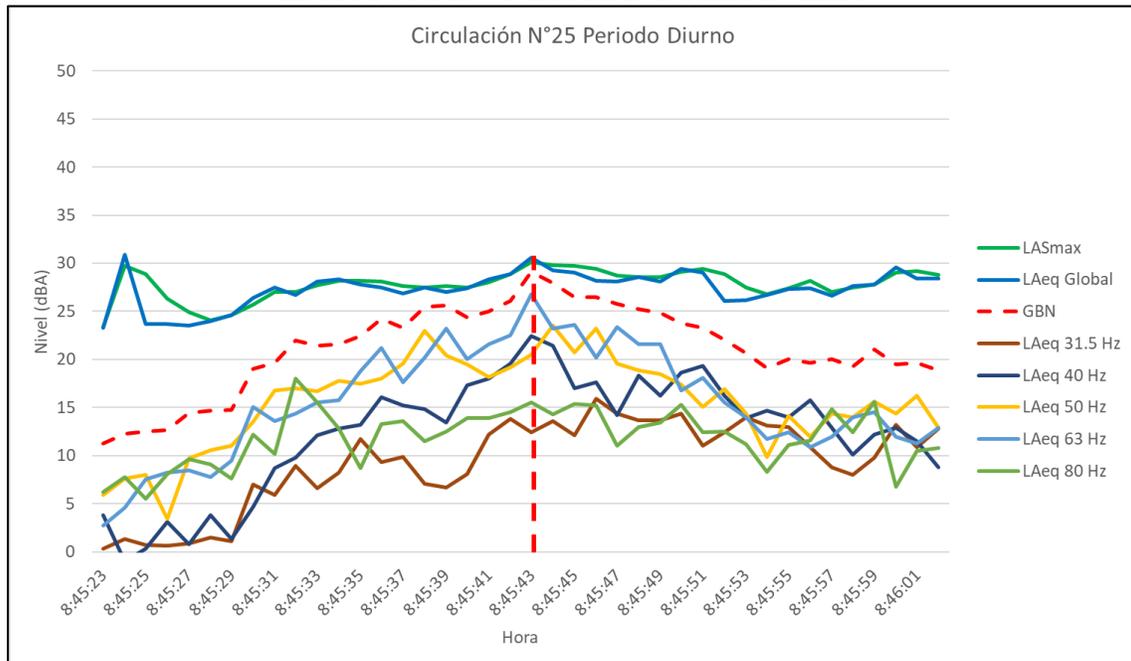
Circulación 24

Ilustración 36. Gráfico circulación N°24 de tren horario diurno.



Circulación 25

Ilustración 37. Gráfico circulación N°25 de tren horario diurno.



7.4 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período nocturno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 31.5 Hz a 80 Hz en línea punteada de color rojo.

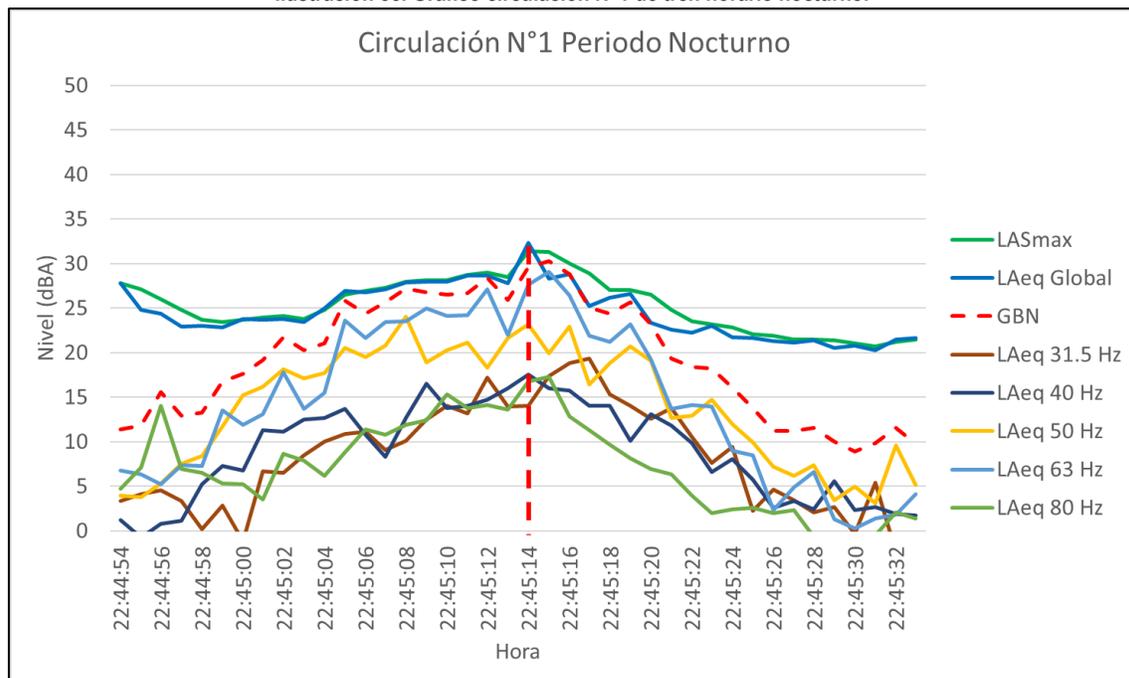
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 31.5 Hz a 80 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición nocturno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular y actividades domésticas.

A continuación, se grafican las 20 circulaciones en horario nocturno utilizadas para el estudio:

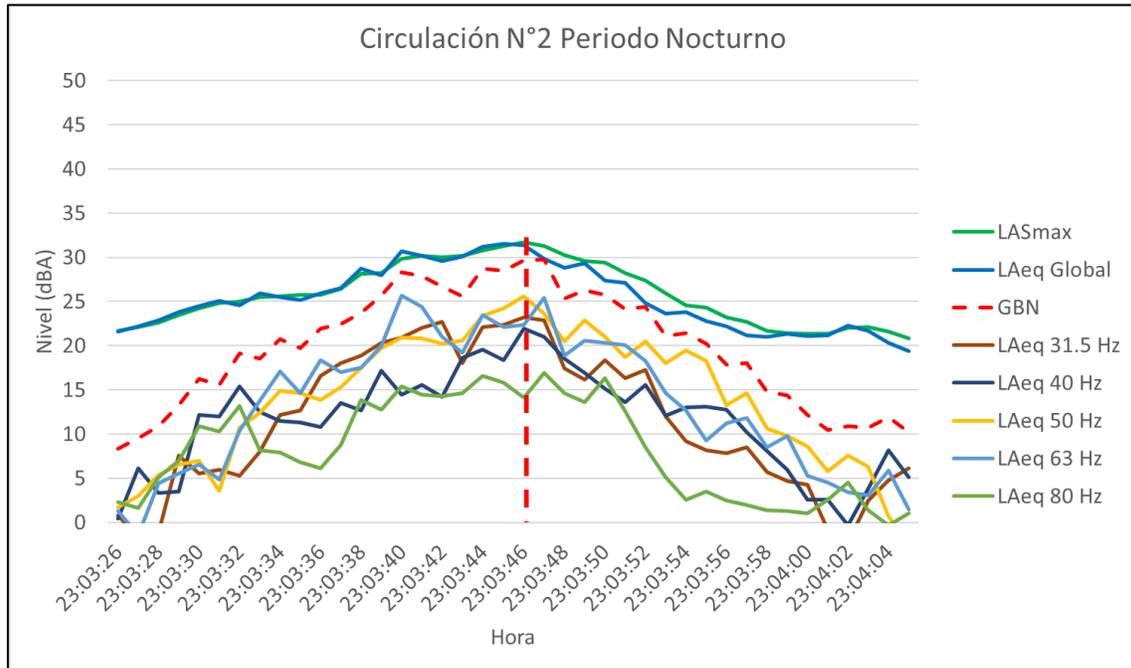
Circulación 1

Ilustración 38. Gráfico circulación N°1 de tren horario nocturno.



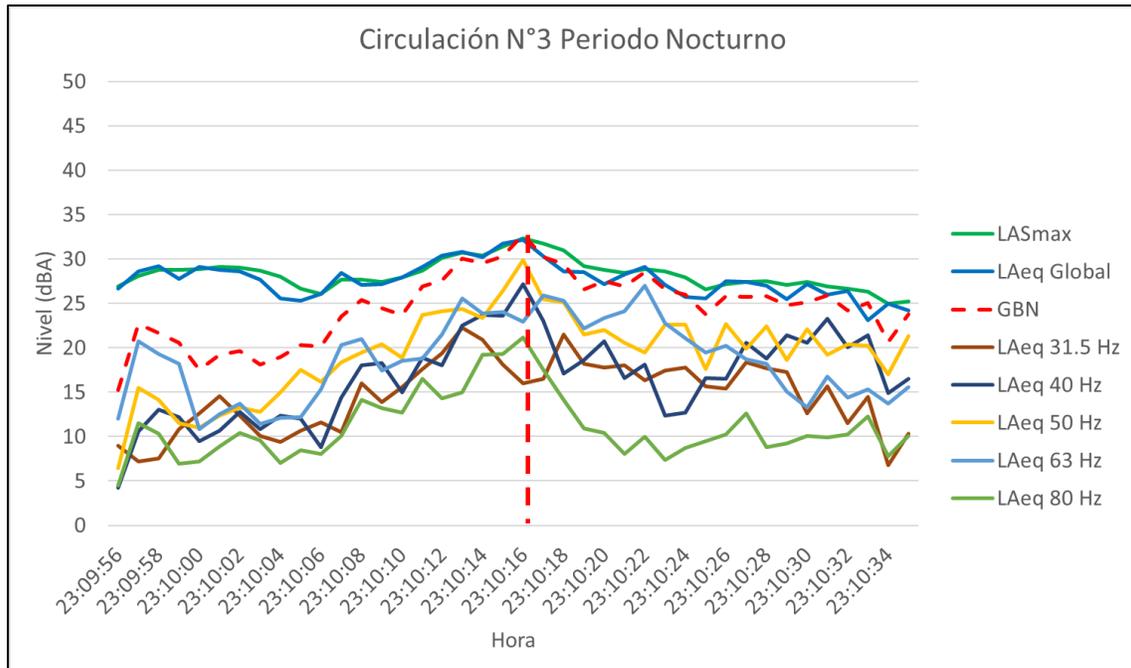
Circulación 2

Ilustración 39. Gráfico circulación N°2 de tren horario nocturno.



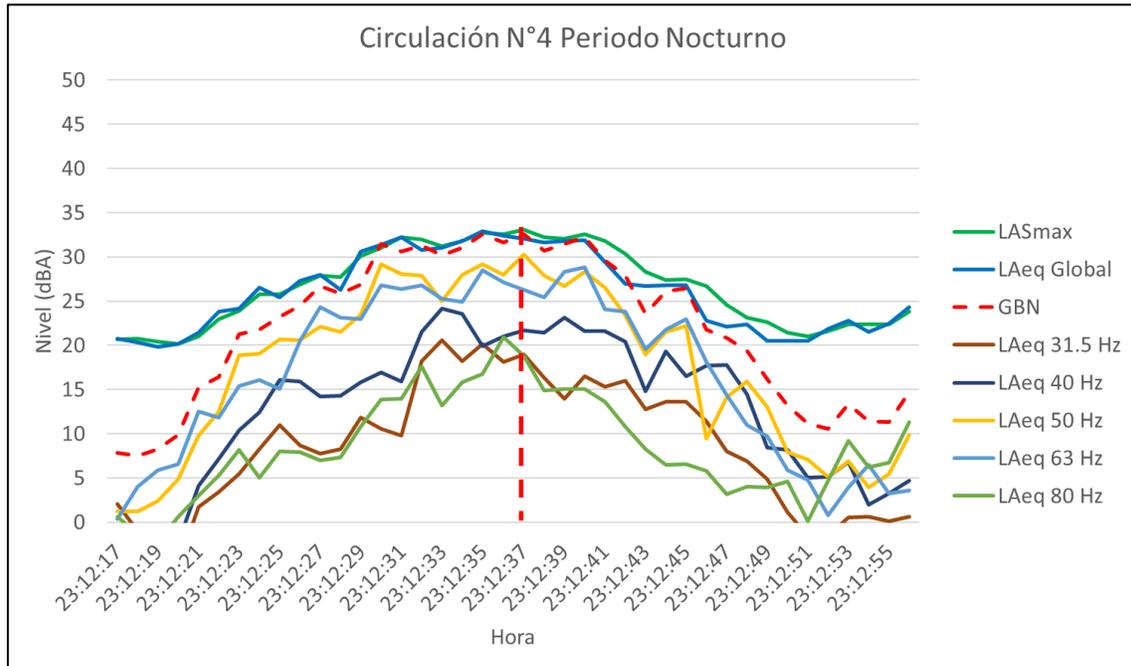
Circulación 3

Ilustración 40. Gráfico circulación N°3 de tren horario nocturno.



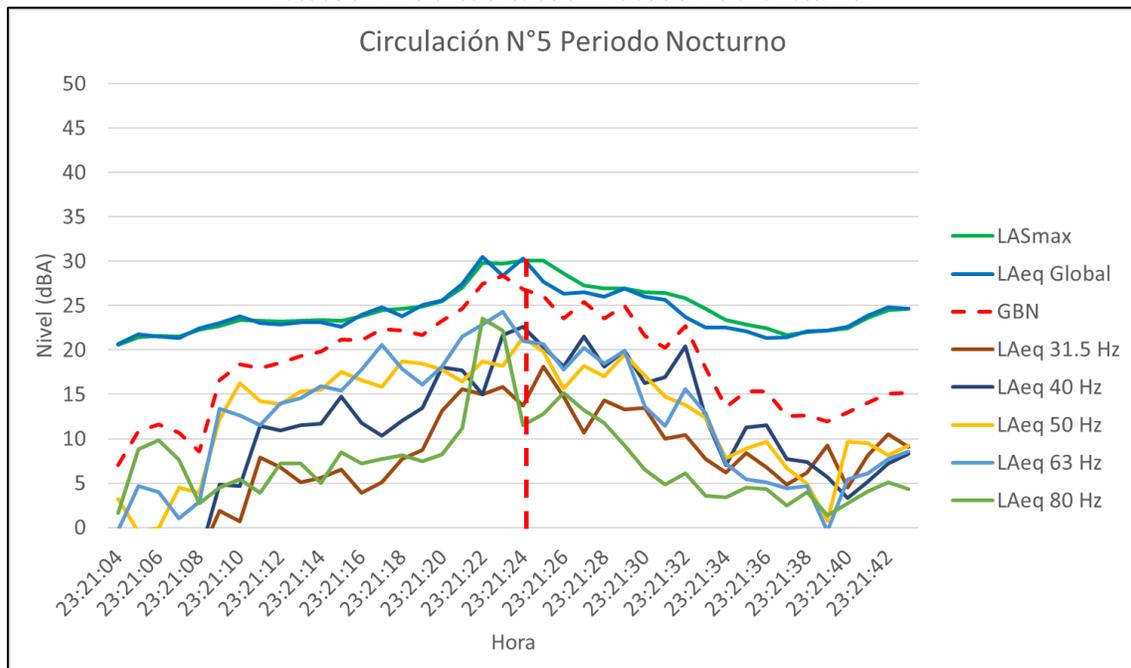
Circulación 4

Ilustración 41. Gráfico circulación N°4 de tren horario nocturno.



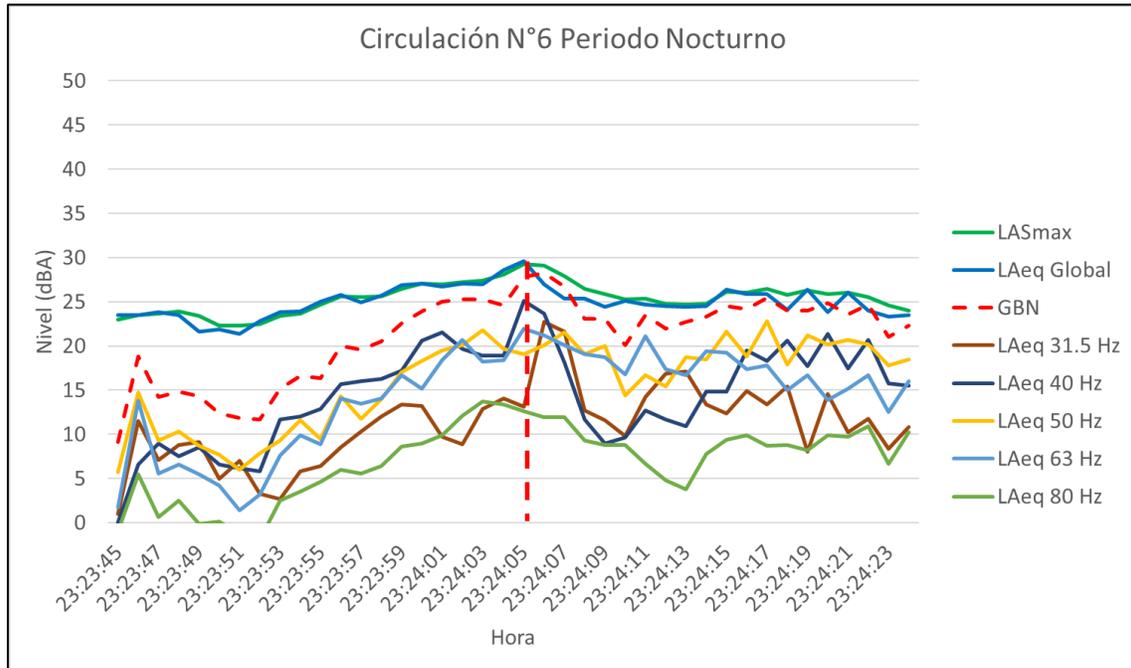
Circulación 5

Ilustración 42. Gráfico circulación N°5 de tren horario nocturno.



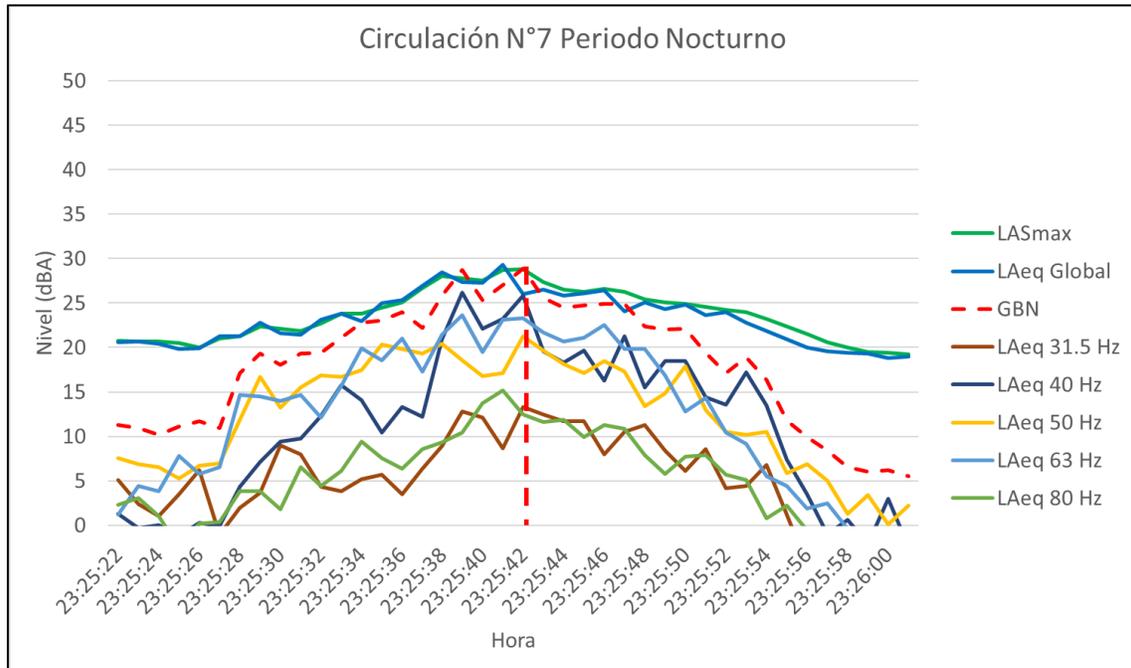
Circulación 6

Ilustración 43. Gráfico circulación N°6 de tren horario nocturno.



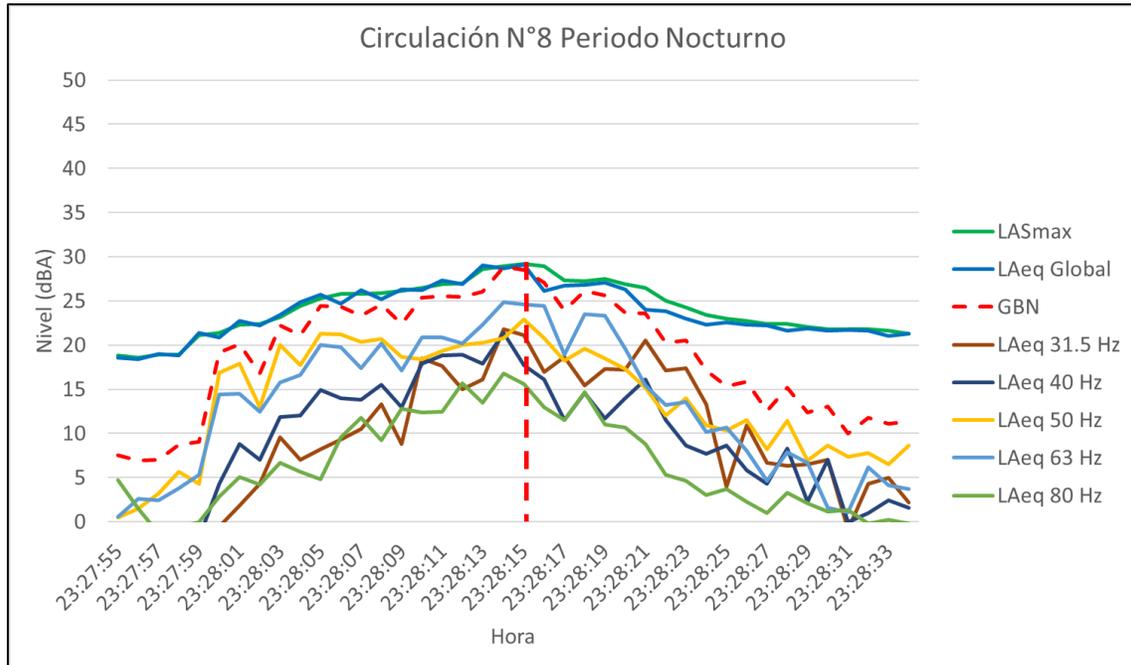
Circulación 7

Ilustración 44. Gráfico circulación N°7 de tren horario nocturno.



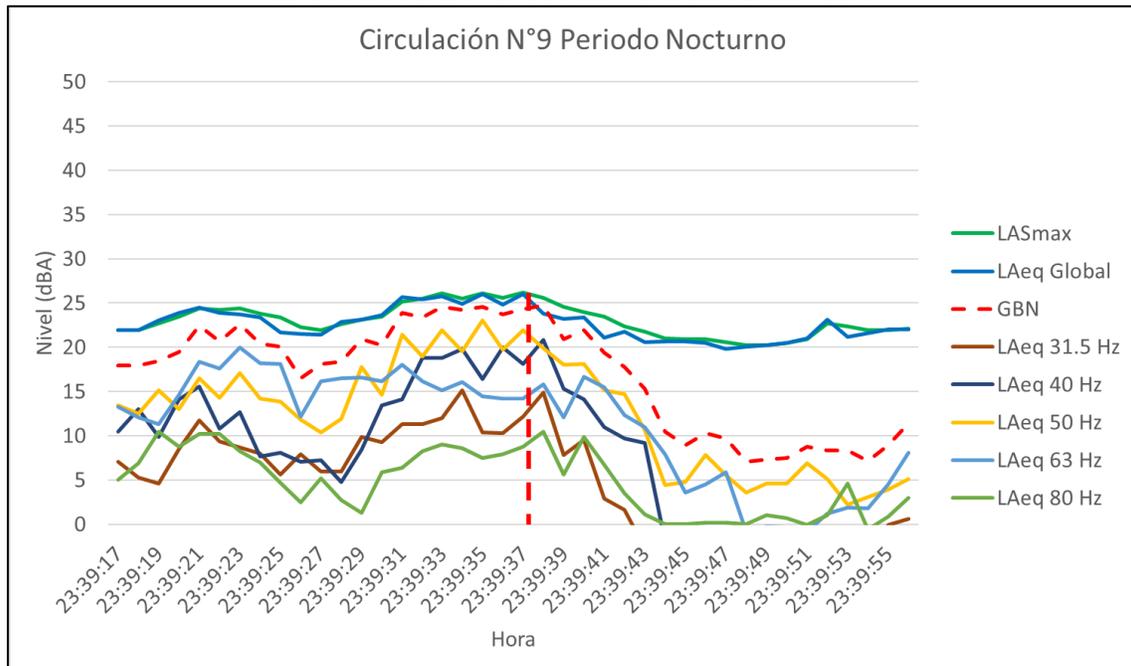
Circulación 8

Ilustración 45. Gráfico circulación N°8 de tren horario nocturno.



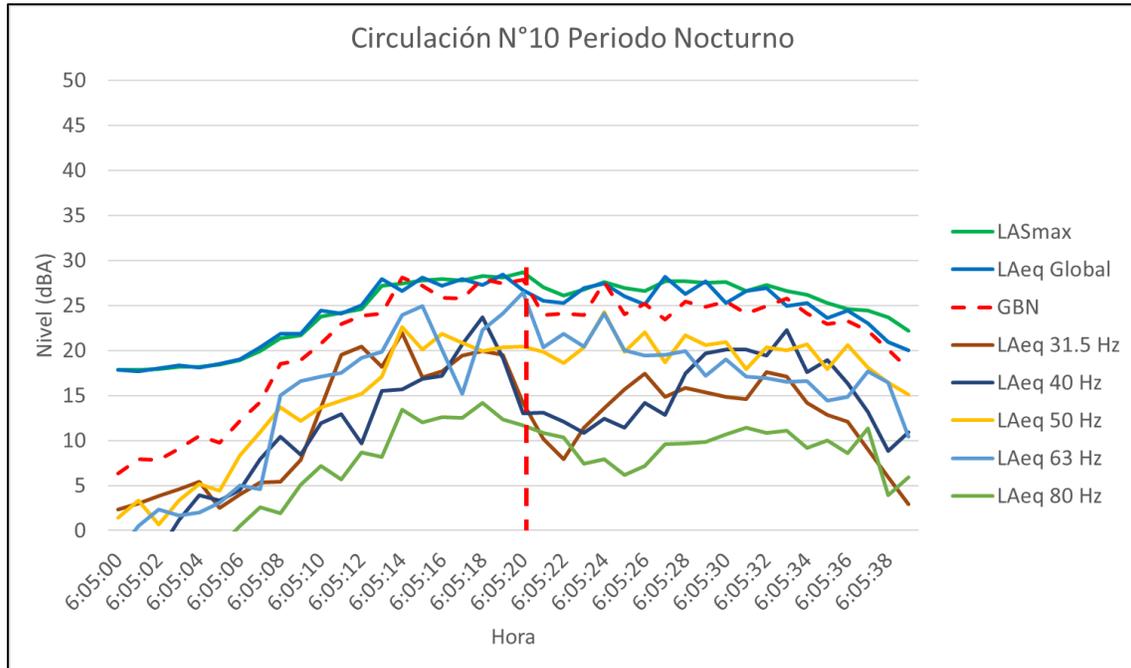
Circulación 9

Ilustración 46. Gráfico circulación N°9 de tren horario nocturno.



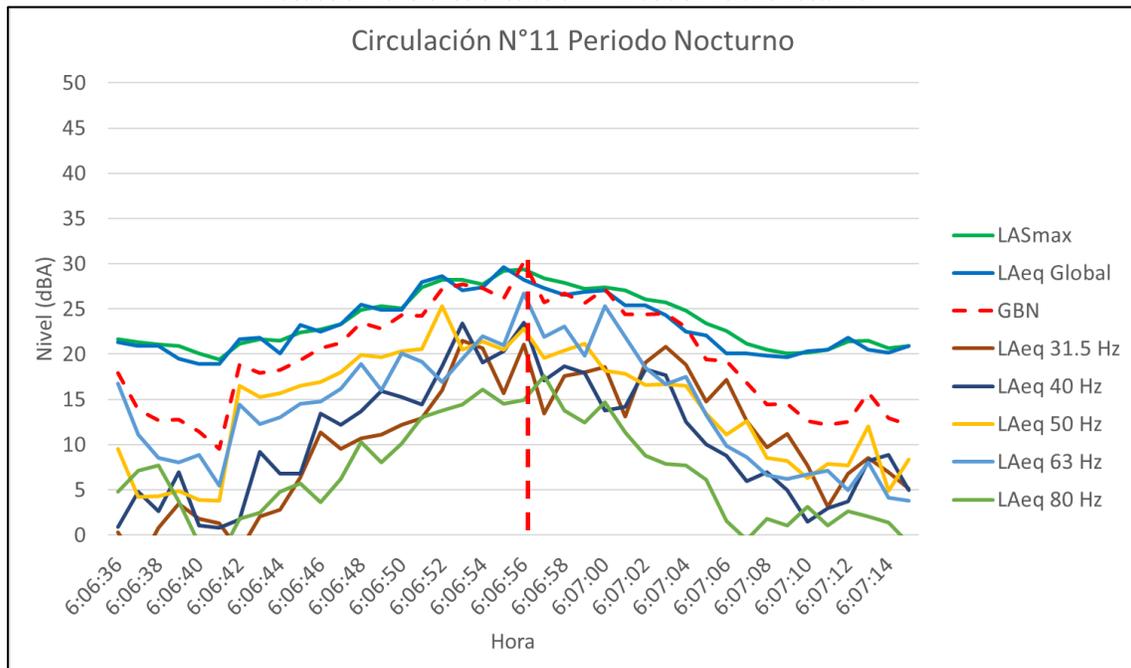
Circulación 10

Ilustración 47. Gráfico circulación N°10 de tren horario nocturno.



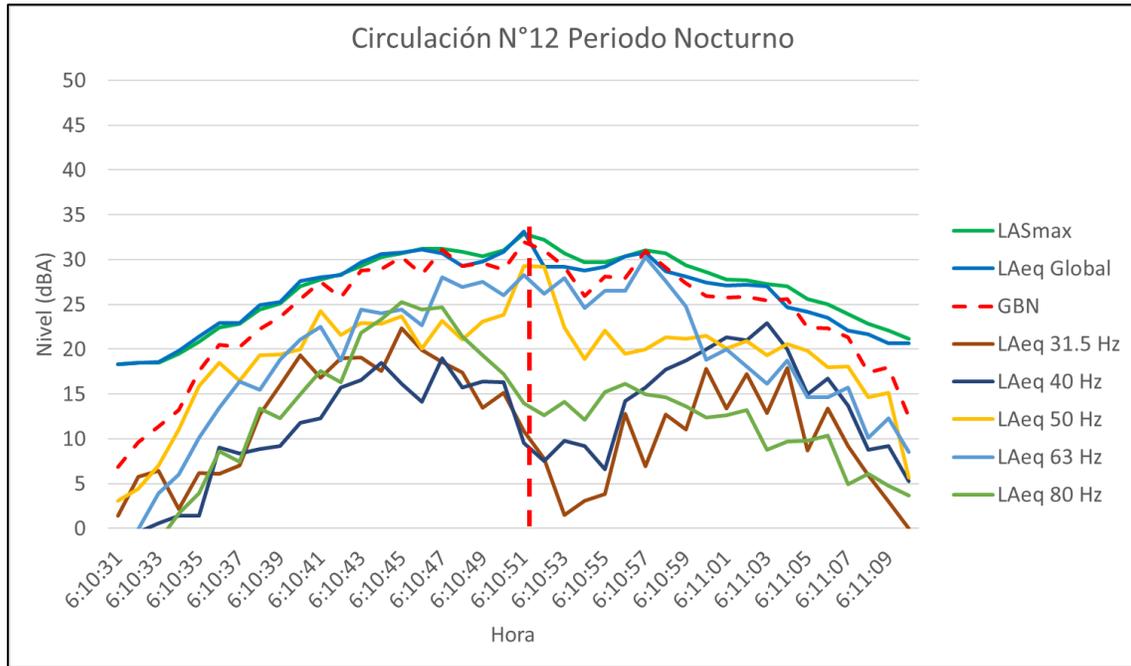
Circulación 11

Ilustración 48. Gráfico circulación N°11 de tren horario nocturno.



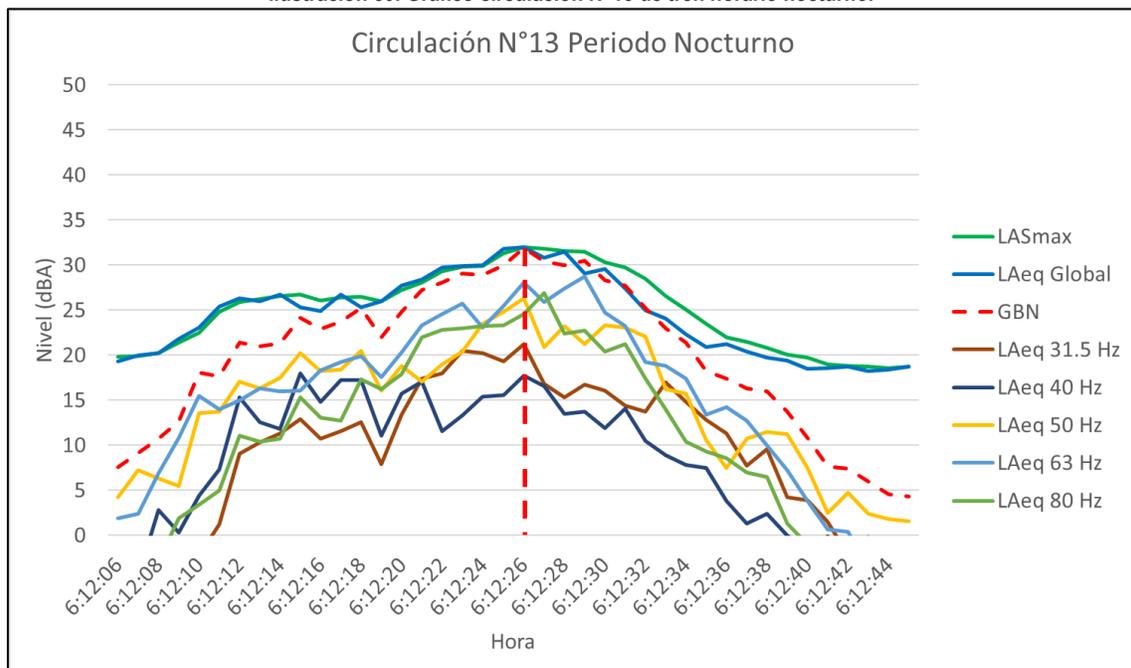
Circulación 12

Ilustración 49. Gráfico circulación N°12 de tren horario nocturno.



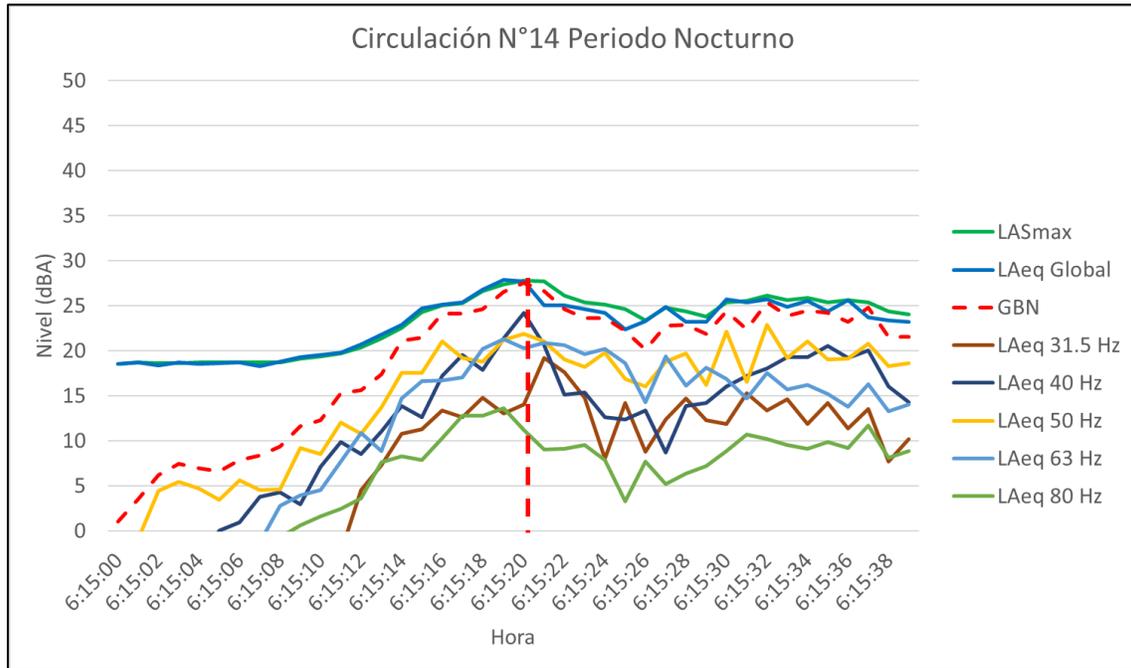
Circulación 13

Ilustración 50. Gráfico circulación N°13 de tren horario nocturno.



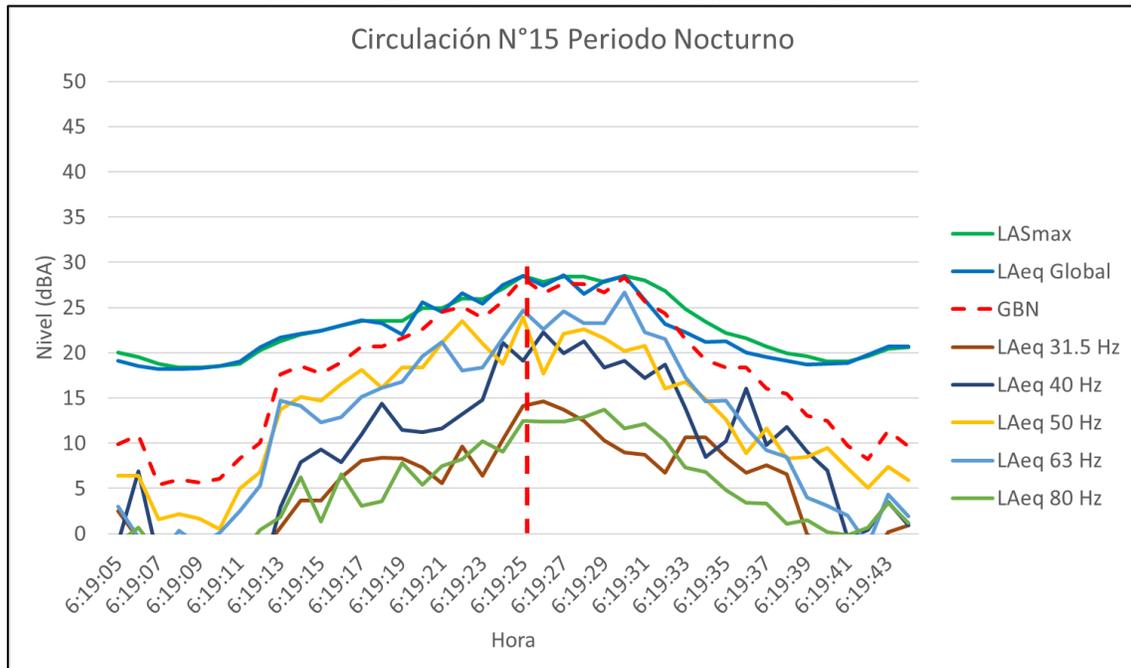
Circulación 14

Ilustración 51. Gráfico circulación N°14 de tren horario nocturno.



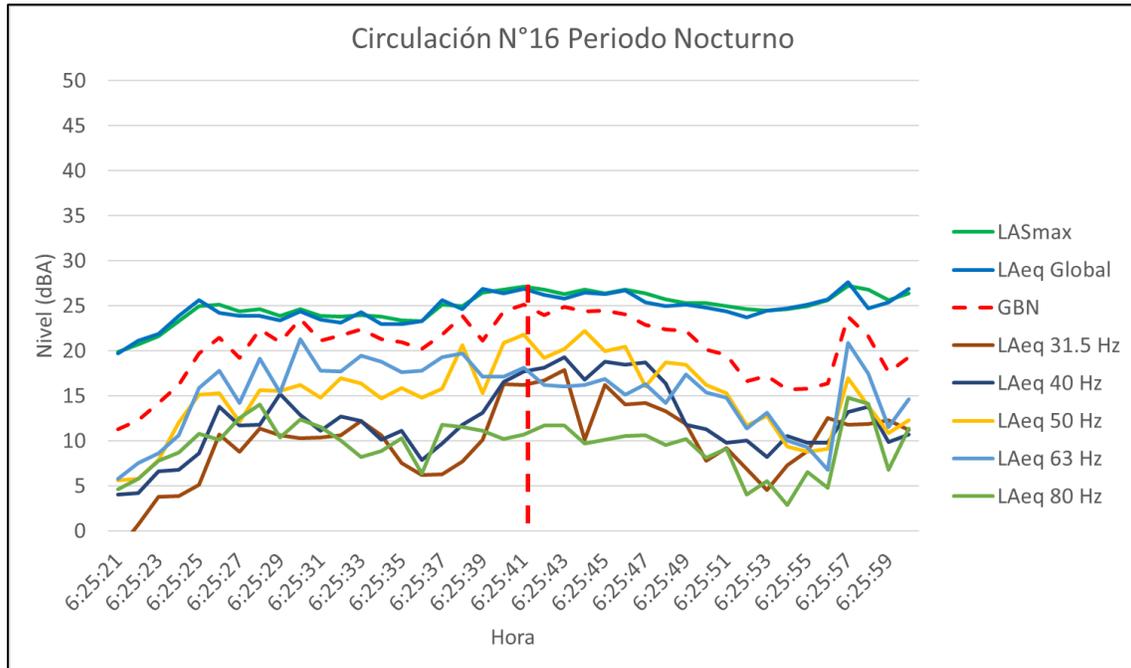
Circulación 15

Ilustración 52. Gráfico circulación N°15 de tren horario nocturno.



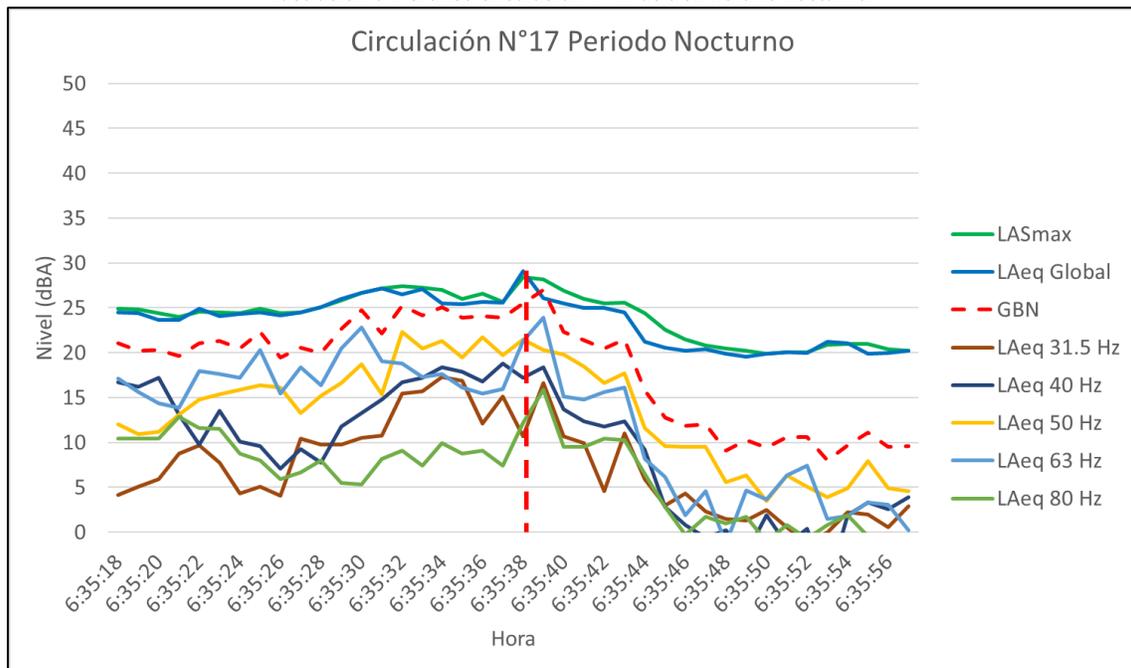
Circulación 16

Ilustración 53. Gráfico circulación N°16 de tren horario nocturno.



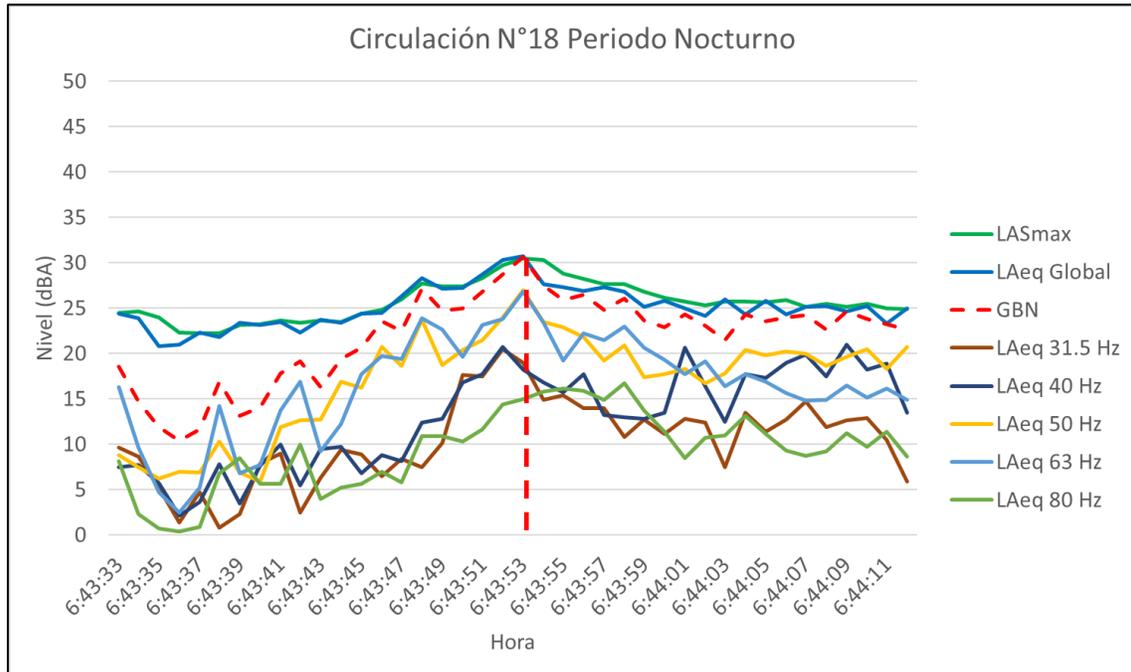
Circulación 17

Ilustración 54. Gráfico circulación N°17 de tren horario nocturno.



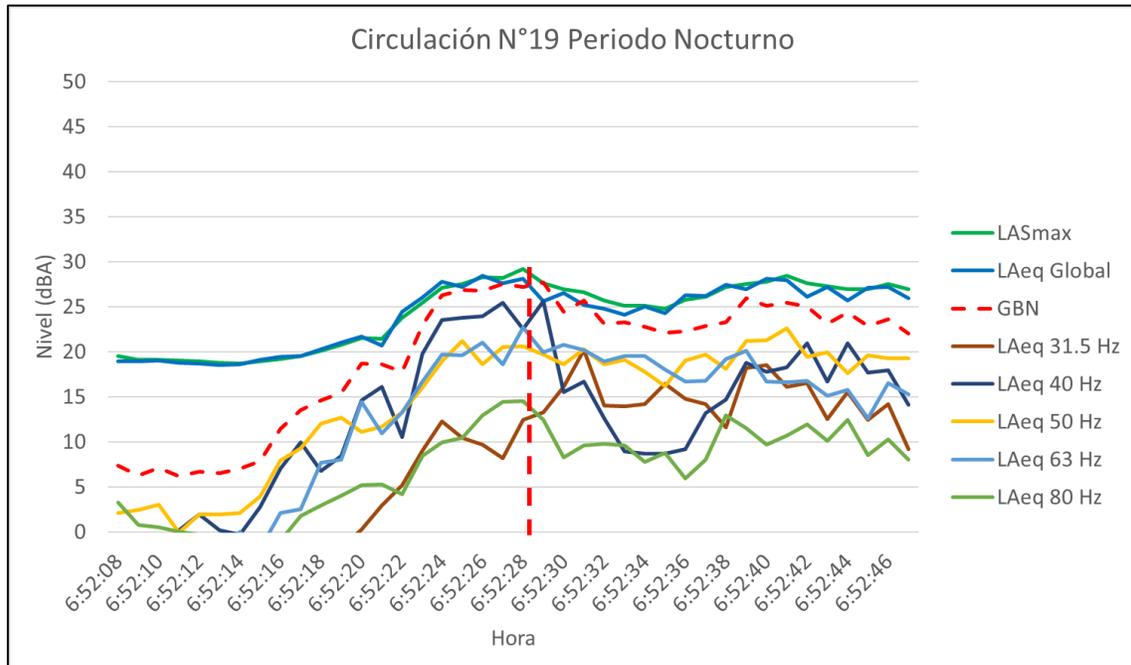
Circulación 18

Ilustración 55. Gráfico circulación N°18 de tren horario nocturno.



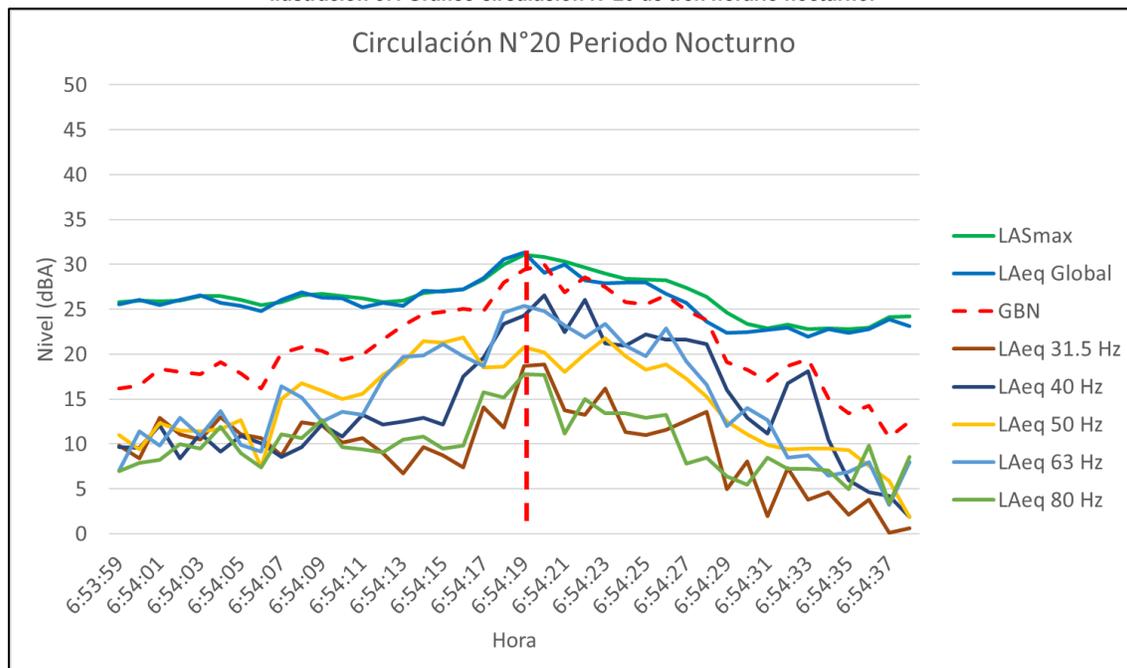
Circulación 19

Ilustración 56. Gráfico circulación N°19 de tren horario nocturno.



Circulación 20

Ilustración 57. Gráfico circulación N°20 de tren horario nocturno.



8 EVALUACIÓN DE NORMATIVA.

A continuación, se presenta la evaluación de los niveles de ruido inducido registrados al interior del recinto para cada circulación de tren en horario diurno y nocturno según lo establecido en la norma FTA Report N°0123:2018 y la guía EPA Australiana 2013

8.1 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 11. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
27-04-2023	15:47:14	30.4	30.7	28.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	15:56:36	28.3	26.9	26.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	16:18:29	27.9	27.8	25.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	16:46:52	28.1	26.9	26.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:02:24	26.8	26.4	24.5	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:10:47	28.3	27.7	27.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:12:32	29.2	29.0	29.2	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:19:42	27.3	27.5	26.1	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:37:18	31.6	31.5	31.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:39:07	32.3	31.3	31.3	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	20:53:50	28.8	29.0	28.1	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	20:55:38	27.7	27.7	26.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:04:58	27.2	27.1	25.0	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:28:23	31.2	31.5	30.5	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:50:08	30.8	30.6	28.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:00:54	27.6	25.9	27.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:02:36	29.9	29.2	27.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:26:28	32.6	32.8	32.3	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:28:10	32.4	32.3	31.1	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:35:11	29.7	29.5	28.9	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:36:56	28.9	29.3	27.8	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:43:46	28.2	28.0	25.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:52:29	27.4	25.9	25.4	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	8:09:11	33.5	33.0	32.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	8:45:23	30.1	30.6	29.1	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la norma FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 12. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario nocturno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
27-04-2023	22:44:54	31.4	32.3	30.2	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:03:26	31.7	31.4	29.8	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:09:56	32.3	32.2	32.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:12:17	33.1	32.1	32.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:21:04	30.1	30.3	28.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:23:45	29.3	29.6	28.3	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:25:22	28.8	26.0	28.9	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:27:55	29.2	29.1	28.8	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:39:17	26.2	26.0	24.7	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:05:00	28.7	26.7	28.1	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:06:36	29.4	28.2	30.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:10:31	32.9	33.1	32.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:12:06	32.0	32.0	31.9	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:15:00	27.8	27.7	27.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:19:05	28.5	28.5	28.3	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:25:21	27.1	26.9	25.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:35:18	28.4	29.1	27.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:43:33	30.5	30.7	30.6	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:52:08	29.2	28.1	27.7	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:53:59	31.1	31.3	30.0	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la norma FTA.

8.2 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 40 dBA para el uso residencial.

Tabla 13. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
27-04-2023	15:47:14	30.4	30.7	28.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	15:56:36	28.3	26.9	26.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	16:18:29	27.9	27.8	25.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	16:46:52	28.1	26.9	26.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:02:24	26.8	26.4	24.5	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:10:47	28.3	27.7	27.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:12:32	29.2	29.0	29.2	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:19:42	27.3	27.5	26.1	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:37:18	31.6	31.5	31.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	17:39:07	32.3	31.3	31.3	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	20:53:50	28.8	29.0	28.1	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	20:55:38	27.7	27.7	26.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:04:58	27.2	27.1	25.0	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:28:23	31.2	31.5	30.5	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	21:50:08	30.8	30.6	28.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:00:54	27.6	25.9	27.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:02:36	29.9	29.2	27.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:26:28	32.6	32.8	32.3	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:28:10	32.4	32.3	31.1	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:35:11	29.7	29.5	28.9	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:36:56	28.9	29.3	27.8	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:43:46	28.2	28.0	25.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	7:52:29	27.4	25.9	25.4	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	8:09:11	33.5	33.0	32.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	8:45:23	30.1	30.6	29.1	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 35 dBA para el uso residencial.

Tabla 14. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Nocturno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
27-04-2023	22:44:54	31.4	32.3	30.2	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:03:26	31.7	31.4	29.8	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:09:56	32.3	32.2	32.7	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:12:17	33.1	32.1	32.6	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:21:04	30.1	30.3	28.4	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:23:45	29.3	29.6	28.3	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:25:22	28.8	26.0	28.9	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:27:55	29.2	29.1	28.8	No	-	-	NO SUPERA
27-04-2023	23:39:17	26.2	26.0	24.7	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:05:00	28.7	26.7	28.1	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:06:36	29.4	28.2	30.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:10:31	32.9	33.1	32.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:12:06	32.0	32.0	31.9	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:15:00	27.8	27.7	27.5	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:19:05	28.5	28.5	28.3	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:25:21	27.1	26.9	25.2	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:35:18	28.4	29.1	27.0	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:43:33	30.5	30.7	30.6	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:52:08	29.2	28.1	27.7	No	-	-	NO SUPERA
28-04-2023	6:53:59	31.1	31.3	30.0	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

9 CONCLUSIÓN

A partir de los datos medidos en terreno y su posterior análisis de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) registrados al interior del recinto ubicado en Julio Montebruno N°25, Comuna de La Reina, originados producto de la operación de la Línea 3 de Metro S.A. en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, se concluye que:

Todas las circulaciones de tren en horario diurno y todas las circulaciones de tren en horario nocturno cumplen con el nivel de evaluación máximo permitido para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 para eventos frecuentes establecido en 35 dBA, según criterio normativo FTA 0123:2018, con una holgura de -1.5 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno y una holgura de -1.9 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

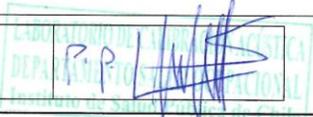
De igual forma, todas las circulaciones de tren en horario diurno y todas las circulaciones de tren en horario nocturno cumplen con el nivel de evaluación máximo estipulado en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013) establecido en 40 dBA para el horario diurno y 35 dBA para el horario nocturno. Con una holgura de -6.5 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno y una holgura de -1.9 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

10 REFERENCIAS

- Criterio Normativo FTA Report 0123:2018. “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*” de la Federal Transit Administration (FTA) – EEUU (2018).
- Criterio Normativo EPA. “*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*” de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013).
- Norma ISO 14837-1:2005 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance*”.
- Norma ISO/TS 14837-31:2017 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings*”.

11 ANEXOS

11.1 Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Código: SON20210136 LCA – Laboratorio de Calibración Acústica. Página 1 de 7 páginas
<u>DATOS DEL SONÓMETRO</u>	
FABRICANTE SONÓMETRO	: NTI AUDIO
MODELO SONÓMETRO	: XL2 - TA
NÚMERO SERIE SONÓMETRO	: A2A - 13728 - E0
MARCA MICRÓFONO	: NTI Audio
MODELO MICRÓFONO	: MC230A
NÚMERO SERIE MICRÓFONO	: A16350
<u>DATOS DEL CLIENTE</u>	
CLIENTE	: CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN	: ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.
<u>DATOS DE LA CALIBRACIÓN</u>	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN	: 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN	: 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME	: 06/12/2021
Juan Carlos Valenzuela Illanes Encargado Laboratorio de Calibración Acústica	
	
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo.	
Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.	
Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile Tel: (56 – 2) 2575 55 61. www.ispch.cl	

Código: SON20210136

Página 2 de 7 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 21,6 °C H.R. = 48,3 % P = 94,7 kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME-512 03-001 Calibración de Sonómetros Según Norma Técnica IEC 61672-3:2006 de Sonómetros.
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en la Norma IEC 61672-3:2006 de Sonómetros. Dichas tolerancias son las indicadas para un grado de precisión del instrumento Clase 1.
- **INCERTIDUMBRE**
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

▪ **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartado de la especificación petrológica (Ref. IEC 61672-3:2006)		Resultado
Indicación a la frecuencia de comprobación de la calibración (Apartado 9)		POSITIVO
Ruido intrínseco (Apartado 10)	Micrófono Instalado	N/A
	Dispositivo de entrada eléctrica	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales acústicas (Apartado 11)	Ponderación frecuencial A	N/A
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales eléctricas (Apartado 12)	Ponderación frecuencial A	POSITIVO
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
	Ponderación frecuencial lineal	N/A
Ponderación frecuencial Z	Ponderación frecuencial Z	POSITIVO
	Ponderaciones temporales y frecuenciales a 1 kHz (Apartado 13)	Ponderaciones frecuenciales
	Ponderaciones temporales	POSITIVO
Linealidad de nivel en el margen de nivel de referencia (Apartado 14)		POSITIVO
Linealidad de nivel incluyendo el selector de márgenes de nivel (Apartado 15)		POSITIVO
Respuesta a tren de ondas (Apartado 16)	Ponderación temporal Fast	POSITIVO
	Ponderación temporal Slow	POSITIVO
	Nivel promediado en el tiempo	POSITIVO
Nivel de sonido con ponderación C de pico (Apartado 17)		POSITIVO
Indicación de sobrecarga (Apartado 18)		POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metroológica aplicada
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metroológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

▪ **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:**

Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de Laboratorios nacionales acreditados por el INN o por Laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Generador Multifrecuencia	BRUEL & KJAER	4226	2692339	20LAC20652F01	LACAINAC
Modulo de presion Barometrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	09040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAEER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FHA646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAEER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile

Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile

Tel: (56 – 2) 2575 55 61.

www.ispch.cl

Código: SON20210136

Página 3 de 7 páginas

INDICACIÓN A LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Ajustado	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.01	1000	0	0.0	NO	94.07	94.01	0.06	0.20	1.1	-1.1

RUIDO INTRÍNSECO

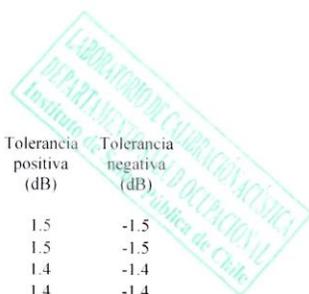
Dispositivo de Entrada Eléctrica

Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	U (dB)	Especificación Fabricante (dB)
A	17.90	0.058	18.00
C	16.70	0.058	17.00
Z	20.40	0.058	21.00

PONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.05	63	-0.8	0	93.37	93.36	0.01	0.23	1.5	-1.5
94.02	125	-0.2	0	94.02	93.93	0.09	0.28	1.5	-1.5
93.99	250	0	0	94.12	94.10	0.02	0.28	1.4	-1.4
93.98	500	0	0.0	94.12	94.09	0.03	0.28	1.4	-1.4
94.01	1000	0	0.0	94.12	-	-	-	-	-
93.99	2000	-0.2	0.3	93.87	93.60	0.27	0.23	1.6	-1.6
93.93	4000	-0.8	0.7	92.97	92.54	0.43	0.23	1.6	-1.6
94.08	8000	-3	2.6	87.92	88.59	-0.67	0.28	2.1	-3.1
94.11	12500	-6.2	6	80.87	82.02	-1.15	0.40	3	-6



Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 4 de 7 páginas

PONDERACIÓN FRECUENCIAL

Ponderación Frecuencial A

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
101.20	63	-26.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
91.10	125	-16.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
83.60	250	-8.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
78.20	500	-3.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
73.80	2000	1.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
74.00	4000	1	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
76.10	8000	-1.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
81.60	16000	-6.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.80	63	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.20	125	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.20	2000	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.80	4000	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
78.00	8000	-3	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
83.50	16000	-8.5	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial Z

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.00	63	0	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.00	125	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.00	2000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	4000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	8000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
75.00	16000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	3.5	-17

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136
Página 5 de 7 páginas

LINEALIDAD

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
126.10	8000	125.00	125.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
125.10	8000	124.00	124.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
124.10	8000	123.00	123.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
123.10	8000	122.00	122.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
122.10	8000	121.00	121.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
121.10	8000	120.00	120.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
120.10	8000	119.00	119.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
119.10	8000	118.00	118.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
118.10	8000	117.00	117.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
117.10	8000	116.00	116.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
116.10	8000	115.00	115.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
115.10	8000	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
110.10	8000	109.00	109.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
105.10	8000	104.00	104.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
100.10	8000	99.00	99.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.10	8000	94.00	-	-	-	-	-
90.10	8000	89.00	89.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
85.10	8000	84.00	84.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
80.10	8000	79.00	79.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
75.10	8000	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
70.10	8000	69.00	69.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
65.10	8000	64.00	64.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
60.10	8000	59.00	59.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
55.10	8000	54.00	54.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
50.10	8000	49.00	49.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
45.10	8000	44.00	44.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
40.10	8000	39.10	39.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
35.10	8000	34.20	34.00	0.20	0.14	1.1	-1.1
30.10	8000	29.40	29.00	0.40	0.14	1.1	-1.1
29.10	8000	UNDER-RANGE	28.00	-	-	1.1	-1.1

LINEALIDAD SELECTOR MARGENES DE NIVEL

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Rango	Rango (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	Ref	20 - 120	94.00	-	-	-	-	-
74.00	1000	R1	0 - 100	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.00	1000	R1	0 - 100	95.00	95.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
114.00	1000	R2	40 - 140	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
135.00	1000	R2	40 - 140	135.00	135.00	0.00	0.14	1.1	-1.1

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa

Código: SON20210136
Página 6 de 7 páginas

DIFERENCIA DE INDICACIÓN

Ponderaciones Temporales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Temporal	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	NPS Fast	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	NPS Slow	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3
94.00	1000	Leq	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3

Ponderaciones Frecuenciales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	A	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	C	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
94.00	1000	Z	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4

RESPUESTA A TREN DE ONDAS

Ponderación temporal Fast

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	0.125	115.90	116.02	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	0.125	98.90	99.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	0.125	89.80	90.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Ponderación temporal Slow

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	1	109.50	109.58	-0.08	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	1	89.90	90.01	-0.11	0.082	1.3	-3.3

Nivel promediado en el tiempo

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	109.89	110.01	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	89.92	90.01	-0.09	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	80.82	80.98	-0.16	0.082	1.3	-3.3

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 7 de 7 páginas

NIVEL DE SONIDO CON PONDERACIÓN C DE PICO

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Número de Ciclos	Lcpeak-Lc	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	8000	-	-	126.90	-	-	-	-	-
127.00	500	-	-	127.00	-	-	-	-	-
130.00	8000	Uno	3.4	129.60	130.30	-0.70	0.082	2.4	-2.4
127.00	500	Semiciclo positivo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4
127.00	500	Semiciclo negativo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4

INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Margen Superior (dB)	Frecuencia (Hz)	Señal de Entrada	Nivel Sobrecarga (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
140	4000	Semiciclo positivo	141.20	-	-	-	-	-
140	4000	Semiciclo negativo	141.20	141.20	0.00	0.14	1.8	-1.8

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.2 Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20210122
LCA – Laboratorio de Calibración Acústica.

Página 1 de 1 páginas (más un anexo de 2 hojas)

DATOS DEL CALIBRADOR

FABRICANTE CALIBRADOR : LARSON DAVIS
MODELO : CAL200
NÚMERO DE SERIE : 11831

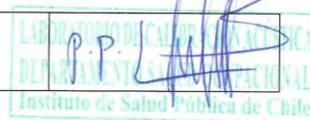
DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN : ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN : 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN : 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME : 06/12/2021

Juan Carlos Valenzuela Illanes
Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo

Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathón 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 1 de 2 páginas

▪ **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**

T = 21,6 °C H.R. = 44,9 % P = 94,7 kPa

▪ **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**

ME 512 03 002 Calibración de Calibradores Acústicos Según Norma Técnica UNE-EN 60942:2005.

▪ **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**

Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 1.

▪ **INCERTIDUMBRE:**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

▪ **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartados de la especificación metrológica Norma UNE-EN 60942:2005	Prueba	Resultado
Niveles de presión acústica (Apartados 5.2.2 y 5.2.3 – Tabla 1)	Valor nominal	POSITIVO
	Estabilidad	POSITIVO
Distorsión total (Apartado 5.5 – Tabla 6)		POSITIVO
Frecuencia (Apartado 5.3.2 – Tabla 3)	Valor nominal	POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

▪ **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN**

Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de laboratorios nacionales acreditados por el INN o por laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	1247199	00294 LCPN ME 2021-04	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	9040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FH A646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK2100129	BRUEL&KJAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathon 1000 – Ñuñoa – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 2 de 2 páginas

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Valor nominal del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia Positiva (dB)	Tolerancia Negativa (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	94.00	0.00	0.40	-0.40	± 0.14
114.00	1000.00	113.99	-0.01	0.40	-0.40	± 0.14

Estabilidad del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058
114.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058

DISTORSIÓN

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Leída (%)	Distorsión Esperada (%)	Desviación (%)	Tolerancia (%)	Incertidumbre (%)
94.00	1000.00	0.378	0.000	0.378	3.000	± 0.10
114.00	1000.00	0.449	0.000	0.449	3.000	± 0.12

FRECUENCIA

Valor nominal de la Frecuencia

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Frecuencia Exacta (Hz)	Frecuencia Leída (Hz)	Desviación (Hz)	Tolerancia Positiva (Hz)	Tolerancia Negativa (Hz)	Incertidumbre (Hz)
94.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50
114.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50

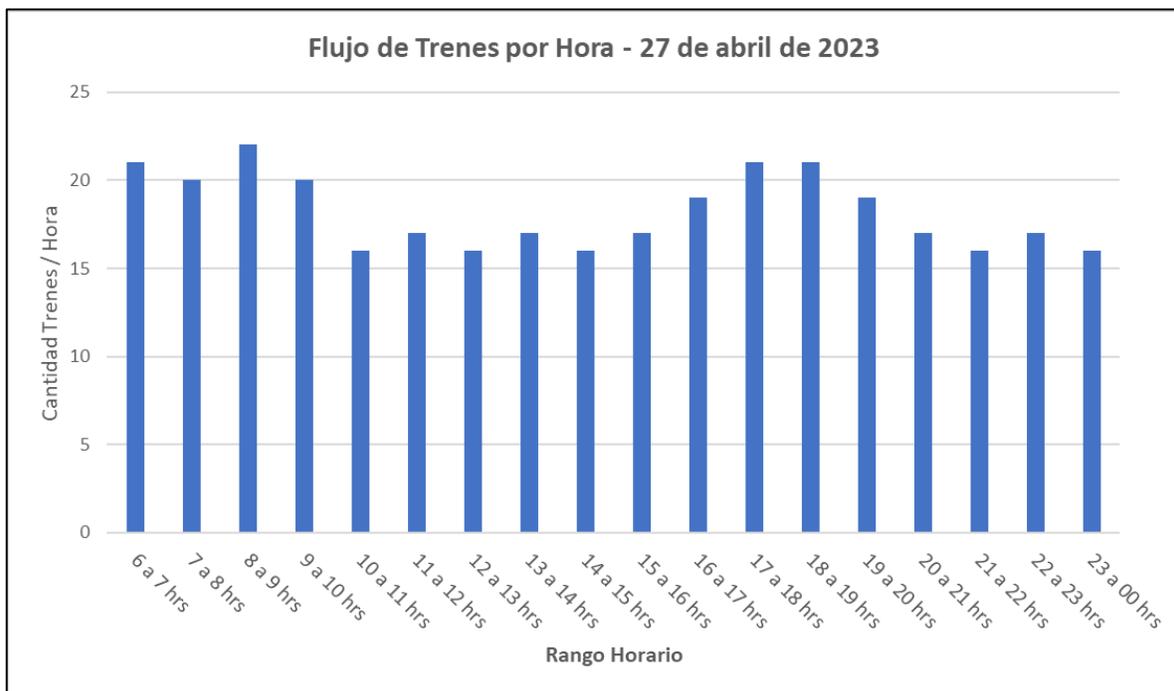
Si a la izquierda de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.3 Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE)

El presente anexo da cuenta de información referente a las circulaciones de trenes los días 27 y 28 de abril de 2023, en los cuales se realizaron las mediciones solicitadas en edificaciones del tramo PZE-FCV de Línea 3.

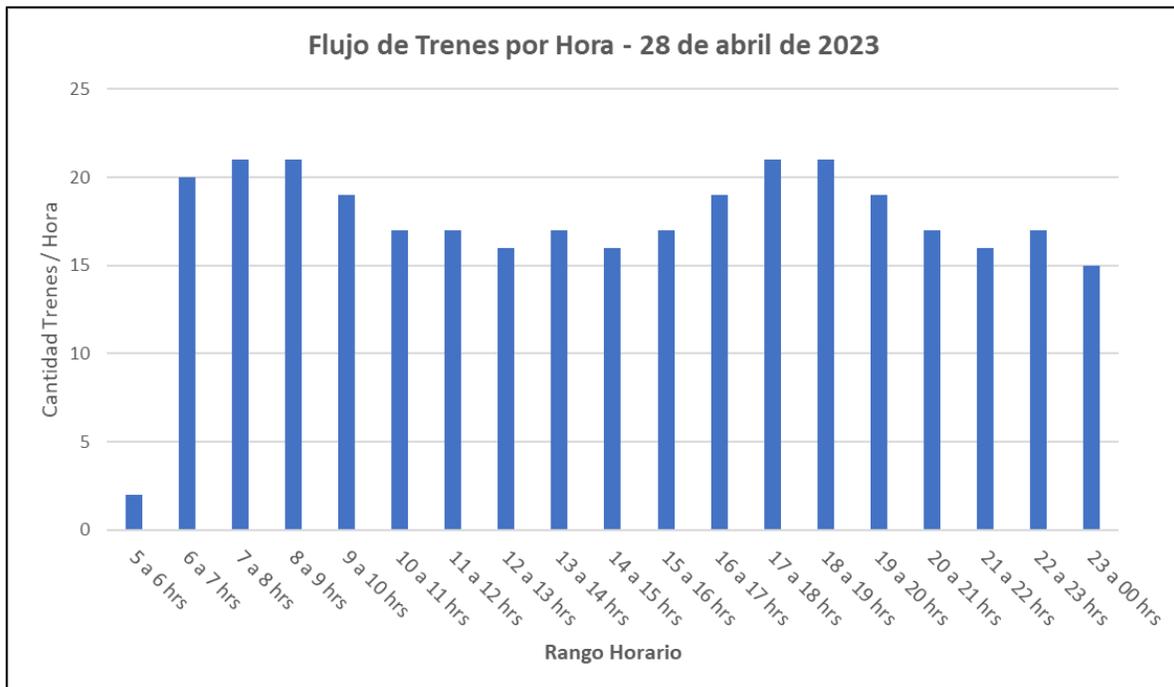
Se presenta un resumen diario, así como el detalle horario de todas las circulaciones que se efectuaron los días indicados, separando esta por vía 1 (desde PZE hacia FCV) y por vía 2 (desde FCV hacia PZE).

- 27 de abril de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
6 a 7 hrs	21
7 a 8 hrs	20
8 a 9 hrs	22
9 a 10 hrs	20
10 a 11 hrs	16
11 a 12 hrs	17
12 a 13 hrs	16
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	16
15 a 16 hrs	17
16 a 17 hrs	19
17 a 18 hrs	21
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	19
20 a 21 hrs	17
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	17
23 a 00 hrs	16

- 28 de abril de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
5 a 6 hrs	2
6 a 7 hrs	20
7 a 8 hrs	21
8 a 9 hrs	21
9 a 10 hrs	19
10 a 11 hrs	17
11 a 12 hrs	17
12 a 13 hrs	16
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	16
15 a 16 hrs	17
16 a 17 hrs	19
17 a 18 hrs	21
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	19
20 a 21 hrs	17
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	17
23 a 00 hrs	15

- Detalle del total de circulaciones 27 y 28 de abril de 2023.

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
6:01:50	6:04:22	5:09:13	6:06:24
6:07:01	6:09:30	5:21:54	6:11:54
6:12:36	6:19:29	6:03:52	6:18:56
6:16:48	6:28:07	6:09:22	6:27:30
6:21:26	6:37:18	6:13:55	6:36:43
6:25:29	6:45:51	6:20:53	6:45:15
6:30:23	6:53:58	6:24:04	6:53:50
6:34:31	7:02:36	6:29:33	7:02:24
6:39:20	7:11:05	6:33:56	7:10:59
6:43:03	7:19:49	6:38:39	7:20:18
6:47:48	7:28:18	6:42:28	7:27:56
6:51:11	7:36:54	6:47:11	7:36:46
6:55:55	7:45:33	6:51:03	7:45:18
6:59:50	7:54:06	6:56:16	7:53:50
7:04:32	8:02:50	6:59:38	8:02:21
7:08:18	8:11:09	7:04:21	8:10:43
7:13:02	8:19:41	7:08:22	8:18:58
7:17:03	8:28:22	7:13:11	8:27:52
7:21:45	8:36:58	7:17:41	8:36:44
7:25:30	8:45:33	7:22:13	8:45:14
7:30:14	8:53:51	7:25:19	8:53:40
7:34:07	9:02:42	7:30:00	9:02:26
7:38:51	9:11:14	7:34:10	9:11:04
7:42:47	9:19:34	7:38:45	9:19:34
7:47:31	9:28:21	7:42:40	9:28:11
7:51:19	9:36:58	7:47:15	9:36:43
7:56:03	9:47:42	7:51:14	9:47:29
8:00:04	9:58:32	7:55:46	9:58:25
8:04:47	10:09:30	7:59:45	10:08:53
8:08:22	10:20:27	8:04:19	10:20:07
8:13:08	10:31:39	8:08:06	10:30:53
8:16:53	10:42:07	8:12:42	10:41:46

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
8:22:07	10:52:58	8:16:22	10:52:19
8:25:36	11:03:53	8:21:22	11:03:37
8:30:20	11:13:21	8:25:14	11:14:36
8:34:10	11:25:44	8:29:58	11:25:30
8:38:53	11:36:40	8:34:06	11:36:20
8:42:46	11:47:37	8:38:40	11:47:22
8:47:43	11:58:31	8:42:37	11:58:18
8:51:04	12:09:24	8:47:10	12:09:02
8:55:56	12:20:13	8:51:05	12:20:00
8:59:56	12:31:06	8:55:41	12:30:52
9:04:38	12:41:38	8:59:49	12:40:56
9:08:26	12:52:59	9:04:23	12:52:47
9:13:10	13:03:48	9:08:27	13:03:37
9:16:47	13:14:38	9:13:00	13:14:26
9:21:30	13:25:39	9:16:57	13:25:29
9:25:34	13:36:26	9:21:30	13:36:14
9:30:17	13:47:29	9:25:34	13:47:14
9:34:11	13:58:21	9:30:08	13:58:09
9:39:48	14:09:16	9:34:06	14:09:01
9:44:55	14:20:16	9:39:51	14:19:56
9:47:22	14:31:03	9:44:52	14:30:47
9:50:43	14:41:53	9:50:39	14:41:41
9:55:45	14:52:48	9:55:48	14:52:36
10:01:38	15:03:39	10:01:37	15:03:26
10:06:42	15:14:25	10:06:16	15:14:23
10:12:22	15:25:21	10:09:19	15:25:19
10:17:39	15:36:11	10:11:58	15:36:09
10:23:56	15:47:06	10:17:31	15:47:04
10:29:56	15:58:00	10:24:50	15:58:05
10:35:49	16:08:55	10:28:16	16:08:49
10:39:19	16:19:50	10:33:55	16:19:53
10:45:00	16:29:33	10:39:13	16:29:34
10:50:12	16:38:30	10:45:30	16:38:02
10:55:59	16:46:43	10:49:49	16:46:39

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
11:01:06	16:55:15	10:55:41	16:55:08
11:06:51	17:03:48	11:01:01	17:03:46
11:12:52	17:12:23	11:06:48	17:12:24
11:17:43	17:21:03	11:11:59	17:20:59
11:22:57	17:29:34	11:17:43	17:29:28
11:28:47	17:38:54	11:23:05	17:38:08
11:33:53	17:46:40	11:28:43	17:46:36
11:39:42	17:55:19	11:33:43	17:55:07
11:44:50	18:03:46	11:39:32	18:03:41
11:50:35	18:13:17	11:44:45	18:12:15
11:55:44	18:21:20	11:50:23	18:20:52
12:01:33	18:29:30	11:55:42	18:29:27
12:06:37	18:38:03	12:01:19	18:37:57
12:12:17	18:46:38	12:06:25	18:46:46
12:17:26	18:55:18	12:12:19	18:55:18
12:23:16	19:03:55	12:17:22	19:03:47
12:28:19	19:12:20	12:23:04	19:12:20
12:34:08	19:20:56	12:28:16	19:20:57
12:39:25	19:29:27	12:34:06	19:29:33
12:45:01	19:39:25	12:39:34	19:39:08
12:50:12	19:51:15	12:44:51	19:50:04
12:55:53	20:00:58	12:50:09	20:00:56
13:01:02	20:11:55	12:55:58	20:12:14
13:06:47	20:22:55	13:01:01	20:23:56
13:11:52	20:33:41	13:06:36	20:35:18
13:17:41	20:44:36	13:11:49	20:44:33
13:22:52	20:55:27	13:17:26	20:55:29
13:28:31	21:06:23	13:22:51	21:06:18
13:33:39	21:17:17	13:28:34	21:17:15
13:39:28	21:28:12	13:33:37	21:28:15
13:44:43	21:39:05	13:39:19	21:39:06
13:50:23	21:49:59	13:44:37	21:49:59
13:55:33	22:00:51	13:50:08	22:00:51
14:01:25	22:11:46	13:55:33	22:11:40

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
14:06:30	22:22:46	14:01:16	22:22:35
14:12:15	22:33:47	14:06:24	22:33:35
14:17:29	22:44:42	14:12:07	22:44:25
14:23:06	22:55:38	14:17:18	22:55:26
14:28:16	23:01:19	14:22:53	23:05:09
14:34:06	23:05:51	14:28:11	23:11:07
14:39:10	23:12:03	14:33:58	23:16:46
14:44:56	23:16:45	14:39:04	23:22:46
14:50:06	23:20:53	14:44:52	23:28:17
14:55:51	23:25:12	14:50:00	23:33:24
15:00:57	23:27:54	14:55:43	23:42:38
15:06:34	23:33:49	15:00:48	
15:11:43	23:40:48	15:06:42	
15:17:19		15:11:45	
15:22:38		15:17:23	
15:28:21		15:22:42	
15:33:30		15:28:22	
15:39:10		15:33:33	
15:44:23		15:39:19	
15:50:02		15:44:27	
15:55:18		15:50:10	
16:00:58		15:55:29	
16:06:12		16:01:17	
16:11:56		16:06:12	
16:17:07		16:11:58	
16:22:54		16:17:16	
16:26:51		16:22:59	
16:32:03		16:26:57	
16:35:48		16:31:35	
16:40:28		16:35:24	
16:44:01		16:40:09	
16:48:39		16:44:02	
16:52:33		16:48:42	
16:57:26		16:52:33	

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
17:01:07		16:57:16	
17:05:48		17:01:10	
17:09:41		17:05:49	
17:14:22		17:09:47	
17:18:21		17:14:22	
17:23:00		17:18:22	
17:26:52		17:23:00	
17:31:33		17:26:52	
17:36:13		17:31:32	
17:40:51		17:35:32	
17:43:58		17:40:05	
17:48:37		17:43:59	
17:52:37		17:48:40	
17:57:15		17:52:31	
18:01:04		17:57:15	
18:05:46		18:01:04	
18:10:35		18:06:02	
18:15:14		18:09:38	
18:18:38		18:14:24	
18:23:16		18:18:16	
18:26:48		18:22:57	
18:31:27		18:26:51	
18:35:21		18:31:29	
18:39:59		18:35:20	
18:43:56		18:40:10	
18:48:59		18:44:09	
18:52:36		18:48:44	
18:57:15		18:52:41	
19:01:14		18:57:15	
19:05:51		19:01:10	
19:09:37		19:05:47	
19:14:17		19:09:43	
19:18:15		19:14:26	
19:22:53		19:18:20	
19:26:45		19:22:56	

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
19:31:25		19:26:56	
19:36:42		19:31:34	
19:42:18		19:36:32	
19:48:35		19:42:23	
19:53:14		19:47:27	
19:58:16		19:53:11	
20:04:20		19:58:19	
20:09:12		20:04:06	
20:14:59		20:09:37	
20:20:13		20:15:03	
20:25:41		20:21:20	
20:30:59		20:26:37	
20:36:40		20:32:41	
20:41:53		20:37:15	
20:47:28		20:41:56	
20:52:46		20:47:39	
20:58:26		20:52:51	
21:03:41		20:58:34	
21:09:18		21:03:42	
21:14:35		21:09:24	
21:20:09		21:14:38	
21:25:29		21:20:10	
21:31:04		21:25:38	
21:36:23		21:31:15	
21:42:03		21:36:29	
21:47:17		21:42:17	
21:52:54		21:47:22	
21:58:10		21:53:13	
22:03:46		21:58:14	
22:09:04		22:03:58	
22:14:42		22:09:08	
22:19:59		22:14:57	
22:25:48		22:20:02	
22:31:01		22:25:46	
22:36:51		22:30:58	

jueves, 27 de abril de 2023		viernes, 28 de abril de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
22:41:55		22:36:47	
22:47:41		22:41:48	
22:52:51		22:47:37	
22:58:06		22:52:48	
23:02:18		22:58:28	
23:08:51		23:02:42	
23:14:13		23:08:36	
23:18:21		23:14:14	
23:22:39		23:20:14	
23:31:18		23:25:44	
23:37:56		23:30:53	
		23:39:29	
		23:47:03	

12 EQUIPO DE TRABAJO

Aldo Campos Pérez – Ing. en Control de Vibración y Ruido (U. Austral de Chile); Mg. Ing. Estructural y Geotecnia (P.U.C.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.
- Validación de documento.

Francisco Gutiérrez Alvarado – Ing. en Sonido y Acústica (U.D.L.A.):

- Mediciones en Terreno.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Edgar Céspedes Silva – Ing. en Sonido (A.I.E.P.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Rodrigo Contador Villagra – Instalador Eléctrico Clase D (Fundación Cades):

- Asistente en Terreno.

EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina

Preparado para:



Preparado por:



CONTADOR Y CAMPOS
INGENIEROS
ACUSTICA, CONTROL DE RUIDO Y VIBRACIONES

EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

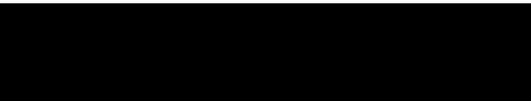
**Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina
Santiago | Chile**

Número de Proyecto: 230428-1

Contador y Campos Ingenieros Ltda.

Acústica, Control de Ruidos y Ruido

Santiago, Chile



www.contadorycampos.cl

Revisión 0

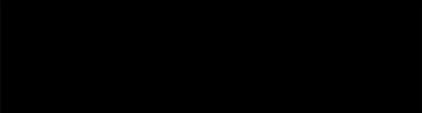
15 de septiembre de 2023

Elaborado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

Aprobado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

1. Nombre del Proyecto	Evaluación de Ruido Inducido Según FTA 0123-2018 – EPA (2013) Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina	
2. Código del Documento	230428-1	
3. Título del Documento	Evaluación FTA 0123:2018 – EPA (2013)	
4. Empresa Mandante	Metro	
5. Responsable Mandante	Cristian Barria	
6. Empresa Desarrolladora Estudio	Contador y Campos Ingenieros Ltda. Acústica, Control de Ruidos y Vibraciones 	
7. Fecha Actual Informe	15 de septiembre de 2023	
8. Revisión Actual Informe	0	
9. Responsable Elaboración	Edgar Céspedes S.	
10. Responsable Verificación	Francisco Gutiérrez A.	
11. Responsable Validación	Oscar Contador V.	
Control de Revisiones		
Revisión	Fecha	Comentarios
A	06/09/2023	Revisión para aprobación de Cliente.
0	15/09/2023	Aprobado por Cliente.

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	5
2	INTRODUCCION	6
3	OBJETIVO	7
4	ANTECEDENTES NORMATIVOS	7
4.1	FTA REPORT N°0123:2018.....	7
4.2	EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013).....	9
4.3	NORMATIVA COMPLEMENTARIA.....	10
5	ANTECEDENTES DE MEDICIÓN	12
5.1	PUNTO DE MEDICIÓN	12
5.2	EQUIPAMIENTO Y MONTAJE.....	15
6	METODOLOGÍA	18
6.1	VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN.....	20
7	MEDICIONES ACÚSTICAS.....	22
7.1	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS.....	22
7.2	RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA.....	25
7.3	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO.....	29
7.4	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO	42
8	EVALUACIÓN DE NORMATIVA.....	53
8.1	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.....	53
8.2	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.....	55
9	CONCLUSIÓN	57
10	REFERENCIAS	58
11	ANEXOS	59
11.1	Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA	59
11.2	Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis	66
11.3	Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE).....	69
12	EQUIPO DE TRABAJO	79

1 RESUMEN EJECUTIVO

El documento a continuación entrega los resultados obtenidos para la evaluación de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN), al interior de una edificación de acuerdo con la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

Los resultados analizados y presentados en este informe corresponden a los medidos en el receptor ubicado en San Lorenzo N°29, comuna de La Reina, cuyos registros al interior de la vivienda evaluada para el 1^{er} piso son comparados con los límites para residenciales de FTA 0123:2018 (límite más estricto) y los límites para residencias de la guía EPA Australiana.

El receptor se encuentra ubicado en el tramo perteneciente a Línea 3 de Metro S.A. comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, específicamente frente a la estación Fernando Castillo Velasco por el costado norte.

Se destaca que en horario diurno y nocturno no se presentaron circulaciones contaminadas por el ruido ambiente.

Debido a que la vibración y ruido inducido generados por la circulación de trenes no depende de la carga producto de la dependencia de la masa no suspendida del material rodante, es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno.

De esta manera 14 de las 25 circulaciones de trenes en horario diurno superan el límite máximo de ruido inducido para el tipo residencial definido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018, superando el nivel de evaluación máximo con una brecha de 3.5 dBA en la circulación de tren más alta. De igual manera 7 de las 20 circulaciones de trenes en horario nocturno superan el límite máximo de ruido inducido, con una brecha de 1.4 dBA en la circulación de tren más alta.

Para la evaluación de ruido inducido en receptores del tipo residencial definida por la metodología estipulada en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013), todas las circulaciones de trenes en horario diurno cumplen con el límite máximo, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -1.5 dBA en la circulación de tren más alta. No obstante 7 de 20 circulaciones de trenes en horario nocturno superan el límite máximo de ruido inducido, con una brecha de 1.4 dBA en la circulación de tren más alta.

2 INTRODUCCION

El presente informe entrega los resultados obtenidos de la medición y evaluación de Ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) al interior de una edificación, de acuerdo con la metodología estipulada en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 "*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*" y con la guía EPA – South Australia (2013) "*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*", debido a la circulación de trenes asociados a la operación de Línea 3 de Metro S.A. de Santiago. Esta línea presenta 18 estaciones y se extiende por 22 km aproximadamente, abarcando las comunas de Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Ñuñoa y La Reina.

Los resultados presentados y analizados en este documento corresponden a una vivienda ubicada específicamente en San Lorenzo N°29, comuna de La Reina, en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, correspondiente a una vivienda de 2 pisos.

Se analizan los niveles de ruido inducido medido de manera continua en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LAmx) con respuesta lenta (slow) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "C" con respuesta lenta (slow).

De manera complementaria, debido al conocimiento de ruido ambiente en la ciudad de Santiago producto del tránsito vehicular, se realizan mediciones de vibraciones mecánicas para el análisis de la señal de velocidad mediante registro de tiempo historia para cada eje de medición, considerando los niveles registrados en el eje de mayor valor para estimar el nivel de ruido inducido en aquellos casos donde el ruido ambiente interfiere el correcto análisis de los descriptores mencionados anteriormente.

3 OBJETIVO

Evaluar los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) asociado a la circulación de trenes en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3, al interior del recinto ubicado en San Lorenzo N°29, comuna de La Reina, contrastando los niveles registrados con los máximos permitidos según la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y con los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

4 ANTECEDENTES NORMATIVOS

4.1 FTA REPORT N°0123:2018

Este criterio normativo corresponde a la metodología recomendada por el Departamento de Transporte de Estados Unidos, a través del reporte de la Agencia Federal de Tránsito (FTA) publicado en septiembre de 2018, que considera la evaluación para período diurno (entre 07:00 hrs a 22:00 hrs) y período nocturno (entre 22:00 hrs y 07:00 hrs) de los niveles de ruido inducido (GBN) originados por la contribución exclusiva del tránsito ferroviario en el interior del recinto evaluado ubicado en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco.

Este criterio normativo no es claro en el descriptor, ni tampoco en el tipo de respuesta del instrumental (slow o fast) para cuantificar los niveles de presión sonora. De hecho, la tabla 5-1, página 110 de la FTA detalla que, “*Los niveles de sonido con ponderación A representan el ruido general en un receptor que se ajusta en frecuencia para aproximarse a la sensibilidad de la audición humana típica. Esta unidad se utiliza para caracterizar el ruido transmitido por el suelo*”.

Tabla 1. Métricas para Ground-borne Vibration y Ground-borne Noise.

Metric	Abbreviation	Definition
Vibration Decibels	VdB	The vibration velocity level in decibel scale.
Peak Particle Velocity	PPV	The peak signal value of an oscillating vibration velocity waveform. Usually expressed in inches/second in the United States.
Root Mean Square	rms	The square root of the arithmetic average of the squared amplitude of the signal.
A-weighted Sound Level	dBA	A-weighted sound levels represent the overall noise at a receiver that is adjusted in frequency to approximate typical human hearing sensitivity. This unit is used to characterize ground-borne noise.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-1, página 110.

El criterio de evaluación se basa en una comparación entre los niveles medidos y los niveles de referencia indicados como apenas perceptible y distintivamente perceptible establecidos en el capítulo 5 de la guía presentados en la tabla a continuación.

Tabla 2. Respuesta humana a los diferentes niveles de vibración y ruido inducido.

Vibration Velocity Level	Noise Level		Human Response
	Low Freq*	Mid Freq**	
65 VdB	25 dBA	40 dBA	Approximate threshold of perception for many humans. Low-frequency sound: usually inaudible. Mid-frequency sound: excessive for quiet sleeping areas.
75 VdB	35 dBA	50 dBA	Approximate dividing line between barely perceptible and distinctly perceptible. Many people find transit vibration at this level annoying. Low-frequency noise: tolerable for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive in most quiet occupied areas.
85 VdB	45 dBA	60 dBA	Vibration tolerable only if there are an infrequent number of events per day. Low-frequency noise: excessive for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive even for infrequent events for some activities.

*Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 30 Hz.
**Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 60 Hz.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-5, página 120.

El procedimiento establecido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 indica que el nivel de ruido inducido se estima aplicando la curva de ponderación A al espectro RMS 1 segundo de velocidad vibratoria en tercios de octava y sustrayendo 5 dB adicionales.

Ilustración 1. Metodología para estimar el nivel de ruido inducido a partir del espectro de velocidad.

xi The A-weighted level of ground-borne noise can be estimated by applying A-weighting to the vibration velocity spectrum and by subtracting an additional 5 dB for a room with average acoustical absorption. Since the A-weighting at 31.5 Hz is -39.4 dB, if the vibration spectrum peaks at 30 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 40 dB lower than the velocity level. If the vibration spectrum peaks at 60 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 25 dB lower than the velocity level.

Fuente: Manual FTA, pie de página, página 119.

Para la definición del límite normativo a considerar, se utiliza la categoría 2 en uso de suelo, aplicable a recintos residenciales y eventos frecuentes, cuyo límite es el más estricto para este tipo de edificaciones.

Tabla 3. Categorías según uso de suelo efectivo.

Land Use Category	GBV Impact Levels (VdB re 1 micro-inch /sec)			GBN Impact Levels (dBA re 20 micro Pascals)		
	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events
Category 1: Buildings where vibration would interfere with interior operations.	65 VdB*	65 VdB*	65 VdB*	N/A**	N/A**	N/A**
Category 2: Residences and buildings where people normally sleep.	72 VdB	75 VdB	80 VdB	35 dBA	38 dBA	43 dBA
Category 3: Institutional land uses with primarily daytime use.	75 VdB	78 VdB	83 VdB	40 dBA	43 dBA	48 dBA

* This criterion limit is based on levels that are acceptable for most moderately sensitive equipment such as optical microscopes. For equipment that is more sensitive, a Detailed Vibration Analysis must be performed.
** Vibration-sensitive equipment is generally not sensitive to ground-borne noise; however, the manufacturer's specifications should be reviewed for acoustic and vibration sensitivity.

Fuente: Manual FTA, tabla 6-3, página 126.

4.2 EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013)

Este criterio normativo corresponde a la guía “Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure, de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013)”, se presentan a continuación los límites normativos a considerar según el criterio de ruido inducido para receptores del tipo residencial establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA.

Tabla 4. Categorías según uso de suelo efectivo.

Landuse	Time period	Ground-borne noise criteria, dB(A)
Residential	Day, 7 am to 10 pm	40 L_{Amax} (slow)
	Night, 10 pm to 7 am	35 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – quiet areas	When in use	40 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – other areas	When in use	45 L_{Amax} (slow)
Hospitals – sleeping areas	When in use	35 L_{Amax} (slow)
Hospitals – other areas	When in use	40–45 L_{Amax} (slow)

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 2.2, tabla 3, página 10.¹

En esta guía, se entregan las directrices que describen los enfoques para minimizar y gestionar los impactos del ruido inducido y las vibraciones mecánicas de la actividad ferroviaria, incluido el proceso para evaluar los impactos potenciales y permitir una gestión ambiental adecuada.

En el capítulo 4.2 de la presente guía, se establece la metodología para la medición de ruido inducido, el descriptor a utilizar para su evaluación respecto de los valores obtenidos de una circulación de tren corresponde al Nivel de Presión Sonora Máximo con Ponderación “A” (L_{Amax}) y respuesta lenta (slow) como se indica en la siguiente ilustración:

4.2 Ground-borne rail noise measurement

Ground-borne rail noise levels at a site should only be measured where the level of ground-borne rail noise is higher than that of air-borne noise from the rail pass-bys.

To provide ground-borne noise measurements of appropriate accuracy:

- sound level meters are to be of at least Class 1 certification as defined by AS IEC–61672.1–2004
- meters or loggers must be calibrated on site immediately before and after any measurement period using a calibrator which is suitable for the class of the instrument and complies with AS IEC–60942–2004
- L_{Amax} levels should be measured using the ‘Slow’ response setting on the meter or logger.

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 4.2, página 20.

¹ https://www.epa.sa.gov.au/files/47789_guidelines_rail_noise.pdf

Esta misma guía menciona que la Norma ISO 14837-1 proporciona información complementaria sobre la medición del ruido transmitido por el suelo de las operaciones ferroviarias.

4.3 NORMATIVA COMPLEMENTARIA

Guía general ISO 14837-1 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices sobre las consideraciones esenciales asociadas con la cuantificación de los niveles de ruido transmitido por el suelo o GBN que aplica para este caso.

Uno de los puntos importantes, corresponde al espectro de interés para efectos de evaluación del GBN el cual establece el rango entre los 16 Hz a 250 Hz mencionado en el capítulo 5.3, página 9.

5.3 Perception of ground-borne noise (16 Hz to 250 Hz)

Ground-borne noise occurs when often imperceptible levels of ground-borne vibration give rise to vibration of building surfaces, and some contents that in turn cause an audible “rumbling” sound, usually by radiation to the air inside rooms. Ground-borne noise is more often associated with rail systems in tunnels, as distinct from railways at grade, because the receiving building is completely screened from any airborne noise in the tunnel. Ground-borne noise could, however, also be an issue for an at-grade situation in a room that is on the remote façade to the source.

En el capítulo 6.3, página 11, detalla que se debe cuantificar el ruido transmitido por el suelo utilizando el nivel máximo de presión acústica ponderado en A con una constante de tiempo “Slow”, abreviado como $L_{pASmáx}$ (abreviatura similar a L_{Amax}).

6.3 Perception of ground-borne noise

Ground-borne noise should be evaluated in the metric recommended by the relevant national standards and should be consistent with the form of the guide value to be adopted.

To assist in future standards development of rating values, ground-borne noise should also be quantified using the maximum A-weighted sound pressure level with a slow time constant, L_{pASmax} and the raw unweighted sound pressure time history should be preserved so that metrics such as event L_{pAeq} and the one-third-octave band linear spectrum of the event can be derived.

Guía general ISO/TS 14837-31 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices respecto de las mediciones en terreno, entregando una recomendación objetiva respecto de la discriminación de cuando un ruido es de baja frecuencia y por ende se asocia a ruido inducido (Ground-borne Noise) y no a ruido aéreo (airborne Noise).

En tabla 9 “*Requeriments on analysis, evaluation and reporting procedures*”, páginas 17 y 18 se indica:

The difference $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ should be calculated and reported (see Note 7)

NOTE 7 a difference of 15 dB between the average values $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ indicates low-frequency noise, characteristic of Ground-borne noise; conversely, a small difference may indicate the presence of airborne noise (see reference 23).

Lo cual se traduce que si la diferencia en los descriptores $L_{pCSmax} - L_{pASmax} \geq 15$ dB existe presencia de ruido de baja presencia asociado a ruido inducido.

5 ANTECEDENTES DE MEDICIÓN

5.1 PUNTO DE MEDICIÓN

El recinto evaluado se ubica en San Lorenzo N°29, Comuna de La Reina, vivienda de 2 pisos que se ubica a 35 m perpendiculares al eje de la vía aproximadamente en el PK 21+380 por el costado norte, en la intersección Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3.

La medición se realizó los días 11 y 12 de mayo del año 2023, en el interior de la vivienda, específicamente en el dormitorio, que contaba con mobiliario típico de este tipo de recinto.

Cabe señalar que la zona del trazado de la vía frente a la cual se emplaza el recinto evaluado corresponde a una zona recta, y con sistema de soporte con sistema de mitigación de vibraciones del tipo -10 dB implementado.

Las siguientes ilustraciones muestran la ubicación del punto de medición.

Ilustración 2. Vista aérea intersección Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco (fuente de referencia: Google Earth).

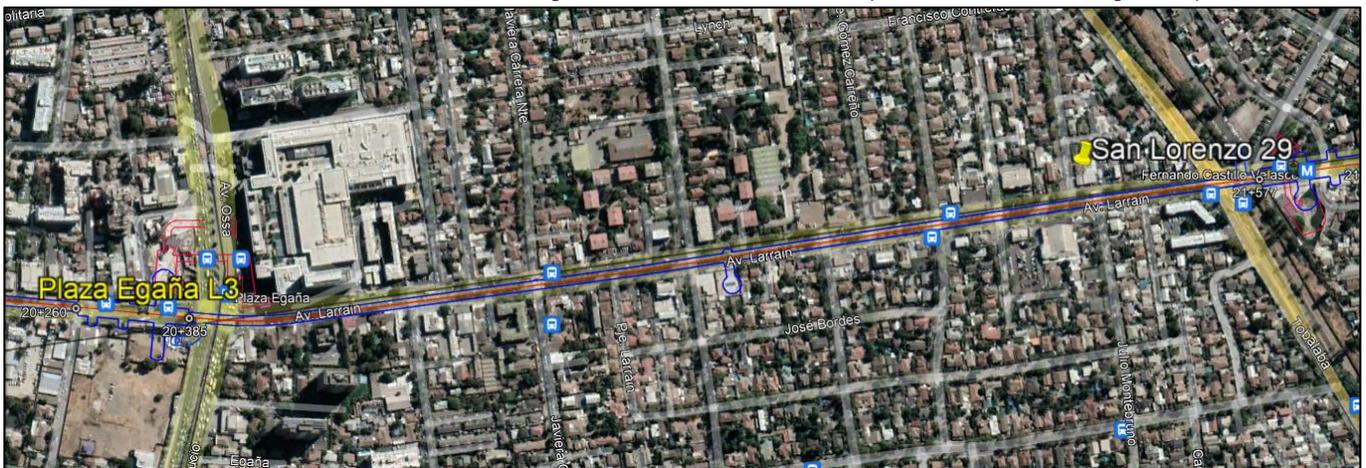
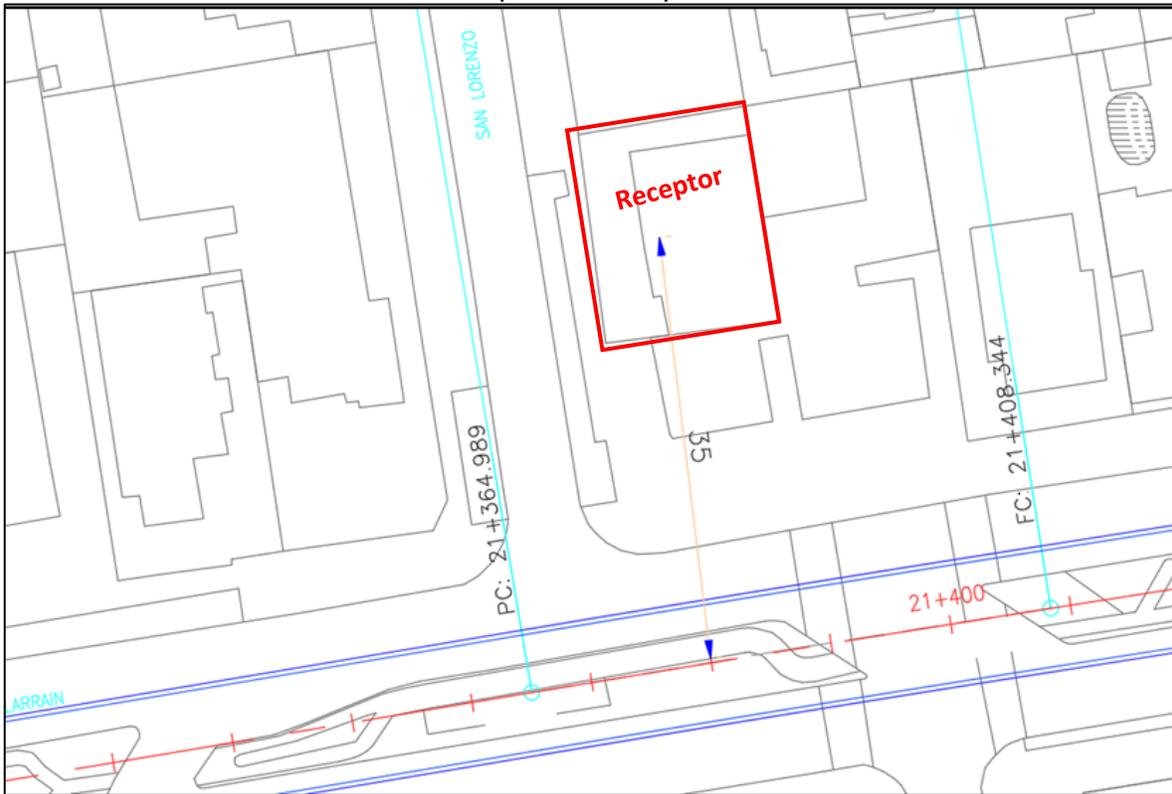


Ilustración 3. Croquis de ubicación punto de medición.



Vista en planta y Frontis del recinto





Tabla 5. Descripción del punto de medición.

Punto de evaluación	Coordenadas U.T.M. Datum WGS84		Descripción	Pk del trazado L3
	E	N		
San Lorenzo N°29 (1 ^{er} piso) Comuna de La Reina	354 960	6 297 504	Medición interior	21+380

5.2 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

Se realizó el montaje de equipamiento para la medición de ruido inducido y vibración mecánica, de acuerdo con los espacios disponibles en el recinto facilitado por los residentes, donde el instrumental utilizado es el siguiente:

- Sonómetro
1 sonómetro marca NTI Audio modelo XL2-TA, Clase 1.
1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
- Sensores
3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000mV/g de sensibilidad.
- 1 Sistema de adquisición vibraciones Embebido Compact Rio 9063
3 canales de adquisición con 1 unidad C-Module 9230.

Tabla 6. Características sistema Embebido Compact Rio 9063.

Input Characteristics	
Number of channels	3 analog input channels
ADC resolution	24 bits
Type of ADC	Delta-Sigma (with analog prefiltering)
Sampling mode	Simultaneous
Type of TEDS supported	IEEE 1451.4 TEDS Class I
TEDS capacitive drive	3000 pF
Internal master timebase (f_M)	
Frequency	13.1072 MHz
Accuracy	±100 ppm
Data rate range (f_s) using internal master timebase	
Minimum	0.985 kS/s
Maximum	12.8 kS/s
Data rate range (f_s) using external master timebase	
Minimum	0.977 kS/s
Maximum	12.84 kS/s

Para el presente estudio se consideró una medición continua de ruido inducido y vibraciones mecánicas de 24 hrs al interior del recinto, con logging cada 1 segundo en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LAmáx) con respuesta lenta (slow), y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” con respuesta lenta (slow), mediante sonómetro clase 1.

Ilustración 4. Montaje sonómetro.



Acorde a lo indicado en la metodología de medición utilizada, se considera una medición de vibración mecánica en la misma ubicación de sonómetro, cuantificando la velocidad vibratoria con referencia 1 $\mu\text{in/s}$ con un registro del tipo tiempo historia de la señal sin ponderación para cada eje de medición durante 24 hrs, en caso de requerir estimar el ruido inducido según la metodología establecida en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018.

Los acelerómetros instalados al interior del recinto fueron fijados al piso flotante de madera mediante imanes a un cubo de acero la que a su vez será adherida al piso mediante el uso de cera de abeja. Se considero la instalación de un peso de 32 kg cercano al punto de medición por el tipo de piso existente, el cual es complementado con los muebles existentes dada su cercanía, y que cumplieran una función similar asociada a representar de mejor manera la interacción suelo – humano.

La frecuencia natural del sistema se encuentra en un rango mayor a los 250 Hz tomando el eje vertical representativo para el resto de los ejes, se debe verificar que la resonancia natural horizontal no influya significativamente en la medición, por lo que si hay efectos se debe ubicar otro sector de apoyo de sensor. Según lo anterior la frecuencia natural del sistema se encuentra fuera del rango interés de mayor relevancia centrado principalmente en torno a los 63 Hz.

Ilustración 5. Montaje medición triaxial de velocidad de vibración.



Ilustración 6. Ubicación equipos al interior del recinto.



6 METODOLOGÍA

De acuerdo con el procedimiento establecido en el manual de la FTA 0123:2018, las mediciones consideran el registro solo al interior del recinto. De esta manera se registró un total de 25 circulaciones de trenes en horario diurno y 20 circulaciones en horario nocturno (medición pass-by), a la velocidad comercial existente actualmente en este tramo.

Se asocian estas circulaciones en los casos que es posible, a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil, los cuales se resumen en tabla a continuación.

Tabla 7. Horarios asociados a normativa y bloques horarios de operación Metro.

Horario FTA	Horario Circulación Metro	Observaciones
Diurno (07:00 a 22:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
Nocturno (22:00 a 07:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA (horario cierre y apertura normal)
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA

Metro de Santiago, facilitó los registros de circulación de trenes de los días 11 y 12 de mayo del año 2023 en el tramo en cuestión, el cual se encuentra en Anexo 11.3 del presente informe.

Se analiza la presión sonora medida, considerando el descriptor Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" LAmax y respuesta lenta (slow), y el registro gráfico de la envolvente de cada circulación de tren.

Se analiza la señal de velocidad de vibración del eje de mayor nivel para aquellas circulaciones influenciadas por el ruido ambiente presente durante la medición, de acuerdo con la revisión de la envolvente y registro de audio respectivo, en bandas de tercios de octava en el rango de frecuencia de interés entre 16 Hz y 250 Hz.

Para la predicción del nivel de ruido inducido de acuerdo con los niveles de velocidad vibratoria, se considera la detección del segundo de máximo valor RMS de velocidad vibratoria integrado de 1 segundo con referencia 1 $\mu\text{in/s}$, para luego estimar el espectro en tercios de octava del nivel de ruido inducido en ponderación A. Este espectro corresponderá entonces a valores RMS de 1 segundo de acuerdo con la metodología establecida en la guía FTA 0123:2018.

Los niveles de ruido inducido serán contrastados con el límite residencial para uso de suelo categoría 2 y eventos frecuentes según FTA 0123:2018 y con los límites residenciales según capítulo 2.2 guía EPA Australiana, con el fin de verificar el cumplimiento normativo de la circulación de trenes en el punto de medición.

- Escenario de Peor Condición de Inmisión

Es importante destacar que la condición evaluada corresponde a la peor condición, dado que la vibración y ruido inducido generada por la circulación de trenes no depende de la carga de este sino de la masa no suspendida, por tanto es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno, destacando que la evaluación en horarios de bajo tráfico vehicular o bajo ruido aéreo genera que el ruido inducido por la circulación de trenes sea más notoria, lo que se condice con los reclamos que se reciben en esta materia, producto de la menor influencia y enmascaramiento del ruido ambiente.

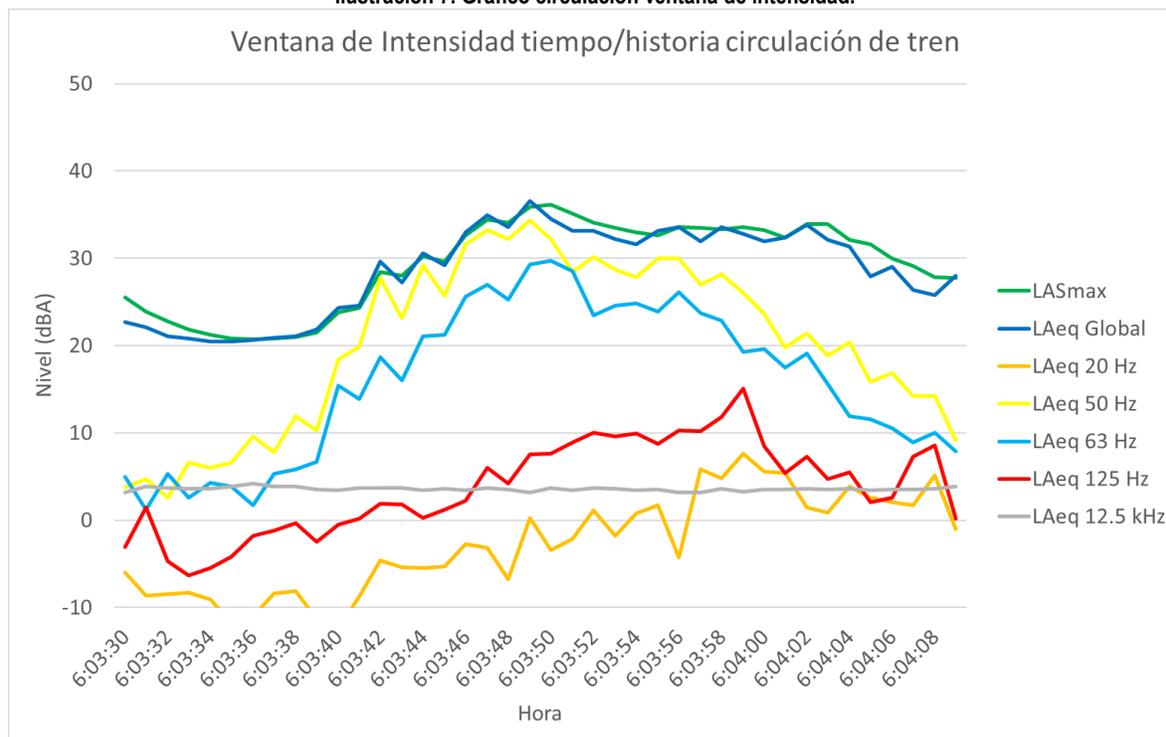
Además, se estima el nivel de ruido inducido para cada uno de los ejes de vibración (Este, Norte y Vertical), de los cuales se evalúa el eje con el nivel vibratorio más alto cuando es necesario utilizar la predicción indicada por FTA 0123:2018, lo anterior con objeto de representar todos los casos en que el eje vertical no es el predominante, lo que es factible que pueda ocurrir en un porcentaje menor de las evaluaciones, situándonos de esta manera en el escenario de peor condición de inmisión en este aspecto.

6.1 VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN

Con objeto de mejorar la identificación de la fuente, se aísla para cada banda de tercio de octava la señal tiempo historia y se verifica que la ventana de intensidad corresponda a la de una circulación de tren. En el caso de que cada ventana de intensidad no corresponda a una pasada de tren (ruido de fondo, ruidos ajenos o propios al interior del recinto), esta banda es descartada.

A continuación, se presenta la metodología para la obtención de la ventana de intensidad respecto de una circulación de tren al interior del recinto evaluada, que considera el espectro de frecuencia medido.

Ilustración 7. Gráfico circulación ventana de intensidad.

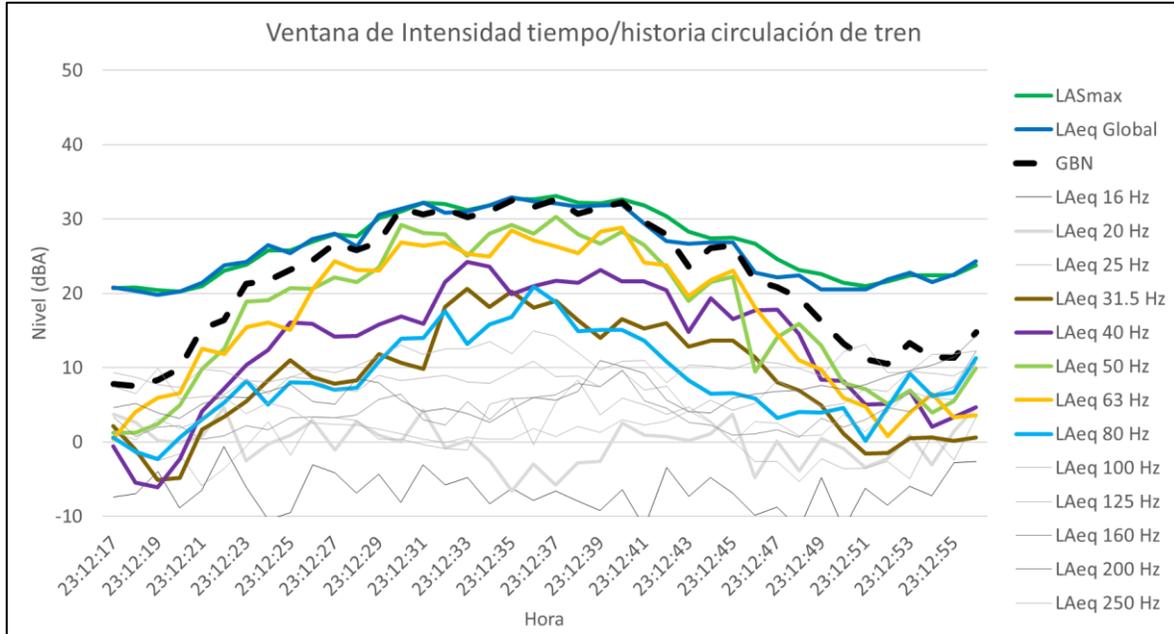


Con base a la identificación de la ventana de intensidad que corresponda al evento de ruido inducido ferroviario y no a las actividades propias al interior del recinto, se puede observar en la ilustración anterior, que las bandas de 20 Hz, 125 Hz y 12.5 kHz no contribuyen a la circulación de tren, no así las frecuencias de 50 Hz y 63 Hz que se asemejan al comportamiento del LASmax y LAeq Global propias de la medición en una circulación limpia.

Las bandas de tercios de octavas que son consideradas para la suma energética del nivel global son aquellas que tienen un comportamiento de ventana ferroviaria, y se seleccionan a partir de una inspección visual para cada circulación de tren.

De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación la misma circulación de tren analizada incluyendo el rango completo de tercios de octavas desde los 16 Hz hasta los 250 Hz como bandas de interés.

Ilustración 8. Gráfico circulación ventana de intensidad total de bandas de tercios de octavas GBN.



Según los criterios detallados anteriormente, se puede observar que las bandas de tercios de octavas que contribuyen en los niveles de ruido inducido producto de la circulación de tren medido al interior del receptor corresponden a las bandas entre los 31.5 Hz y 80 Hz. Este rango de frecuencia es propio de esta vivienda debido a la materialidad y geometría de la construcción. Por lo tanto, se presenta la curva del GBN (línea punteada en negro) correspondiente a la suma energética de las bandas mencionadas.

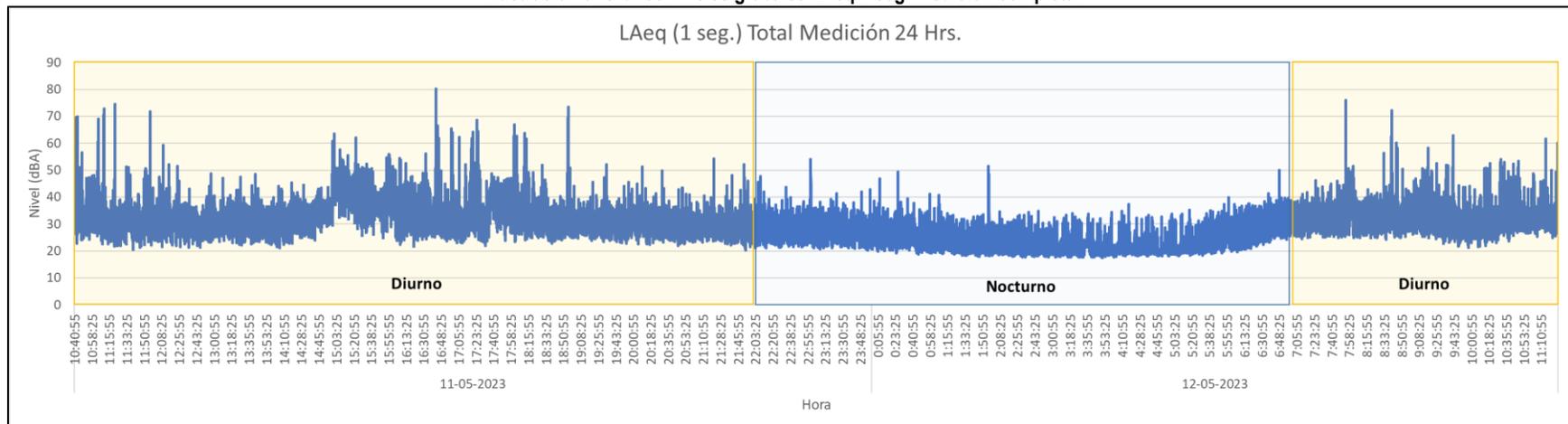
7 MEDICIONES ACÚSTICAS

7.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS

Se realizó una medición de 24 horas continuas al interior del recinto, en donde se identifican los periodos de menor ruido de fondo para analizar las circulaciones menos influenciadas por fuentes externas asociadas principalmente a ruido de tráfico y uso propio de los residentes de la edificación, dichos periodos fueron de desde las 12:40 hrs hasta las 14:20 hrs y desde las 18:50 hrs hasta las 21:40 hrs del 11 de mayo para el horario diurno; desde las 22:10 hasta las 23:30 hrs del 11 de mayo y desde las 6:00 hrs hasta las 6:55 hrs del 12 de mayo para el periodo Nocturno.

En el siguiente gráfico se presenta el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (LAeq 1 seg.) de la medición.

Ilustración 9. Gráfico niveles globales LAeq 1 seg. medición completa.



A continuación, se grafica por separado el nivel LAeq 1 seg. de los 2 períodos medidos equivalente a 24 horas, destacando con recuadro rojo el horario seleccionado para el análisis de circulación de trenes. El horario destacado se prefirió debido a la disminución del ruido de fondo y a la presencia de trenes en dichos horarios, de acuerdo con las circulaciones diarias entregadas por Metro de Santiago.

Ilustración 10. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 11 mayo 2023.

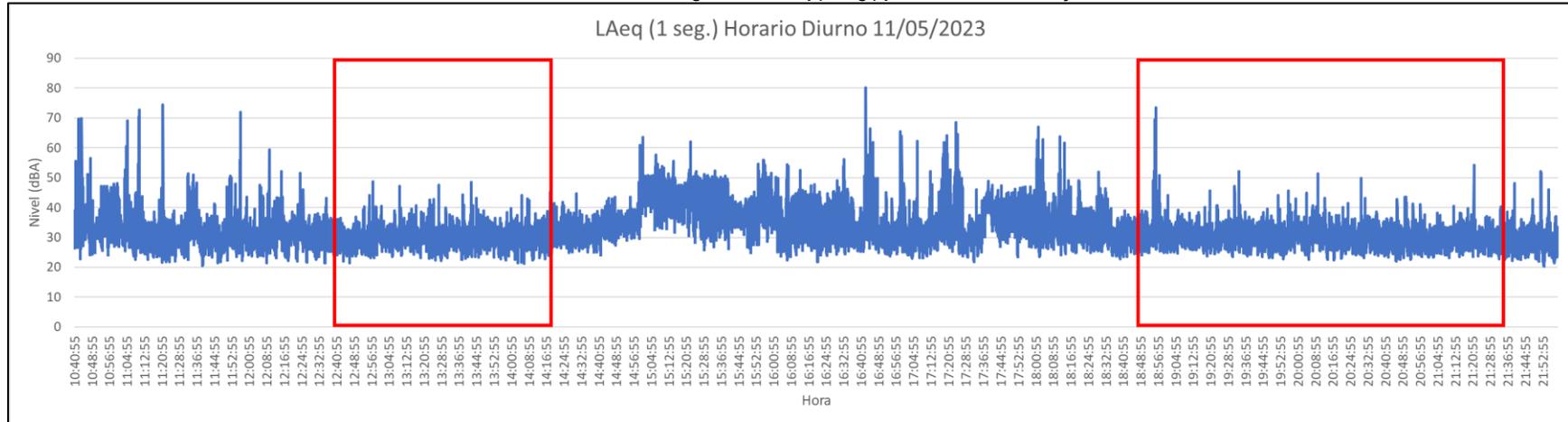


Ilustración 11. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo nocturno 11 al 12 mayo 2023.

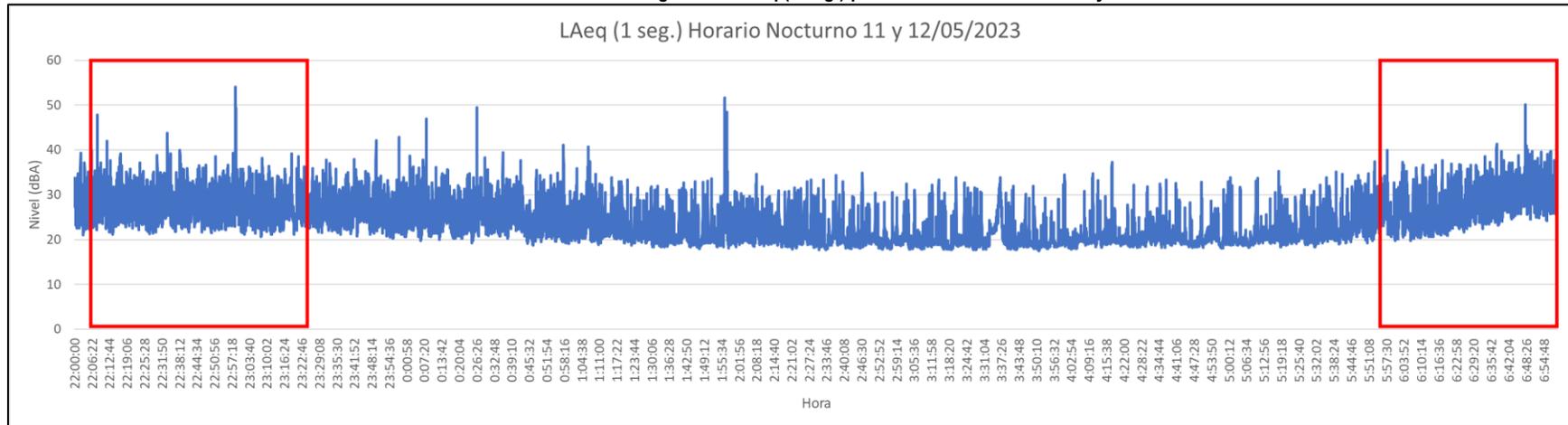
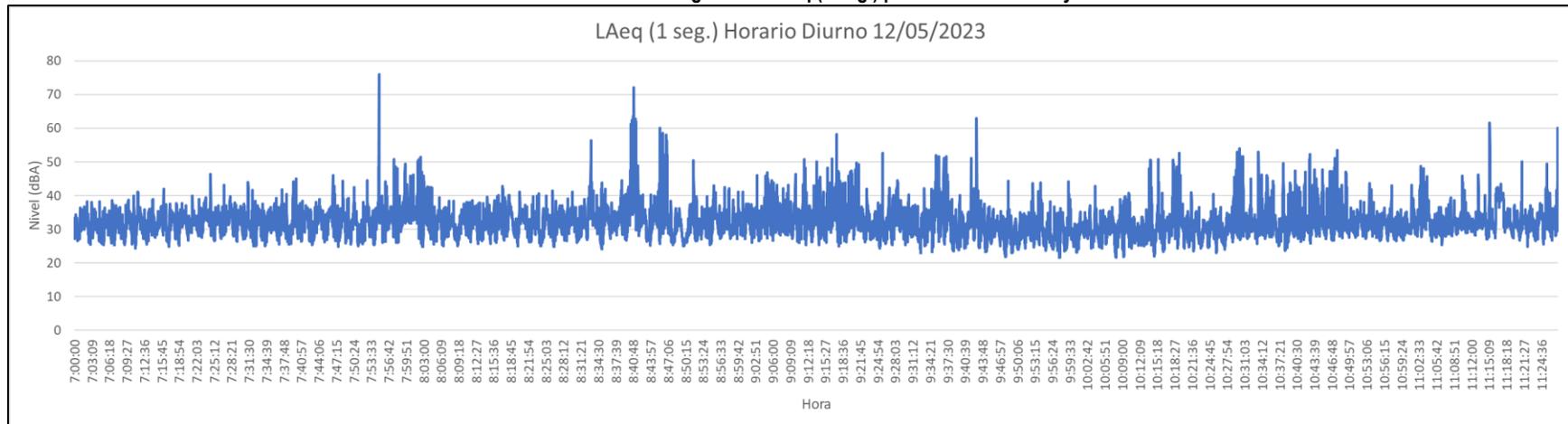


Ilustración 12. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 12 mayo 2023.



7.2 RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA

A continuación, se presenta una tabla resumen de los niveles de ruido inducido medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período diurno, identificándose el número de circulación, la fecha y hora de dicha circulación, la vía por la cual circulo y el número de identificación del tren, los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LAmaz), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” (LCmax) ambos con respuesta lenta (slow), la diferencia entre estos descriptores, además si los niveles están influenciados por el ruido ambiente y el nivel aproximado de ruido ambiente antes y después de la circulación de tren identificada.

Cabe destacar que el nivel LAmaz (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. En caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA. Esta condición no se generó para las mediciones diurnas y nocturnas evaluadas.

Tabla 8. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Diurno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmaz (slow) (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmaz (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
1	11-05-2023	12:40:13	2	21	34.9	34.6	32.9	61.6	27.0	No	27.5 - 31.7
2	11-05-2023	12:50:08	2	31	35.4	36.0	35.3	63.7	27.7	No	25.1 - 29.4
3	11-05-2023	13:00:08	1	27	35.6	35.0	35.1	62.8	27.8	No	29.5 - 29.5
4	11-05-2023	13:01:55	2	27	35.4	34.9	35.0	63.3	28.4	No	29.5 - 27.8
5	11-05-2023	13:21:29	1	23	33.7	33.5	31.6	59.2	25.7	No	27.9 - 25.9
6	11-05-2023	13:32:18	2	4	37.6	37.4	36.0	61.6	24.2	No	27.3 - 29.1
7	11-05-2023	13:53:41	2	21	31.3	32.9	31.9	60.4	27.5	No	29.7 - 27.3
8	11-05-2023	14:01:08	1	31	34.8	34.6	33.3	61.7	27.1	No	26.1 - 30.6
9	11-05-2023	14:13:05	1	27	32.9	33.9	32.9	61.7	27.8	No	28.8 - 28.3
10	11-05-2023	14:14:52	2	27	36.5	36.0	36.4	63.9	27.9	No	26.2 - 29.7
11	11-05-2023	18:58:23	1	41	36.9	36.8	36.3	63.7	26.9	No	32.3 - 31.1
12	11-05-2023	18:59:53	2	41	39.2	38.3	38.0	65.9	27.6	No	30.8 - 31.8
13	11-05-2023	19:07:04	1	31	33.6	34.4	33.3	60.8	26.4	No	27.9 - 30.4
14	11-05-2023	19:08:33	2	31	35.0	35.7	34.8	63.4	27.7	No	28.5 - 27.9
15	11-05-2023	19:36:02	1	37	33.7	35.4	32.2	61.8	26.4	No	24.6 - 32.5
16	11-05-2023	19:58:30	2	4	35.0	34.9	32.0	58.4	23.5	No	30.7 - 21.5
17	11-05-2023	20:07:03	1	28	34.1	33.7	32.8	60.4	26.7	No	31.6 - 28.9
18	11-05-2023	20:18:05	1	41	37.4	37.1	36.2	64.4	27.3	No	27.2 - 30.8
19	11-05-2023	20:54:07	1	37	31.9	33.3	32.5	60.9	27.6	No	24.5 - 26.9
20	11-05-2023	21:06:29	2	23	32.4	32.2	31.1	62.4	30.2	No	24.6 - 29.3
21	11-05-2023	21:16:24	1	4	35.0	35.2	33.1	60.4	25.2	No	25.5 - 30.3
22	11-05-2023	21:17:50	2	4	36.5	36.4	31.9	59.0	22.6	No	27.3 - 25.8

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmáx (slow) (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	LCmáx (slow)	LCmáx - LAmáx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
23	11-05-2023	21:28:12	2	28	34.6	35.3	35.5	63.6	28.3	No	26.4 - 31.5
24	11-05-2023	21:37:33	1	41	35.8	36.0	34.8	62.9	26.9	No	24.9 - 29.7
25	11-05-2023	21:39:01	2	41	39	38.5	37.9	65.2	26.7	No	22.5 - 32.4

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmáx - LAmáx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para la evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Asimismo, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los niveles de ruido inducido (GBN) medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período nocturno.

Similar al caso anterior, el nivel LAmáx (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. Asimismo, en caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA.

Tabla 9. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Nocturno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmáx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmáx (slow)	LCmáx - LAmáx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
1	11-05-2023	22:10:11	1	37	31.8	32.4	31.4	64.6	32.2	No	24.2 - 32.1
2	11-05-2023	22:11:48	2	37	34.2	34.2	32.0	59.9	25.7	No	27.4 - 26.2
3	11-05-2023	22:32:13	1	4	34.5	34.6	32.0	59.5	24.9	No	26.1 - 28.6
4	11-05-2023	22:43:06	1	28	31.8	33.0	31.8	59.8	26.8	No	28.8 - 26.5
5	11-05-2023	22:44:36	2	28	35.7	35.9	35.5	64.0	28.1	No	27.2 - 25.2
6	11-05-2023	22:53:57	1	41	35.4	35.3	34.6	63.2	27.9	No	30.8 - 29.1
7	11-05-2023	22:55:31	2	41	36.7	36.1	36.8	64.2	28.1	No	23.7 - 26.6
8	11-05-2023	23:05:02	2	24	28.6	30.0	28.1	57.2	27.2	No	22.5 - 23.3
9	11-05-2023	23:10:22	1	27	34.7	35.3	34.2	62.9	27.6	No	24.6 - 29.1
10	11-05-2023	23:13:37	2	27	33.3	33.4	33.5	61.2	27.8	No	24.2 - 26.1
11	11-05-2023	23:21:40	1	39	33.3	33.6	31.9	64.1	30.5	No	25.1 - 24.9
12	11-05-2023	23:23:18	2	39	36.1	36.4	35.6	65.0	28.6	No	24.9 - 23.9
13	11-05-2023	23:26:56	1	37	32.7	32.9	31.4	59.1	26.2	No	23.0 - 30.5
14	11-05-2023	23:28:50	2	37	32.0	32.8	31.7	59.8	27.0	No	24.8 - 26.4
15	12-05-2023	6:03:30	2	39	34.5	36.1	35.8	63.9	27.8	No	20.5 - 26.4
16	12-05-2023	6:12:58	1	31	33.9	34.4	32.7	61.5	27.1	No	20.9 - 29.4
17	12-05-2023	6:14:46	2	31	33.9	34.2	34.1	62.2	28.0	No	22.3 - 31.5
18	12-05-2023	6:27:25	1	30	30.0	30.2	28.7	58.1	27.9	No	28.0 - 23.2
19	12-05-2023	6:35:34	1	27	35.7	35.5	35.6	63.5	28.0	No	24.4 - 30.8

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
20	12-05-2023	6:54:06	2	4	33.0	34.3	31.8	57.9	23.6	No	27.6 - 25.8

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmax – LAmx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Al igual que en horario diurno, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

Al momento de identificar una circulación de tren, se analiza gráficamente los descriptores medidos distinguiendo los niveles asociados a una circulación de tren de los niveles del ruido de fondo. De forma paralela se analiza auditivamente los audios de las circulaciones, diferenciando la contribución de una circulación de tren y la presencia de fuentes externas.

En la siguiente tabla se muestran las circulaciones de tren asociadas a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil. existiendo al menos 5 mediciones en cada bloque horario.

Tabla 10. Circulaciones asociadas a los bloques horarios de Metro de Santiago.

Periodo	Bloque Horario	N° circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren
Diurno	Bajo (20:45 - Cierre)	19	11-05-2023	20:54:07	1	37
		20	11-05-2023	21:06:29	2	23
		21	11-05-2023	21:16:24	1	4
		22	11-05-2023	21:17:50	2	4
		23	11-05-2023	21:28:12	2	28
		24	11-05-2023	21:37:33	1	41
		25	11-05-2023	21:39:01	2	41
	Punta (07:00 - 09:00) (18:00 - 20:00)	11	11-05-2023	18:58:23	1	41
		12	11-05-2023	18:59:53	2	41
		13	11-05-2023	19:07:04	1	31
		14	11-05-2023	19:08:33	2	31
		15	11-05-2023	19:36:02	1	37
		16	11-05-2023	19:58:30	2	4
	Valle (09:00 - 18:00) (20:00 - 20:45)	1	11-05-2023	12:40:13	2	21
		2	11-05-2023	12:50:08	2	31
		3	11-05-2023	13:00:08	1	27
		4	11-05-2023	13:01:55	2	27
		5	11-05-2023	13:21:29	1	23
		6	11-05-2023	13:32:18	2	4
		7	11-05-2023	13:53:41	2	21
8		11-05-2023	14:01:08	1	31	
9		11-05-2023	14:13:05	1	27	
10		11-05-2023	14:14:52	2	27	
17		11-05-2023	20:07:03	1	28	
18		11-05-2023	20:18:05	1	41	
Nocturno		Bajo (22:00 - Cierre) (06:00 - 07:00)	1	11-05-2023	22:10:11	1
	2		11-05-2023	22:11:48	2	37
	3		11-05-2023	22:32:13	1	4
	4		11-05-2023	22:43:06	1	28
	5		11-05-2023	22:44:36	2	28
	6		11-05-2023	22:53:57	1	41
	7		11-05-2023	22:55:31	2	41
	8		11-05-2023	23:05:02	2	24
	9		11-05-2023	23:10:22	1	27
	10		11-05-2023	23:13:37	2	27
	11		11-05-2023	23:21:40	1	39
	12		11-05-2023	23:23:18	2	39
	13		11-05-2023	23:26:56	1	37
	14		11-05-2023	23:28:50	2	37
	15		12-05-2023	6:03:30	2	39
	16		12-05-2023	6:12:58	1	31
	17		12-05-2023	6:14:46	2	31
	18		12-05-2023	6:27:25	1	30
	19		12-05-2023	6:35:34	1	27
	20		12-05-2023	6:54:06	2	4

7.3 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período diurno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 31.5 Hz a 80 Hz en línea punteada de color rojo.

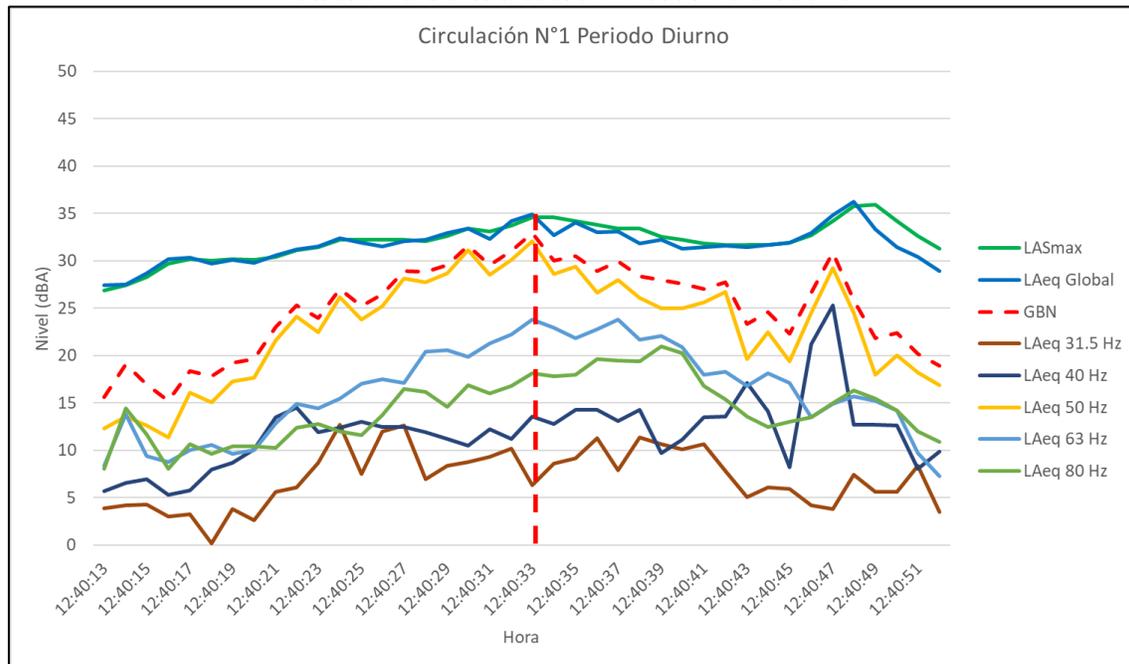
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 31.5 Hz a 80 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición diurno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular.

A continuación, se grafican las 25 circulaciones en horario diurno utilizadas para el estudio:

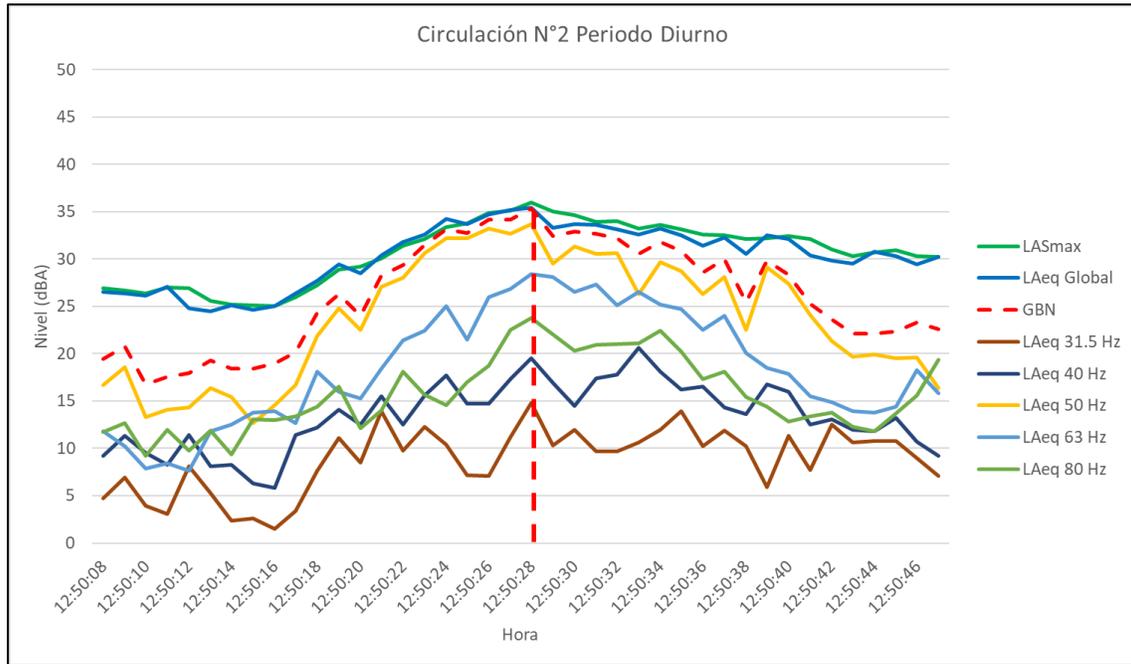
Circulación 1

Ilustración 13. Gráfico circulación N°1 de tren horario diurno.



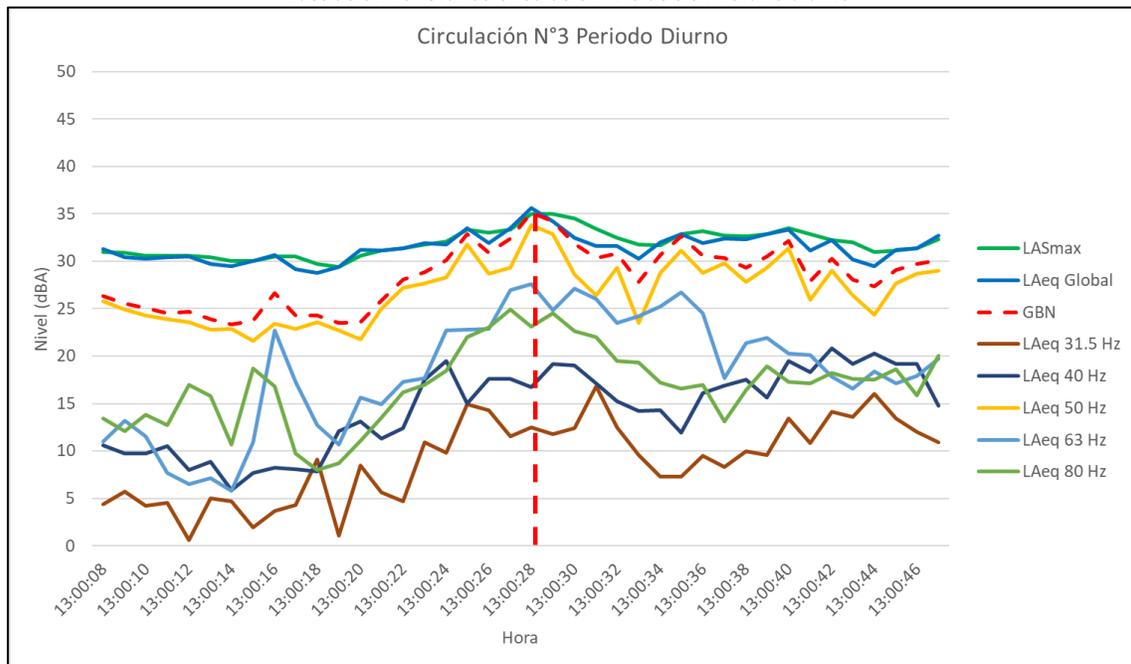
Circulación 2

Ilustración 14. Gráfico circulación N°2 de tren horario diurno.



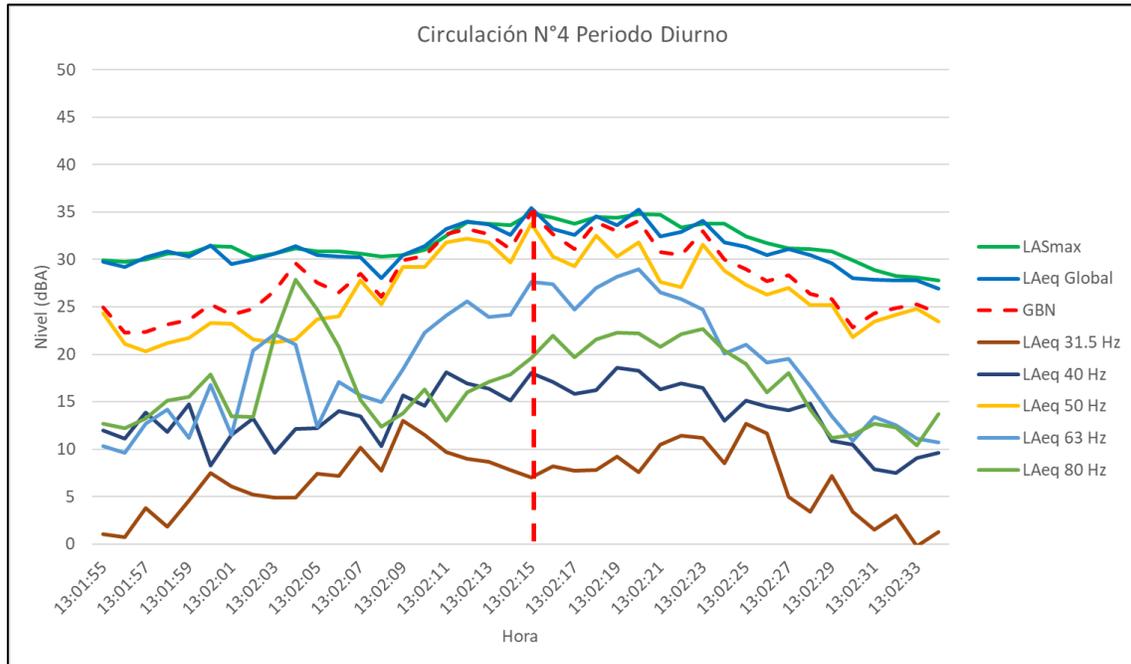
Circulación 3

Ilustración 15. Gráfico circulación N°3 de tren horario diurno.



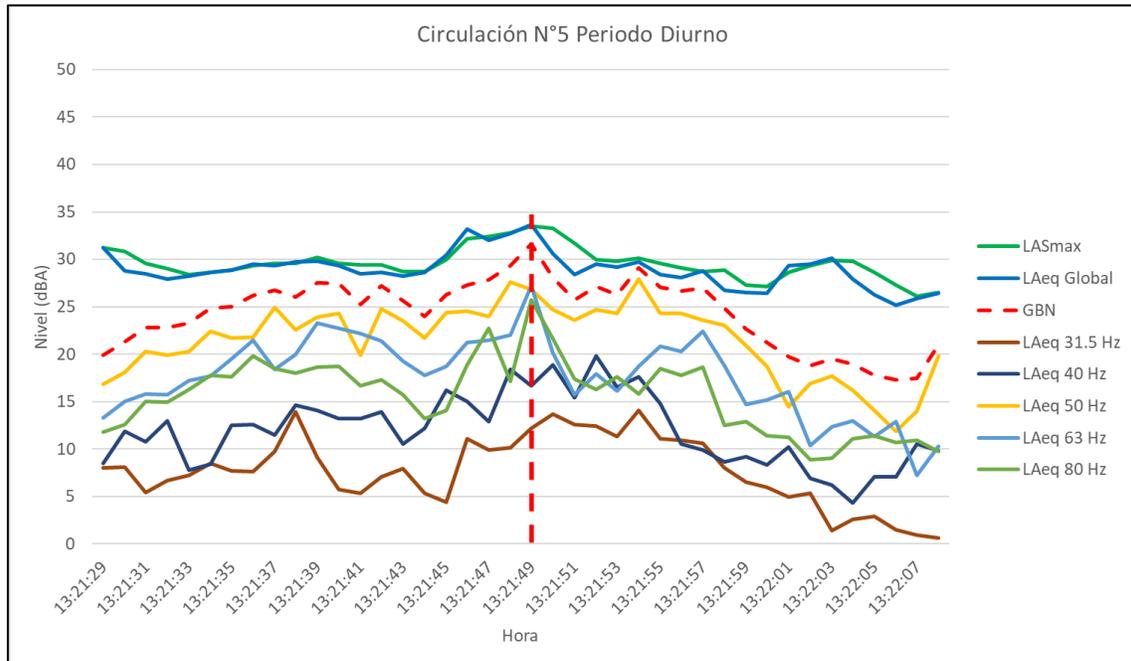
Circulación 4

Ilustración 16. Gráfico circulación N°4 de tren horario diurno.



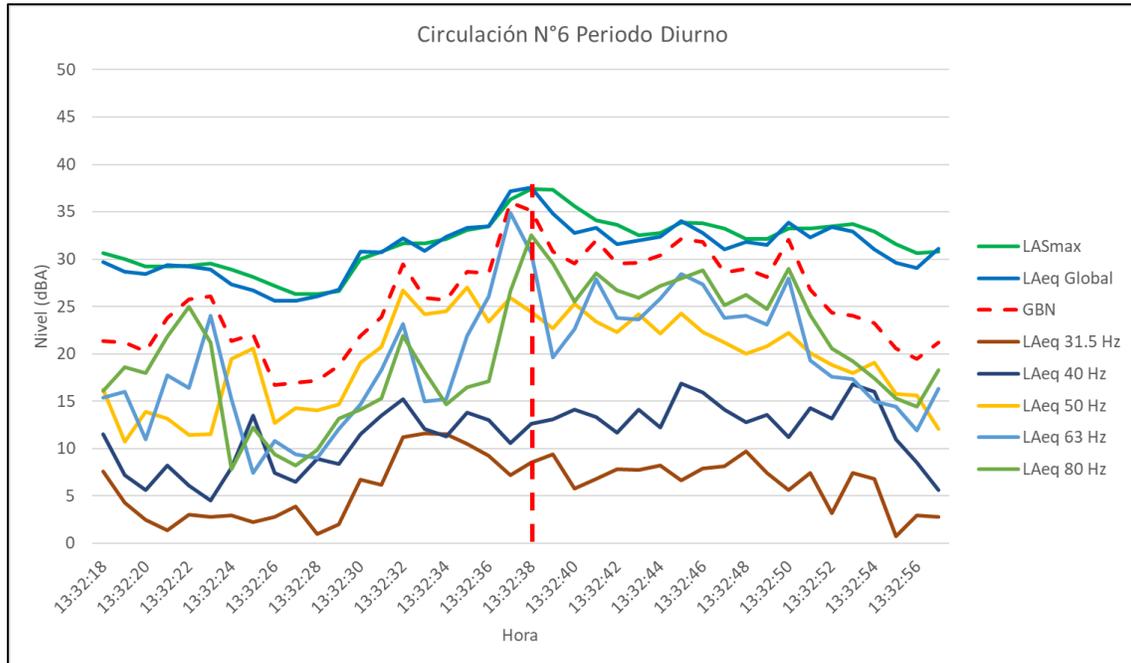
Circulación 5

Ilustración 17. Gráfico circulación N°5 de tren horario diurno.



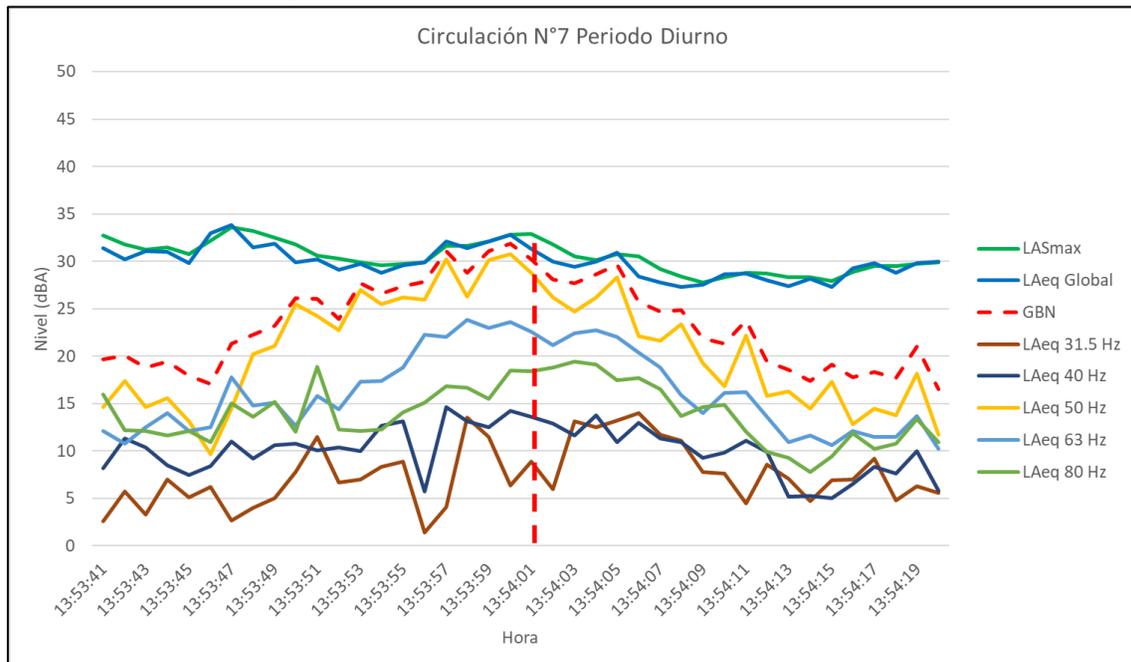
Circulación 6

Ilustración 18. Gráfico circulación N°6 de tren horario diurno.



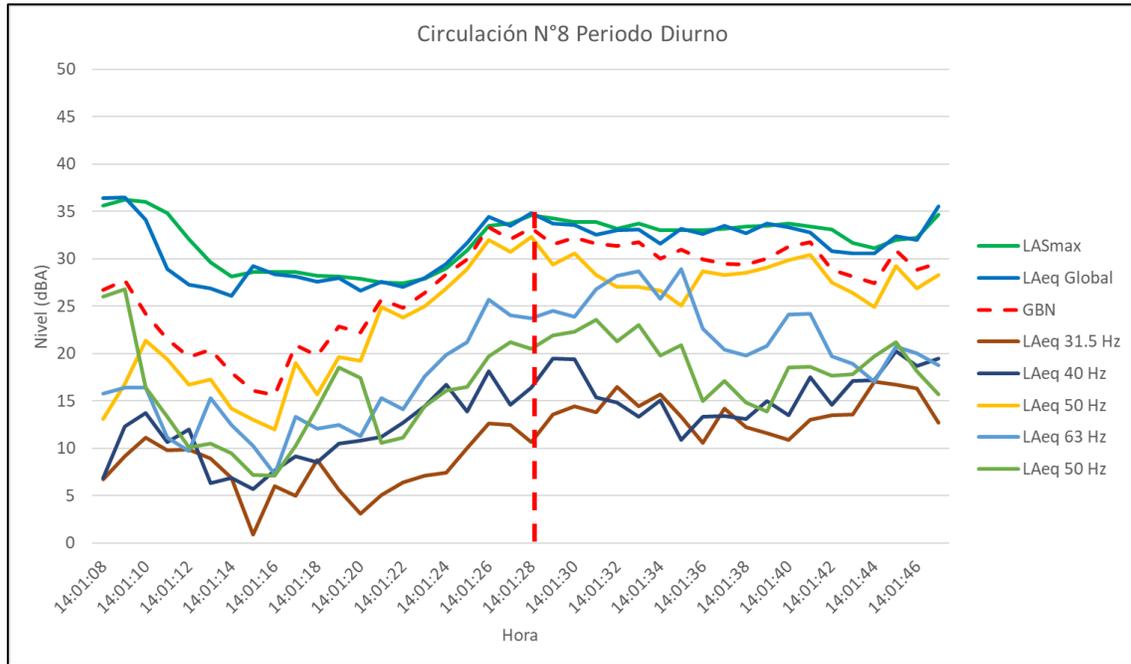
Circulación 7

Ilustración 19. Gráfico circulación N°7 de tren horario diurno.



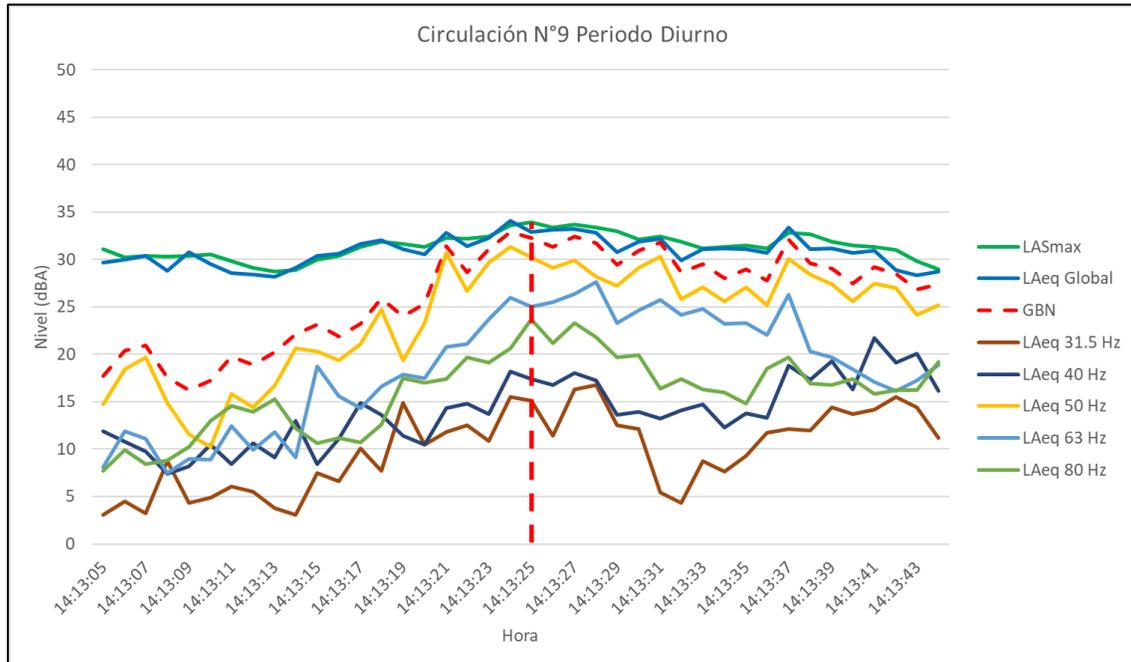
Circulación 8

Ilustración 20. Gráfico circulación N°8 de tren horario diurno.



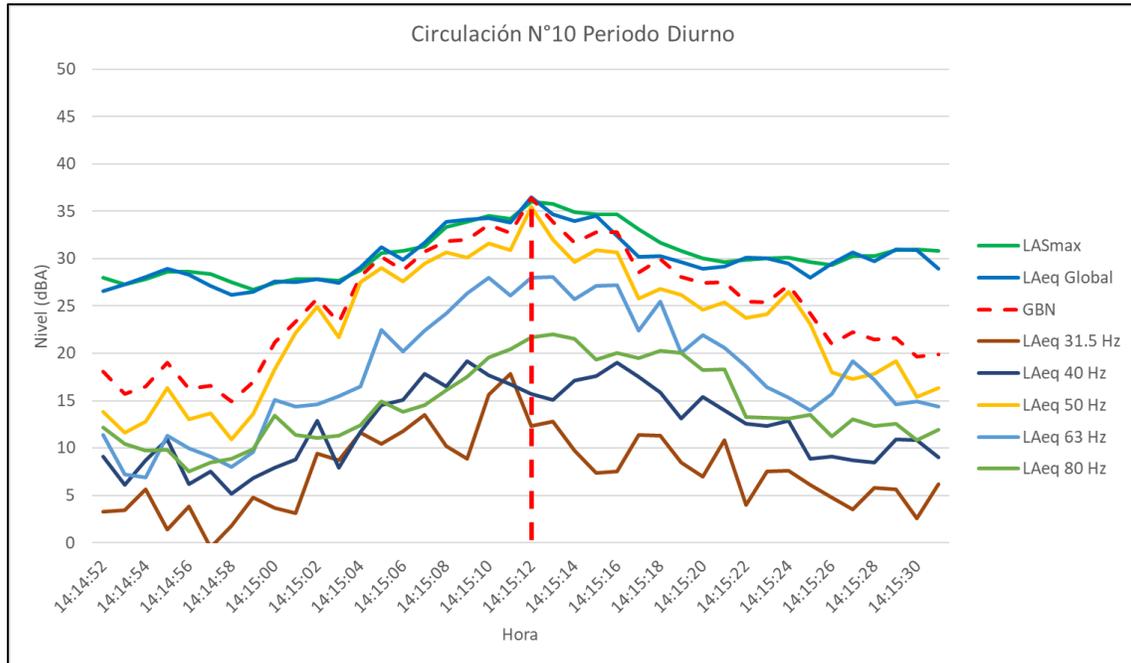
Circulación 9

Ilustración 21. Gráfico circulación N°9 de tren horario diurno.



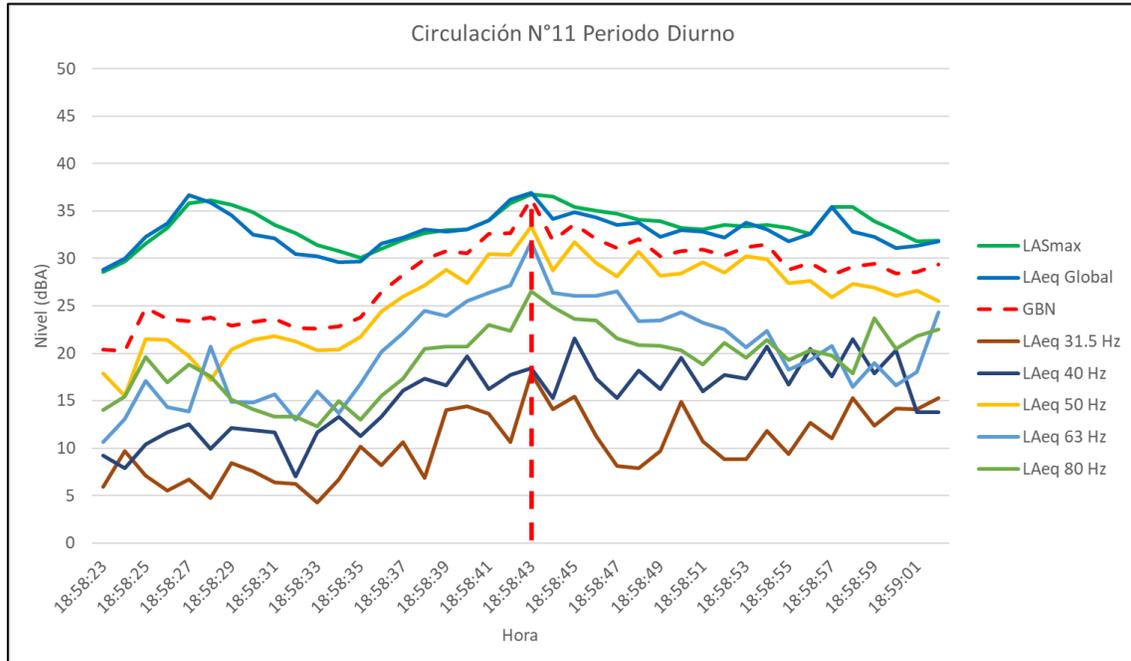
Circulación 10

Ilustración 22. Gráfico circulación N°10 de tren horario diurno.



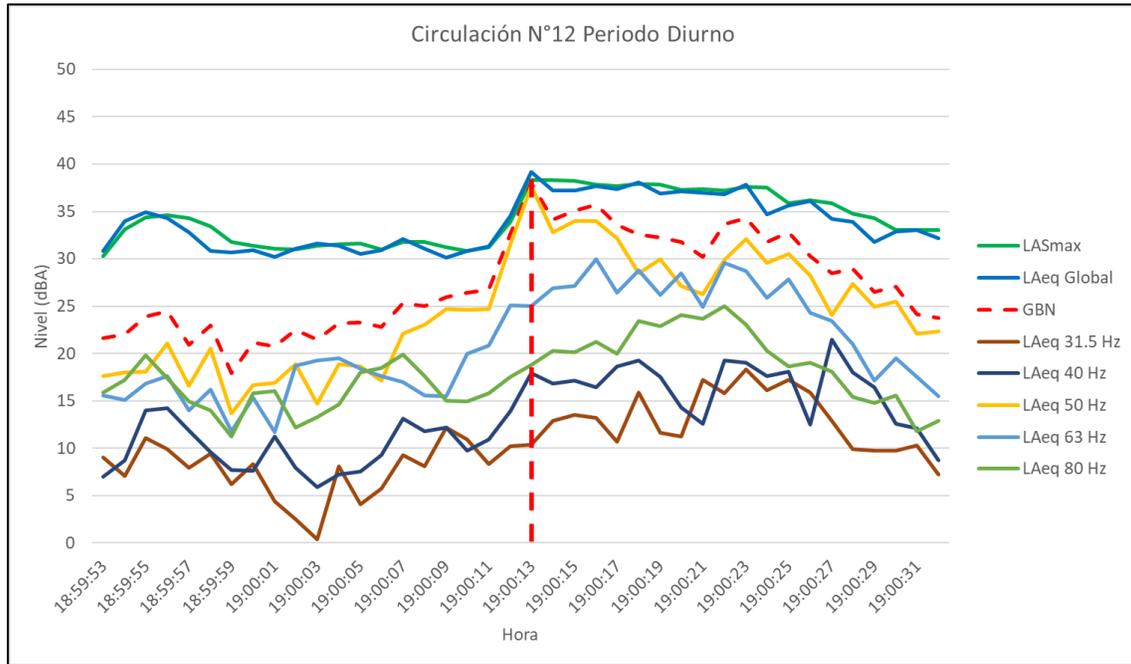
Circulación 11

Ilustración 23. Gráfico circulación N°11 de tren horario diurno.



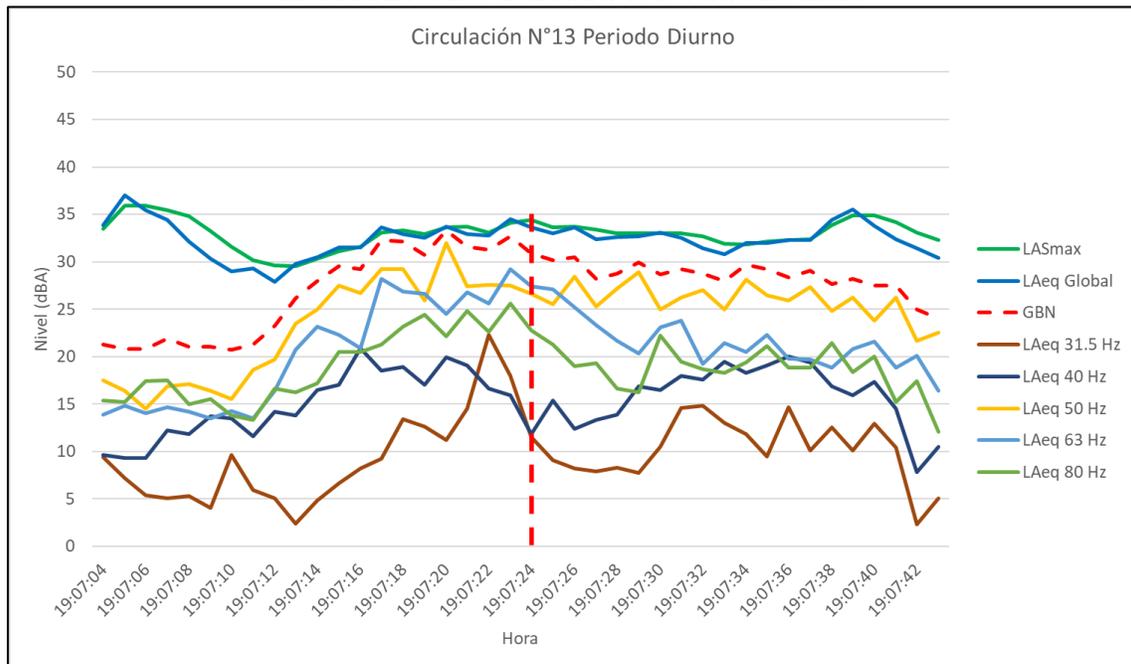
Circulación 12

Ilustración 24. Gráfico circulación N°12 de tren horario diurno.



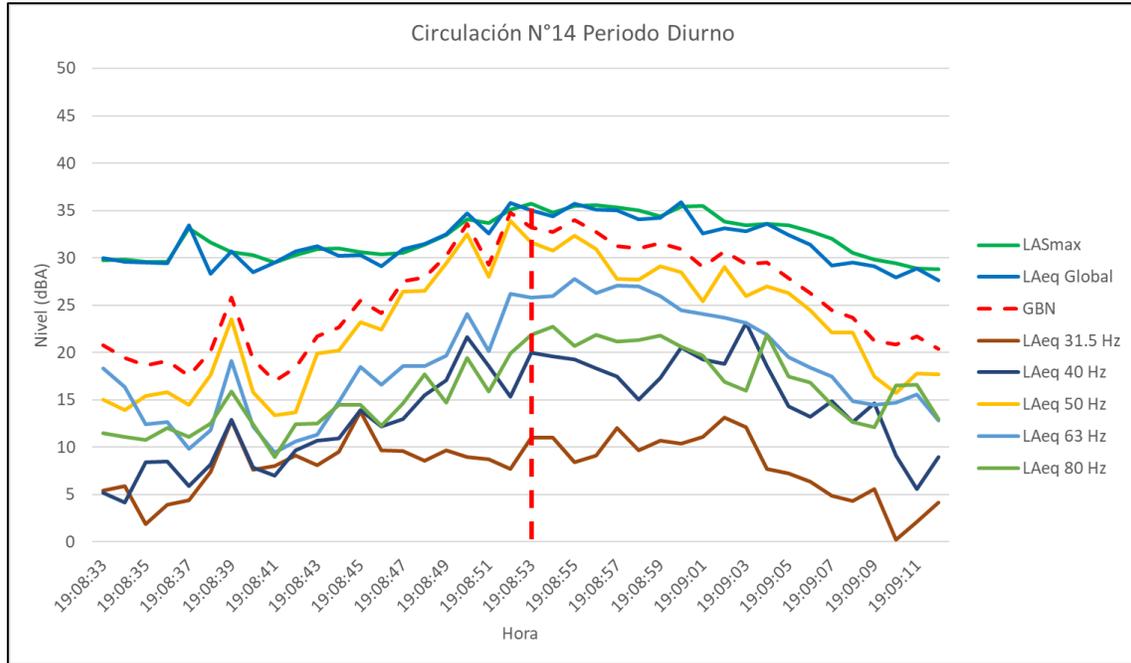
Circulación 13

Ilustración 25. Gráfico circulación N°13 de tren horario diurno.



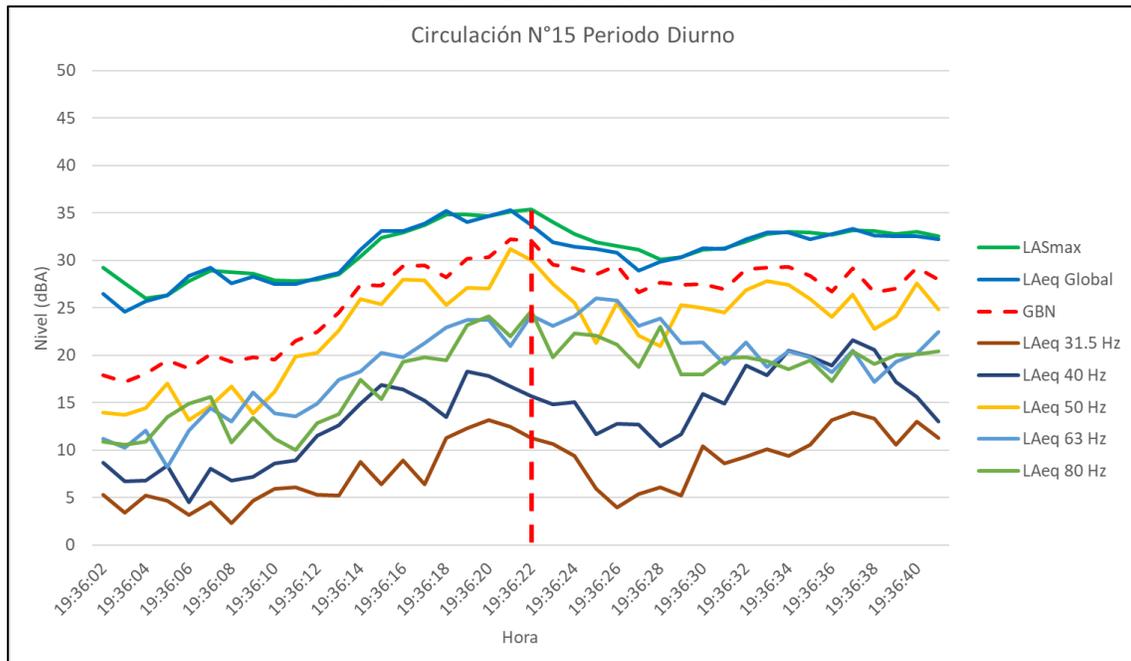
Circulación 14

Ilustración 26. Gráfico circulación N°14 de tren horario diurno.



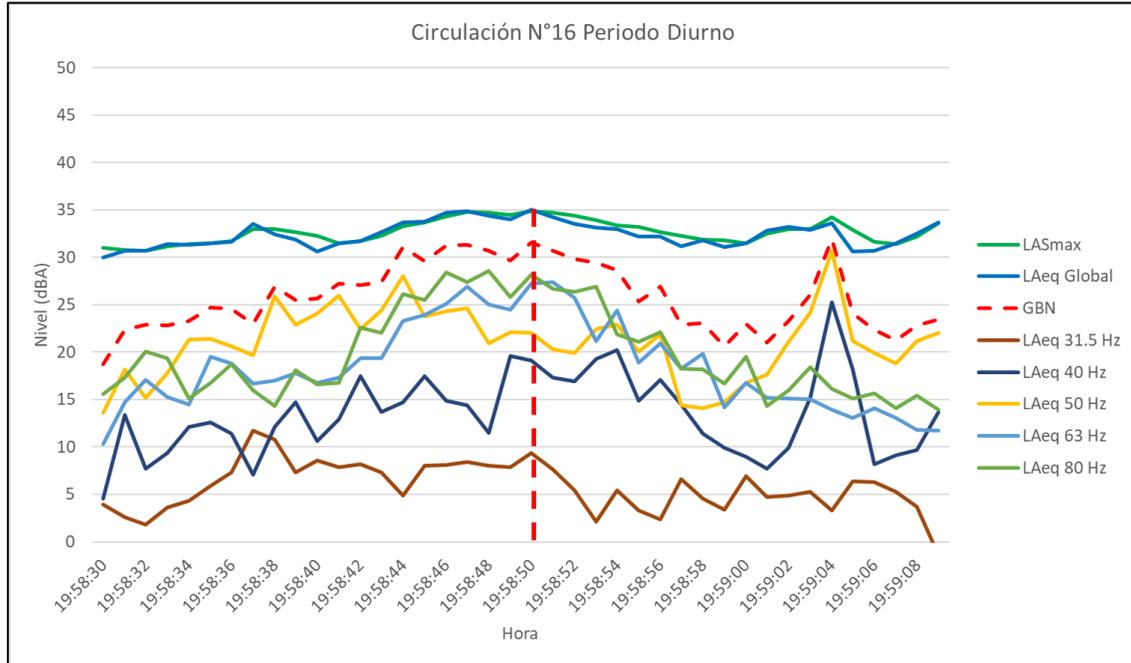
Circulación 15

Ilustración 27. Gráfico circulación N°15 de tren horario diurno.



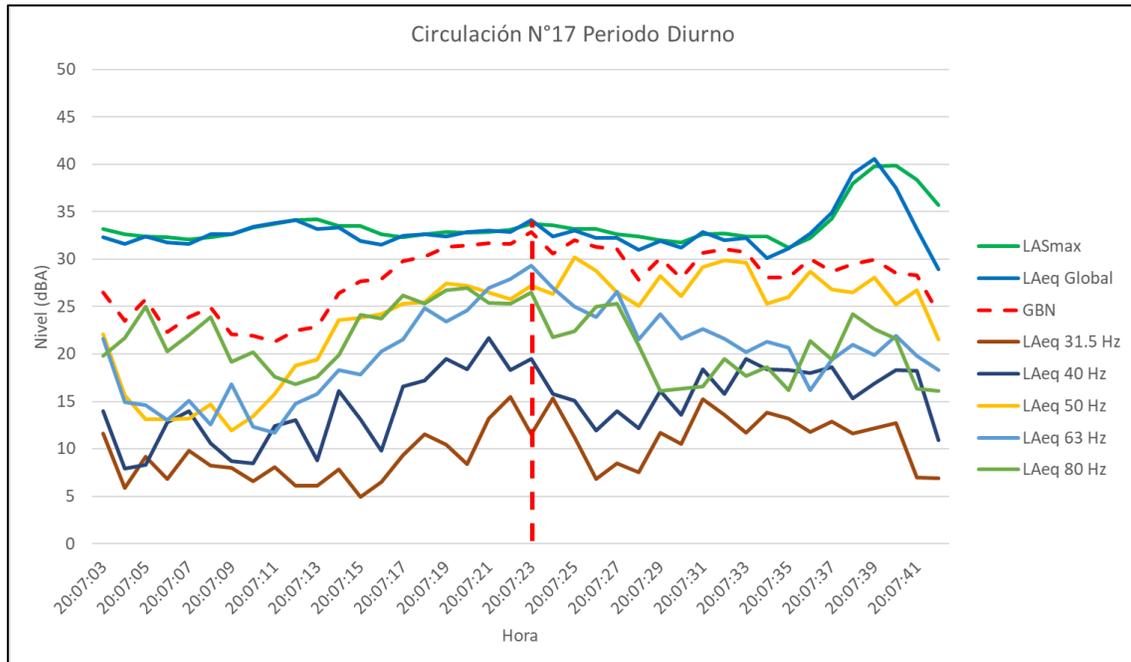
Circulación 16

Ilustración 28. Gráfico circulación N°16 de tren horario diurno.



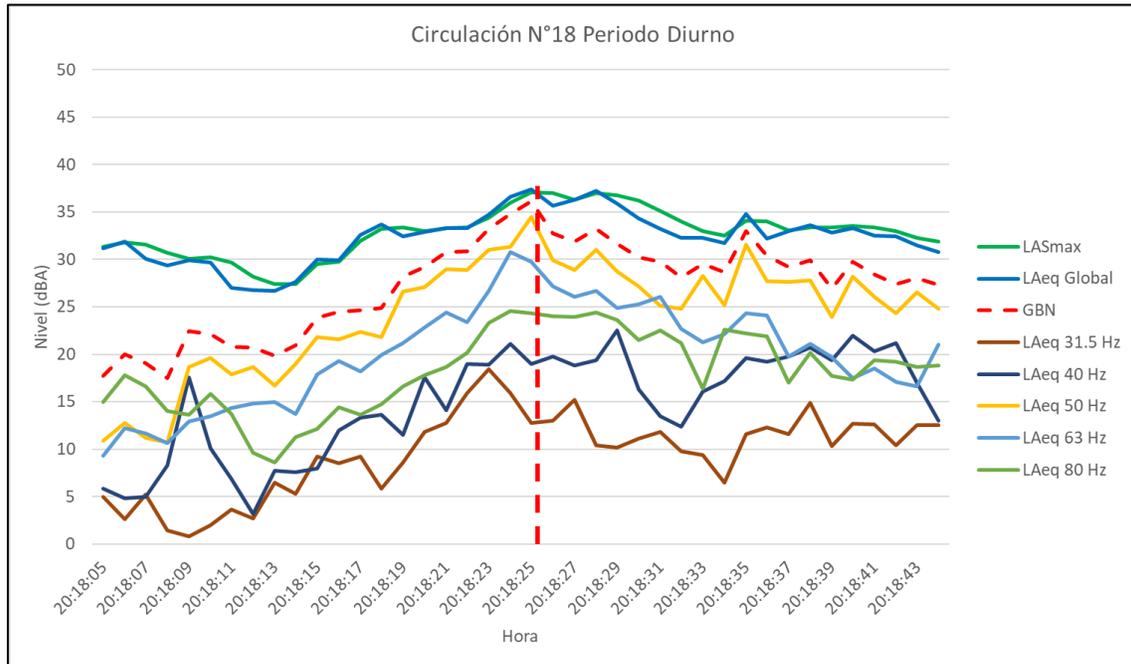
Circulación 17

Ilustración 29. Gráfico circulación N°17 de tren horario diurno.



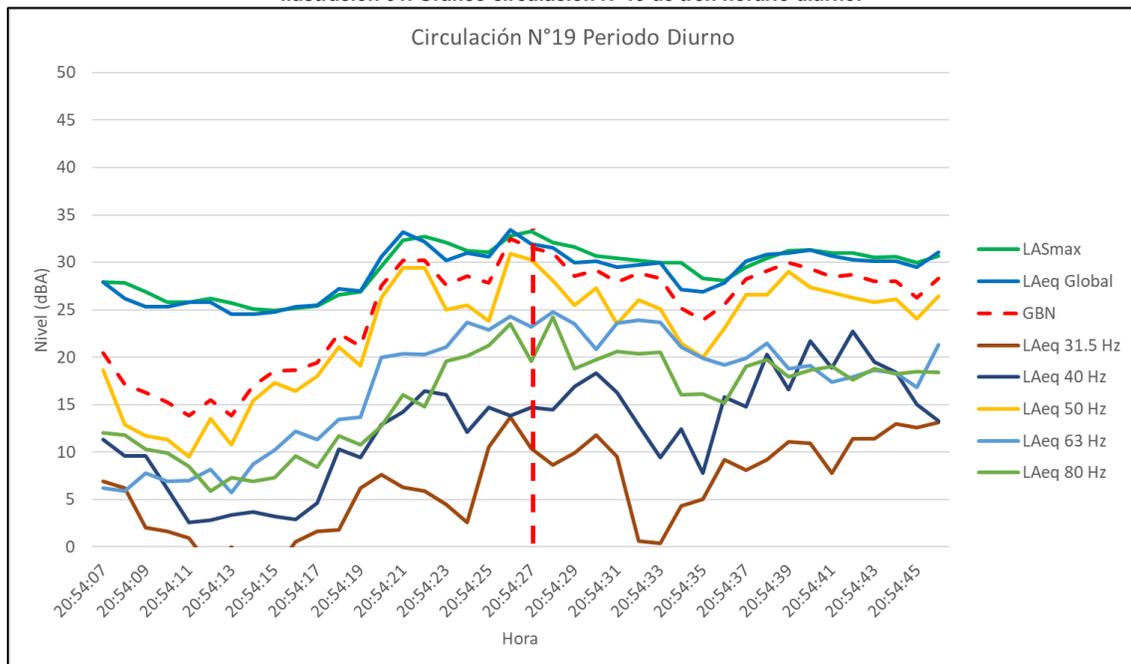
Circulación 18

Ilustración 30. Gráfico circulación N°18 de tren horario diurno.



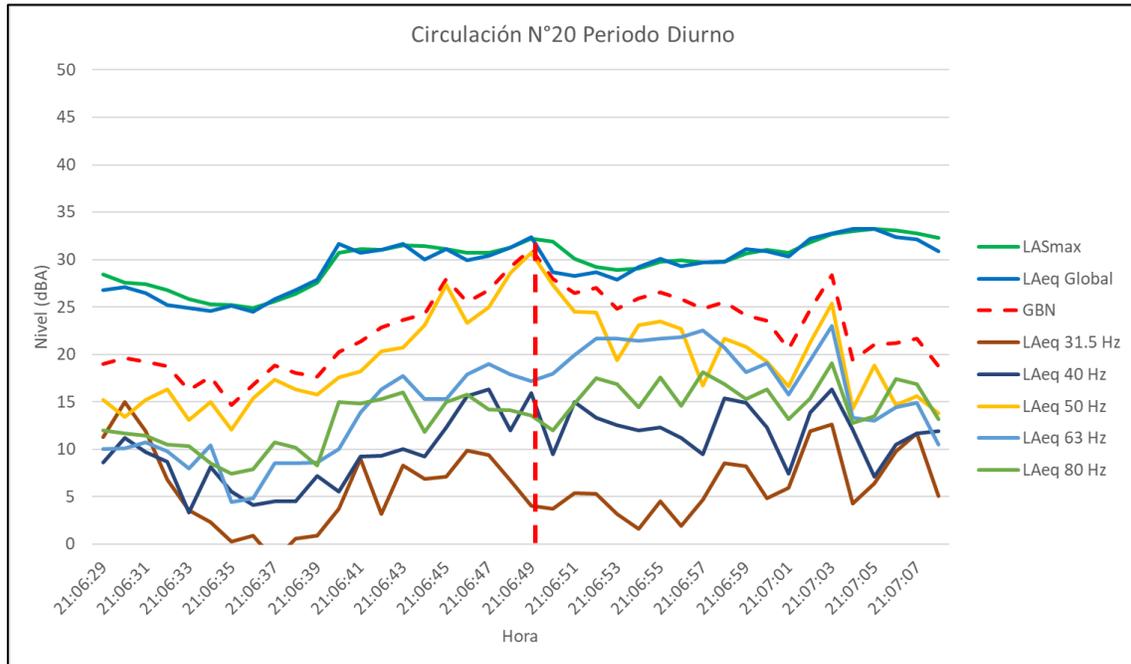
Circulación 19

Ilustración 31. Gráfico circulación N°19 de tren horario diurno.



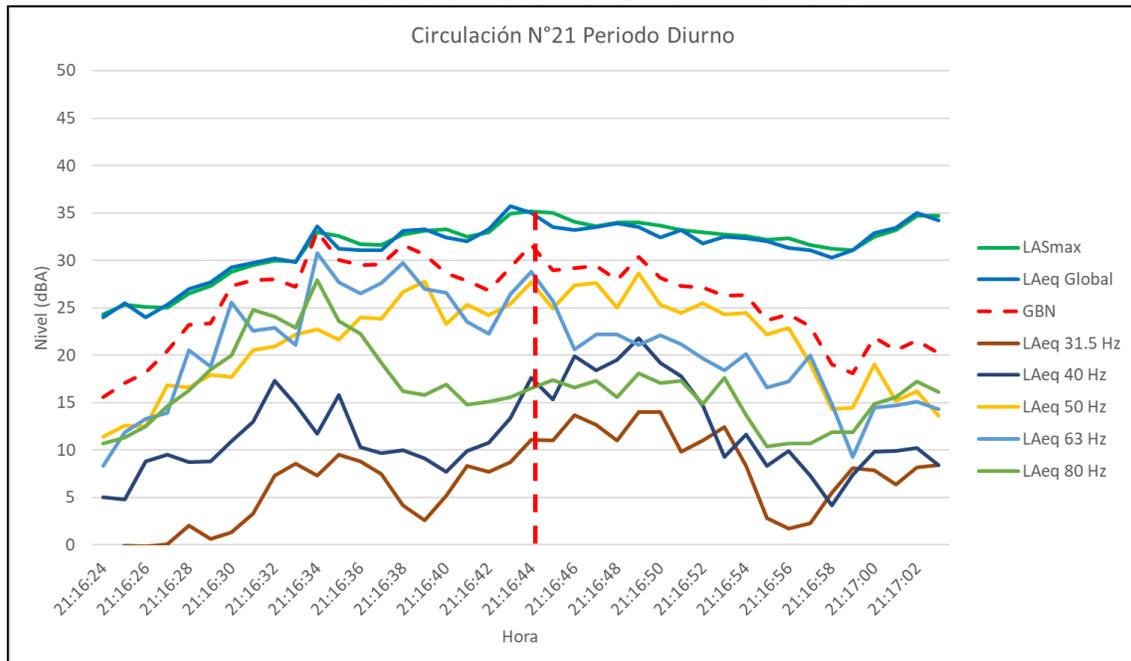
Circulación 20

Ilustración 32. Gráfico circulación N°20 de tren horario diurno.



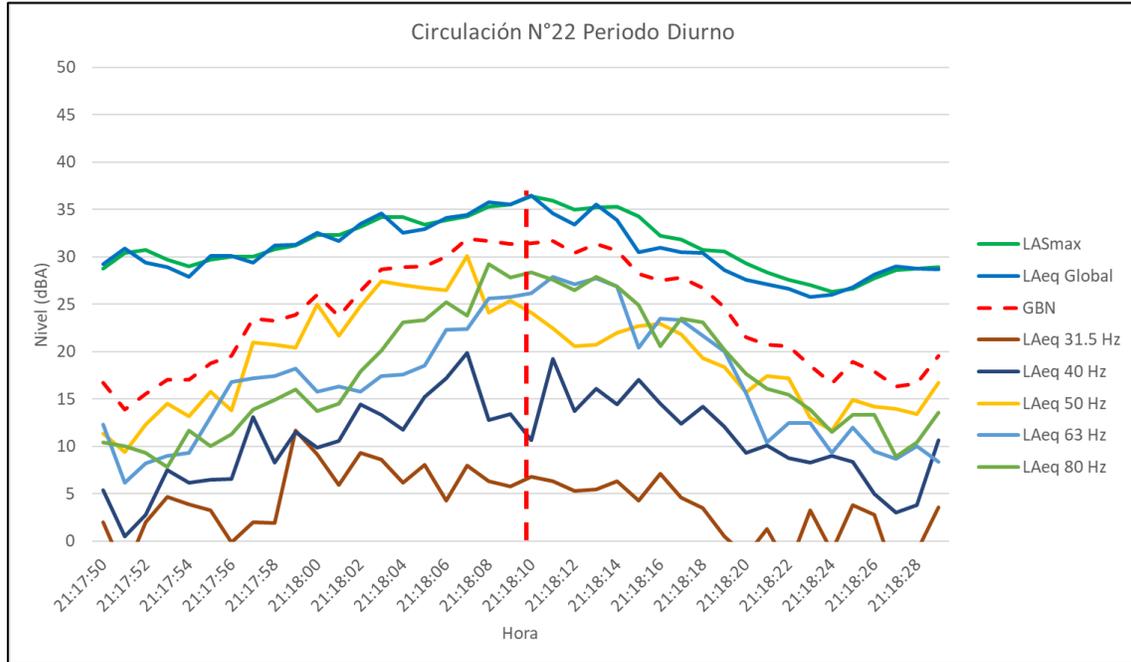
Circulación 21

Ilustración 33. Gráfico circulación N°21 de tren horario diurno.



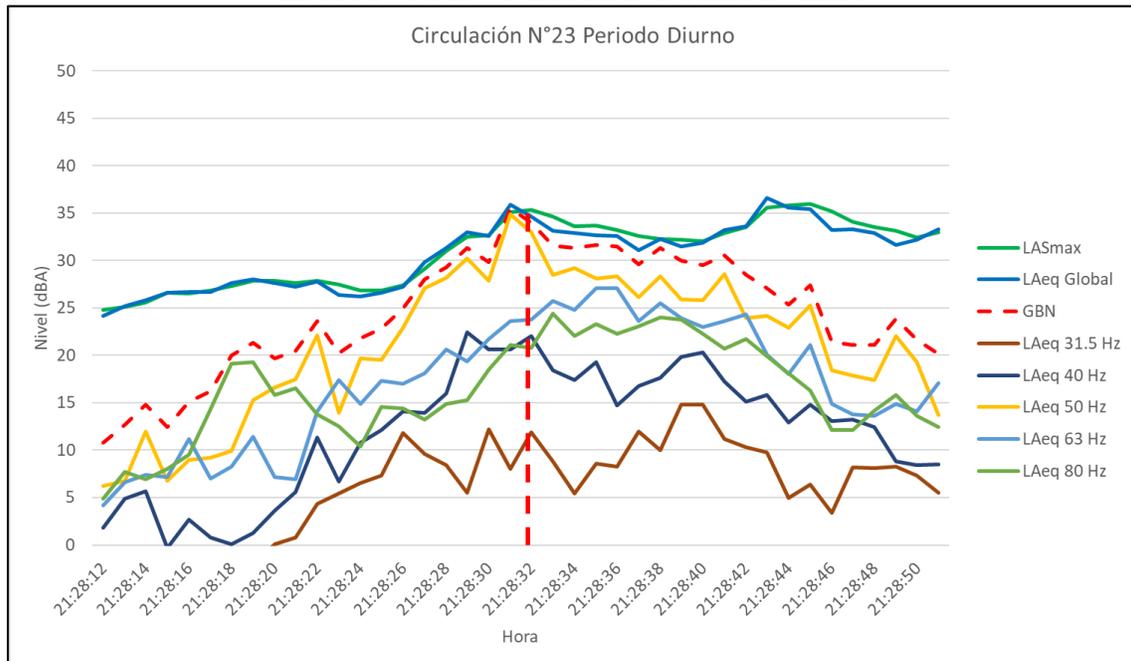
Circulación 22

Ilustración 34. Gráfico circulación N°22 de tren horario diurno.



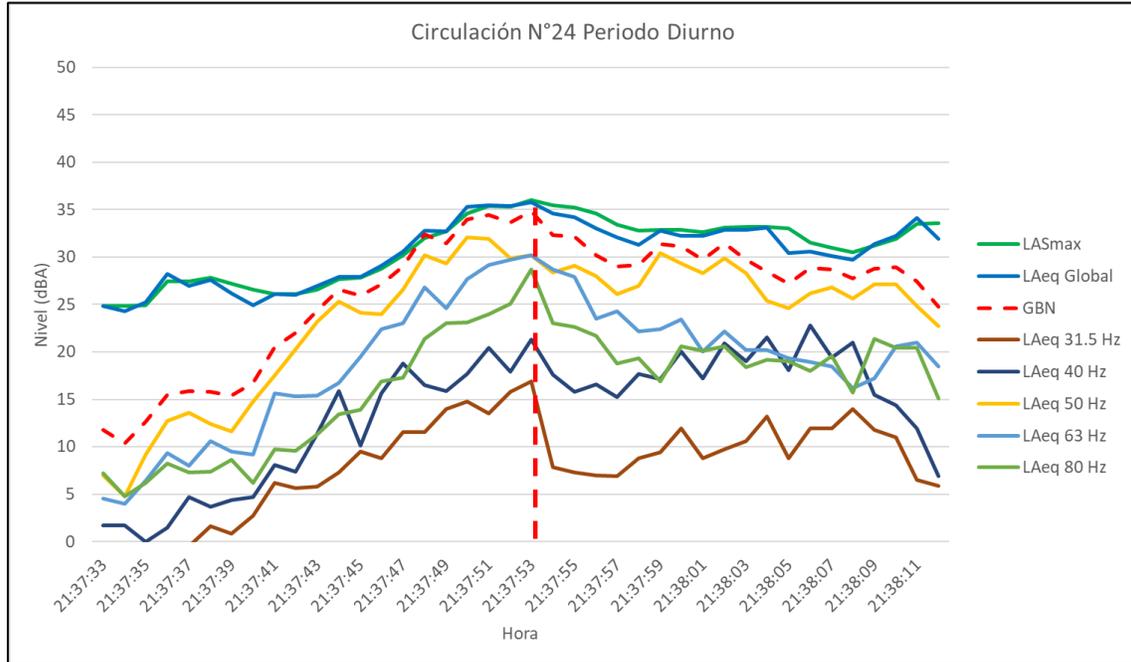
Circulación 23

Ilustración 35. Gráfico circulación N°23 de tren horario diurno.



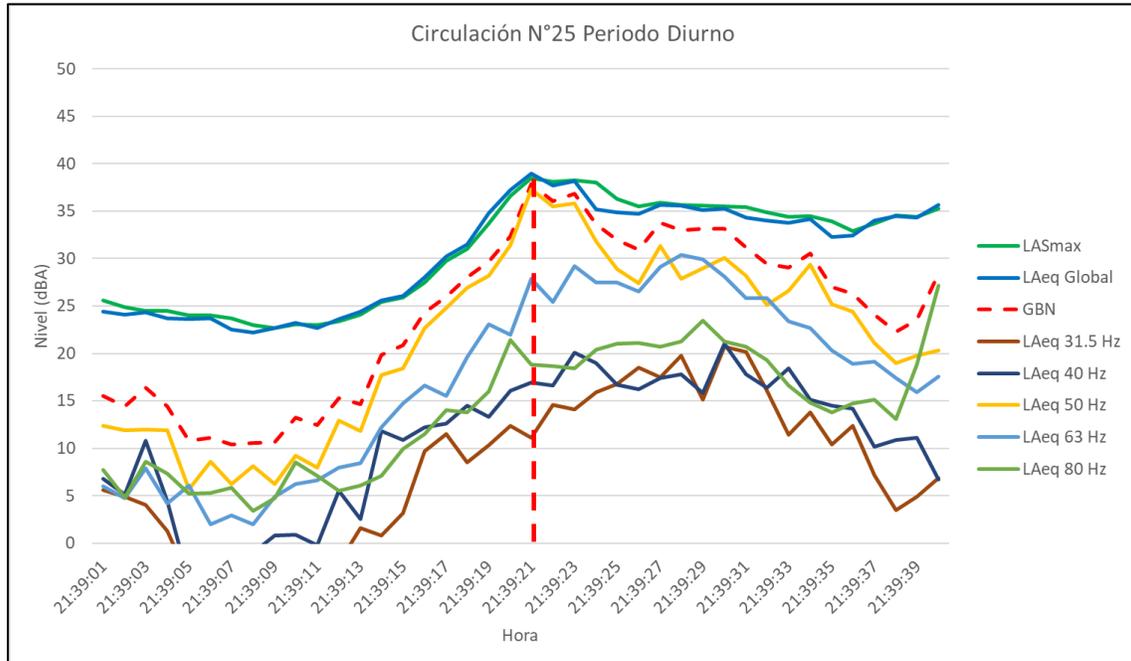
Circulación 24

Ilustración 36. Gráfico circulación N°24 de tren horario diurno.



Circulación 25

Ilustración 37. Gráfico circulación N°25 de tren horario diurno.



7.4 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período nocturno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 31.5 Hz a 80 Hz en línea punteada de color rojo.

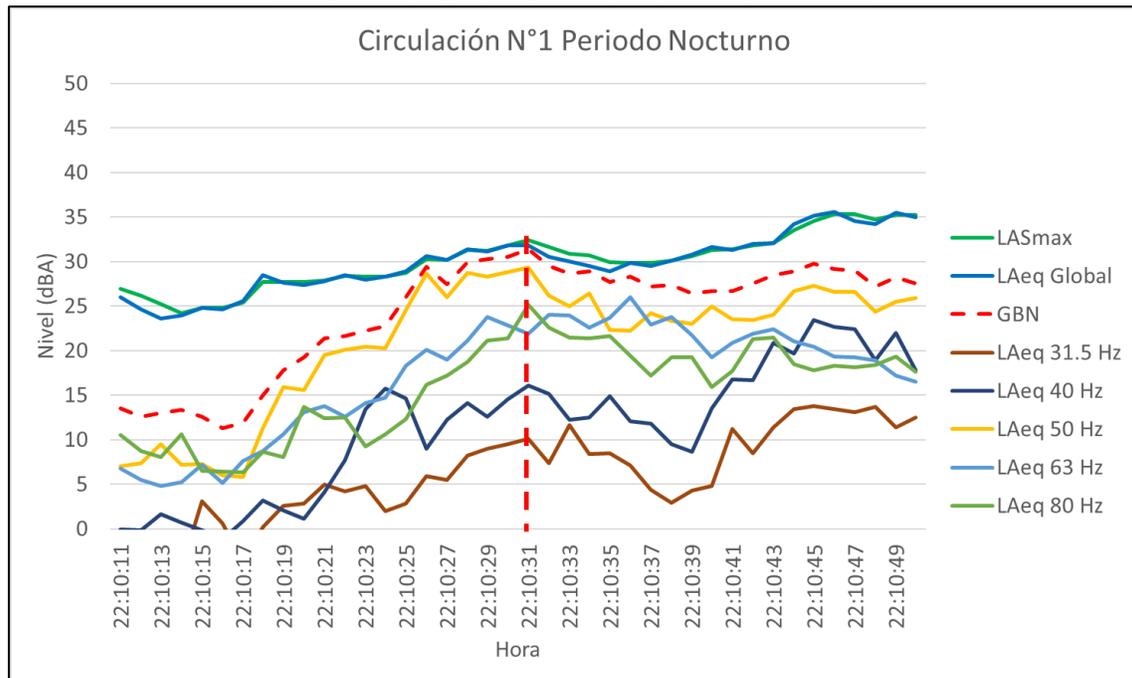
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 31.5 Hz a 80 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición nocturno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular y actividades domésticas.

A continuación, se grafican las 20 circulaciones en horario nocturno utilizadas para el estudio:

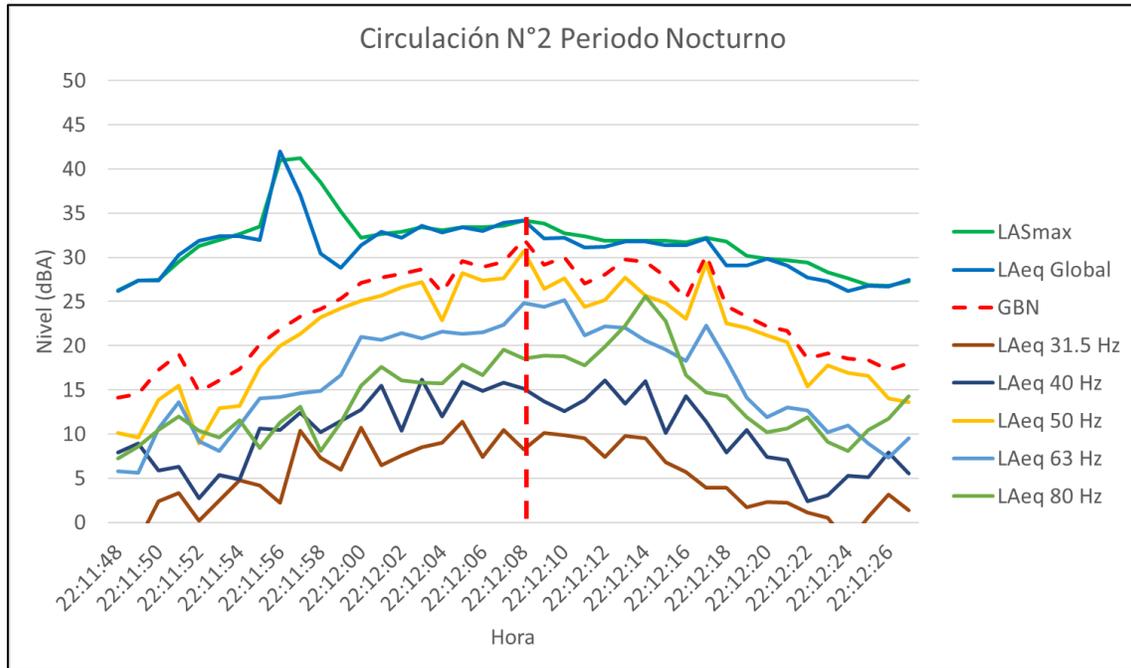
Circulación 1

Ilustración 38. Gráfico circulación N°1 de tren horario nocturno.



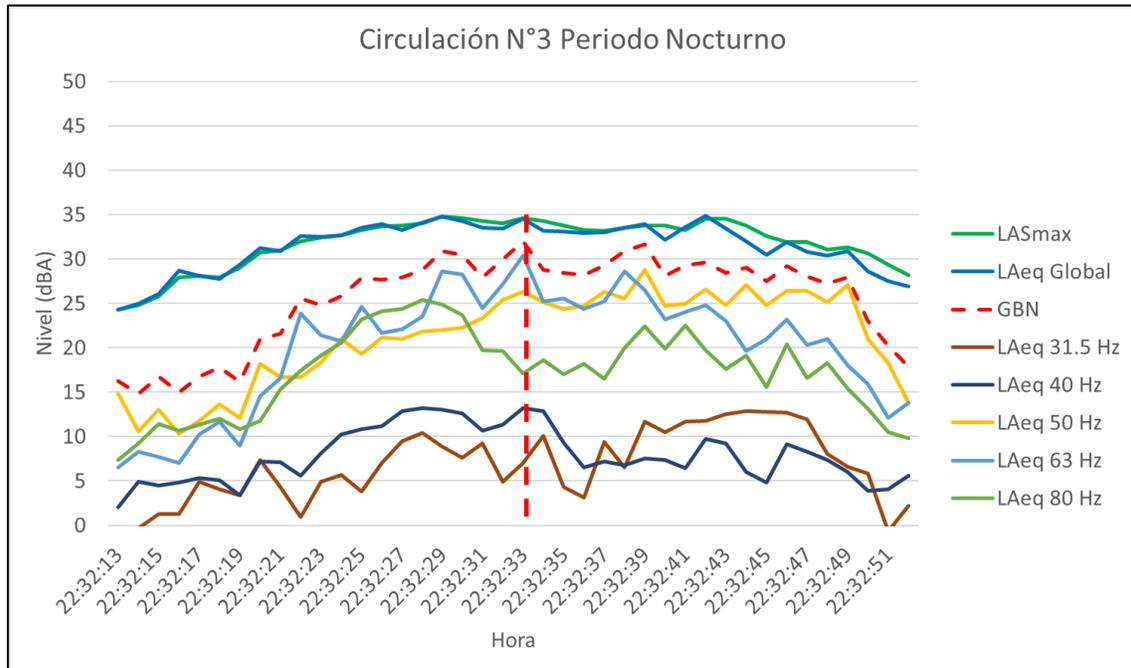
Circulación 2

Ilustración 39. Gráfico circulación N°2 de tren horario nocturno.



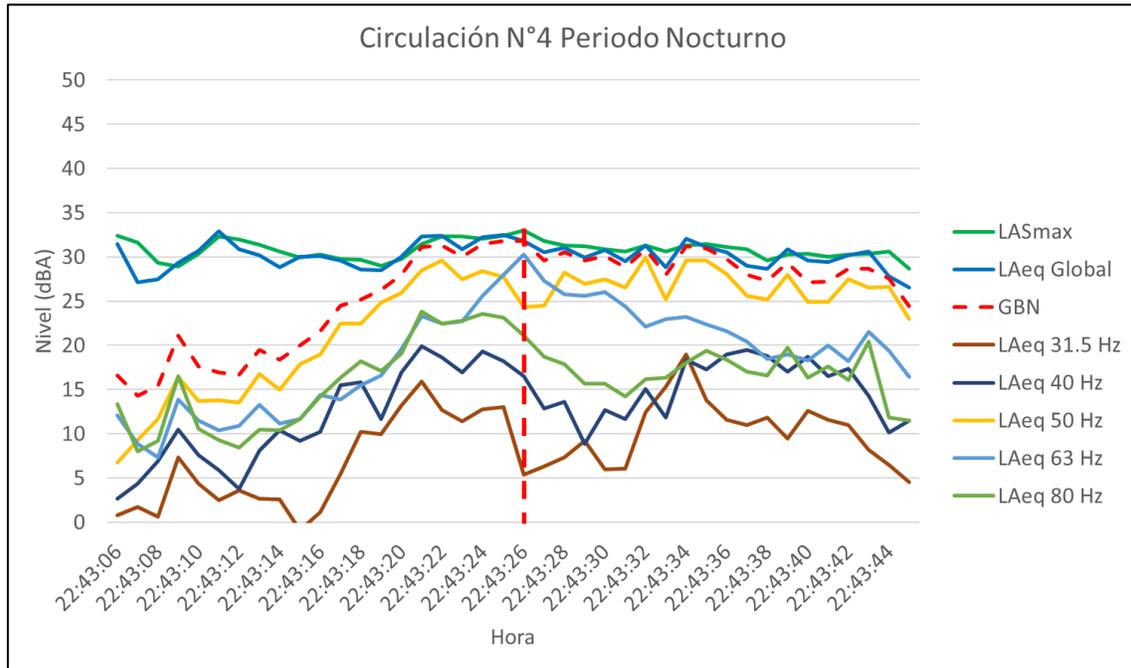
Circulación 3

Ilustración 40. Gráfico circulación N°3 de tren horario nocturno.



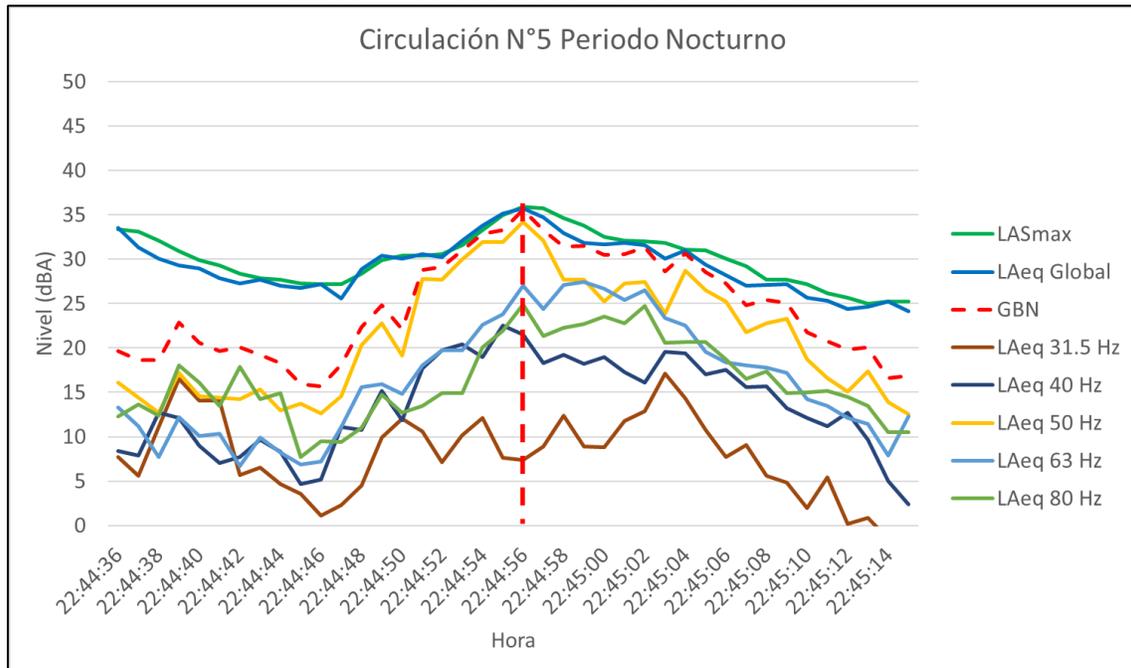
Circulación 4

Ilustración 41. Gráfico circulación N°4 de tren horario nocturno.



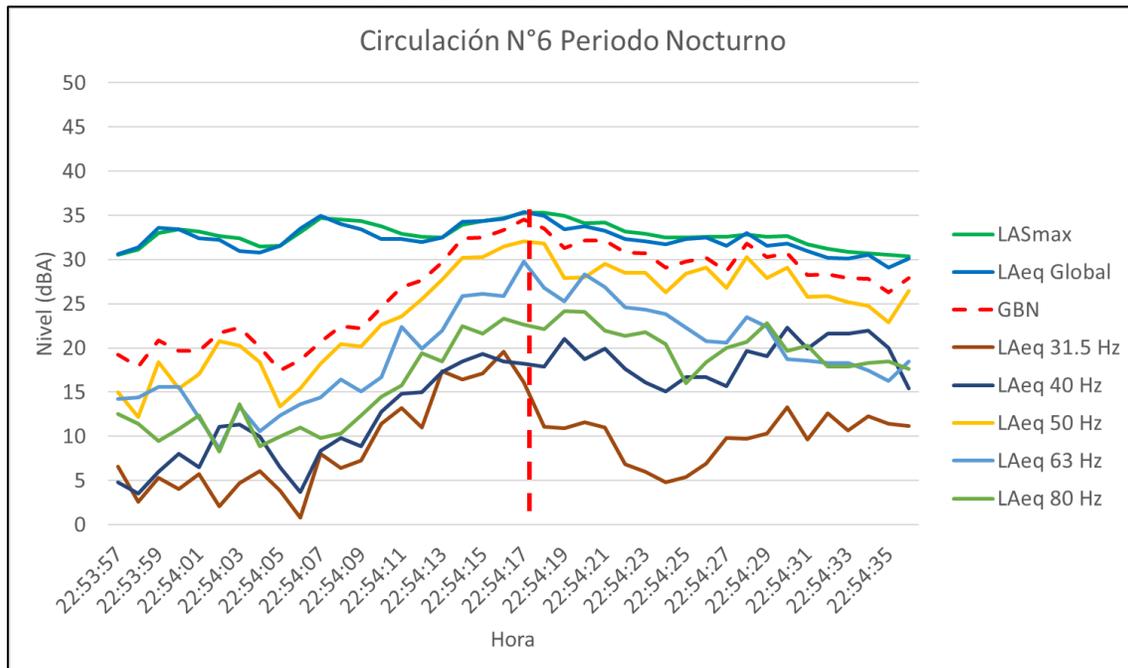
Circulación 5

Ilustración 42. Gráfico circulación N°5 de tren horario nocturno.



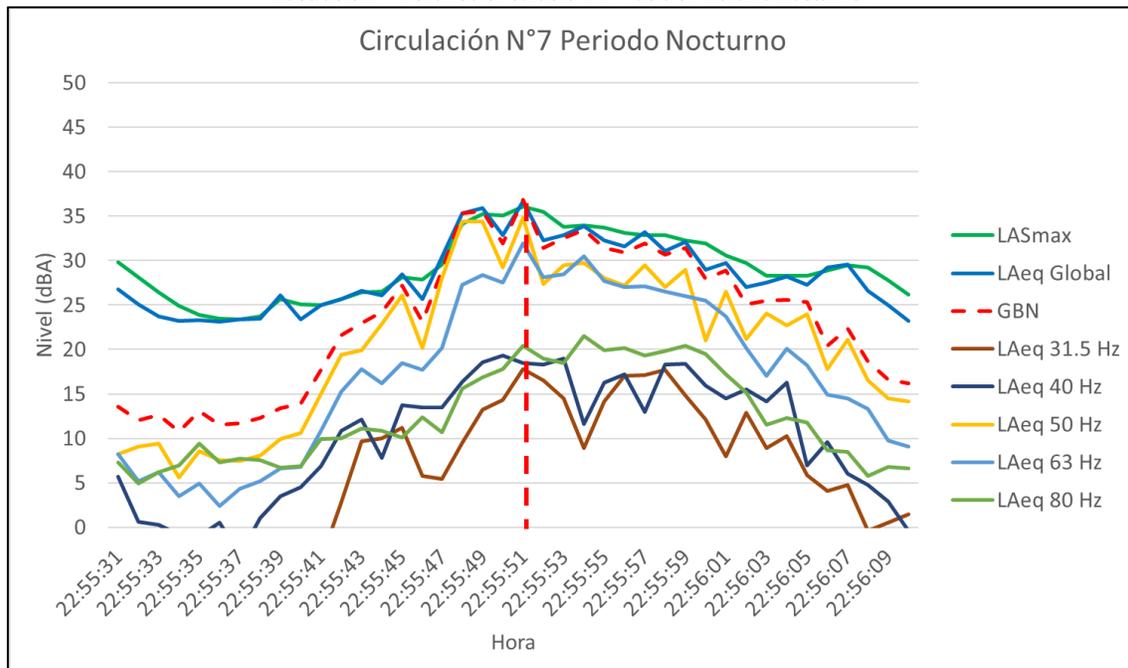
Circulación 6

Ilustración 43. Gráfico circulación N°6 de tren horario nocturno.



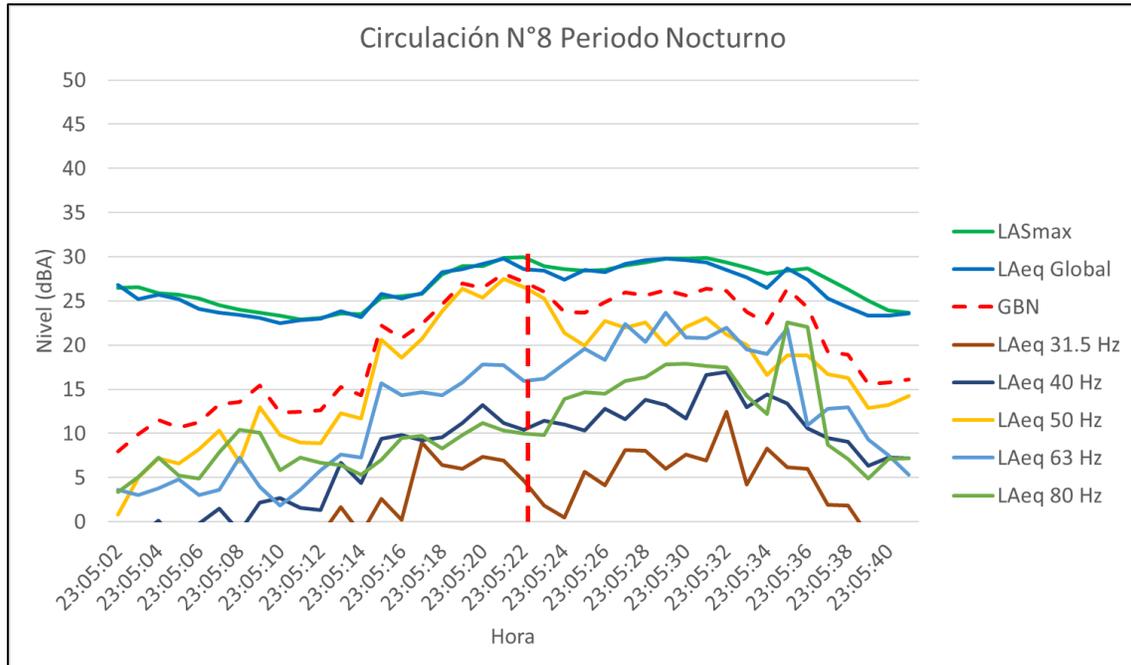
Circulación 7

Ilustración 44. Gráfico circulación N°7 de tren horario nocturno.



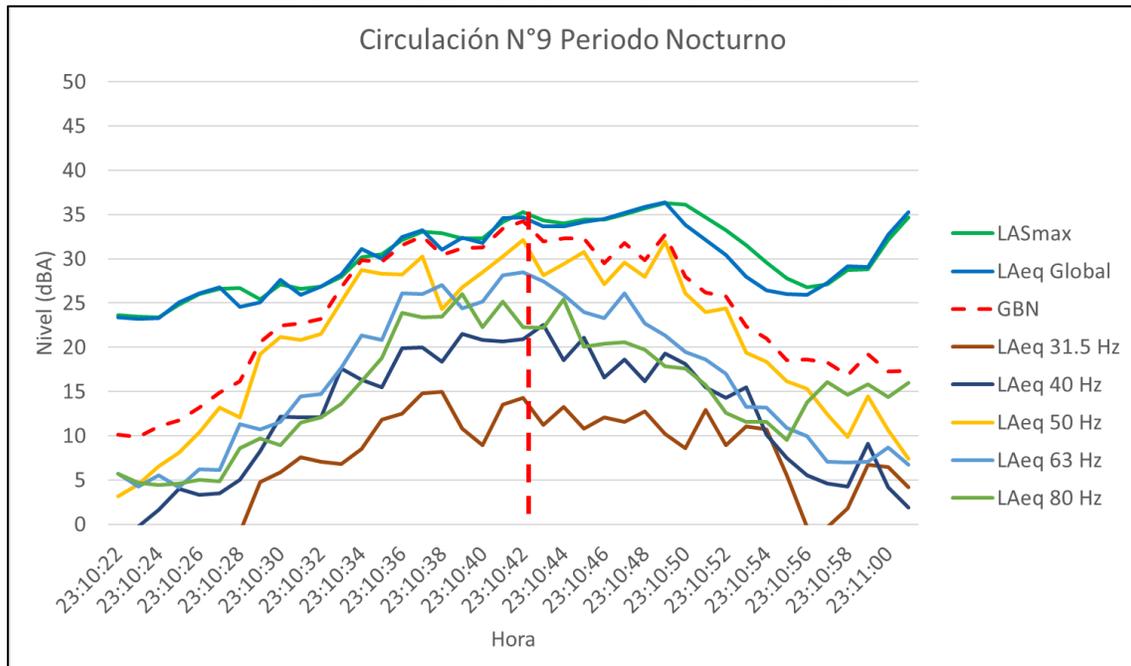
Circulación 8

Ilustración 45. Gráfico circulación N°8 de tren horario nocturno.



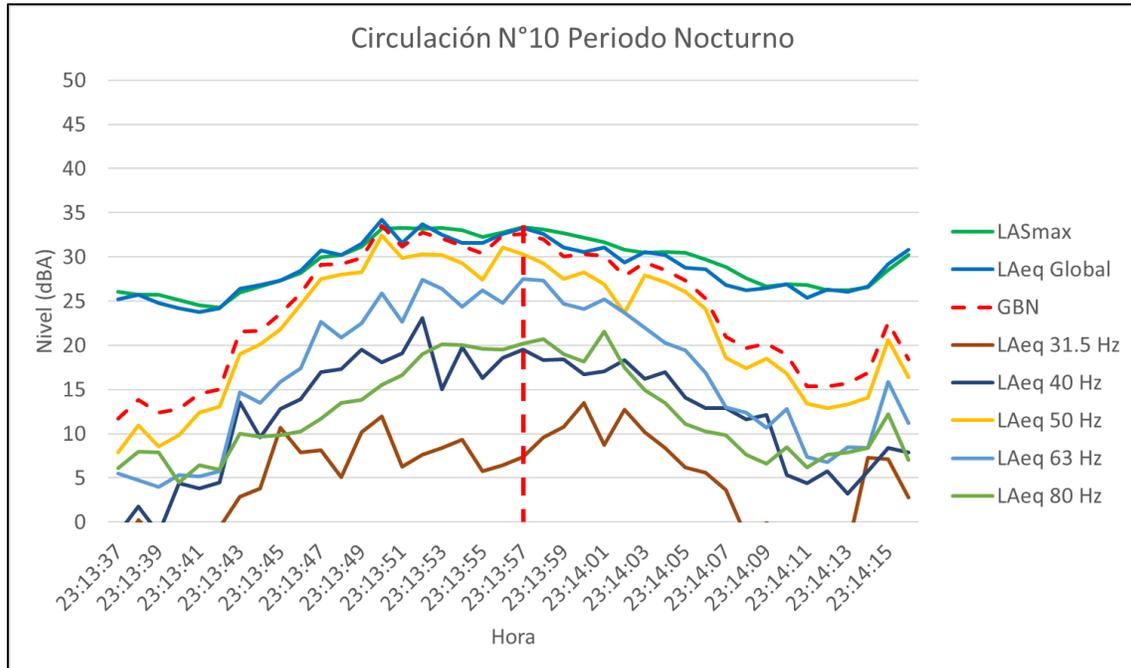
Circulación 9

Ilustración 46. Gráfico circulación N°9 de tren horario nocturno.



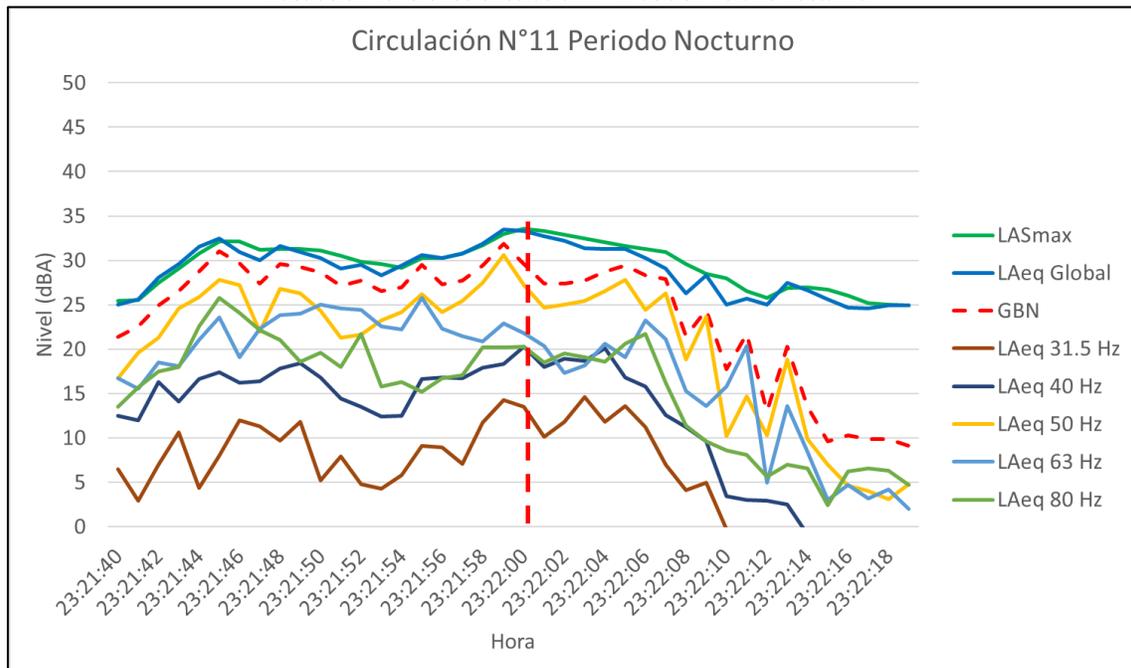
Circulación 10

Ilustración 47. Gráfico circulación N°10 de tren horario nocturno.



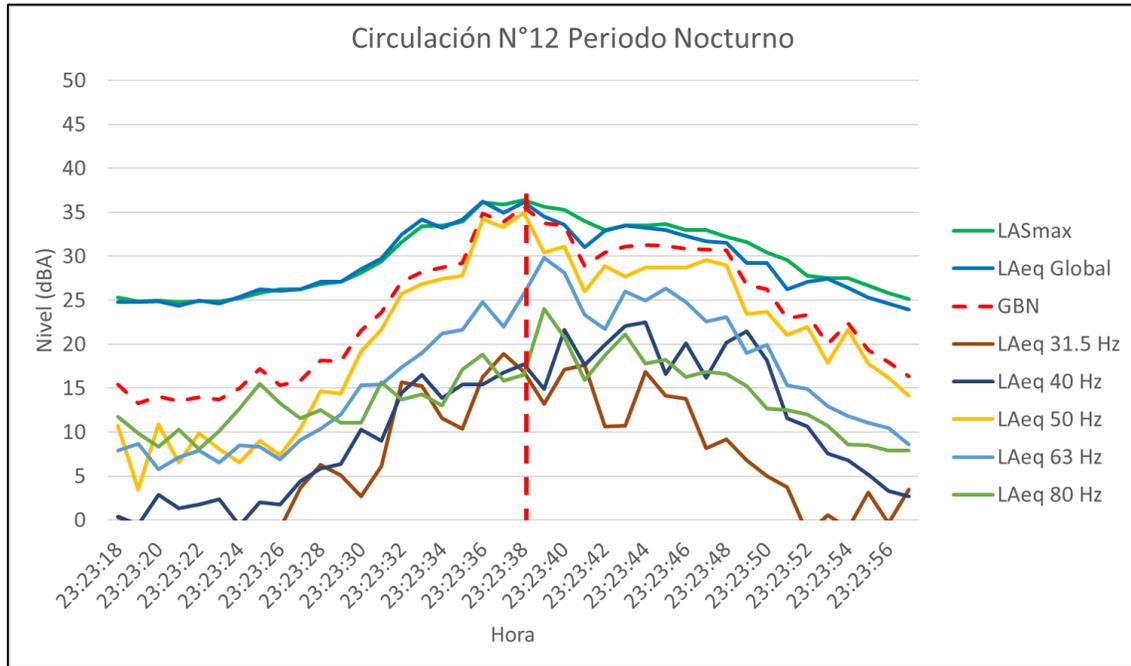
Circulación 11

Ilustración 48. Gráfico circulación N°11 de tren horario nocturno.



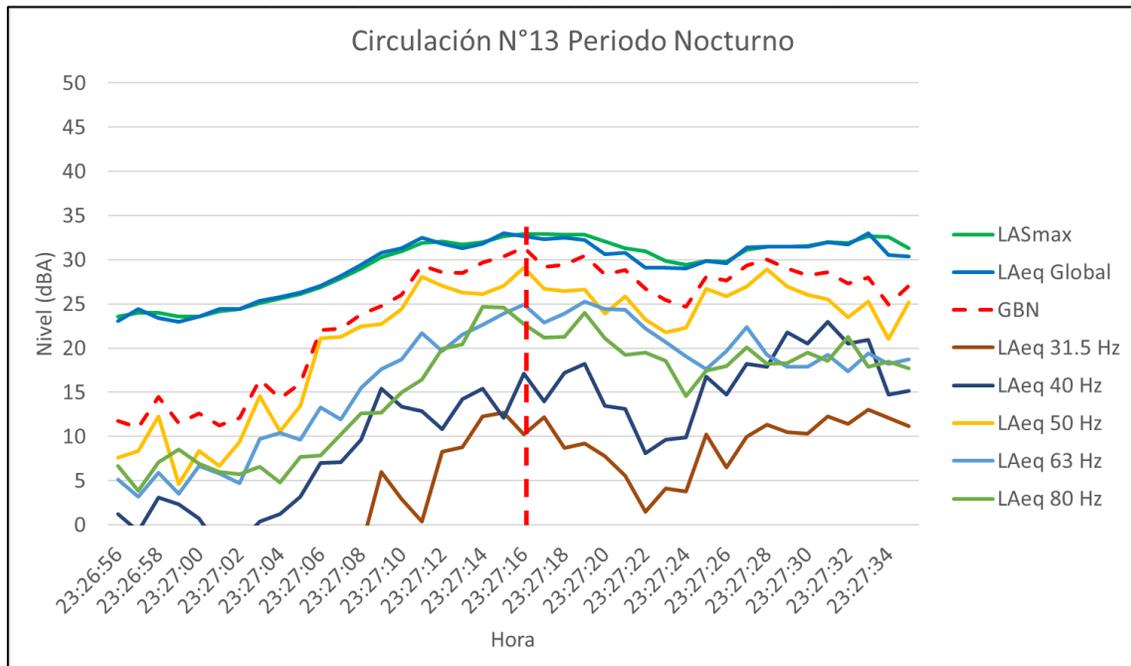
Circulación 12

Ilustración 49. Gráfico circulación N°12 de tren horario nocturno.



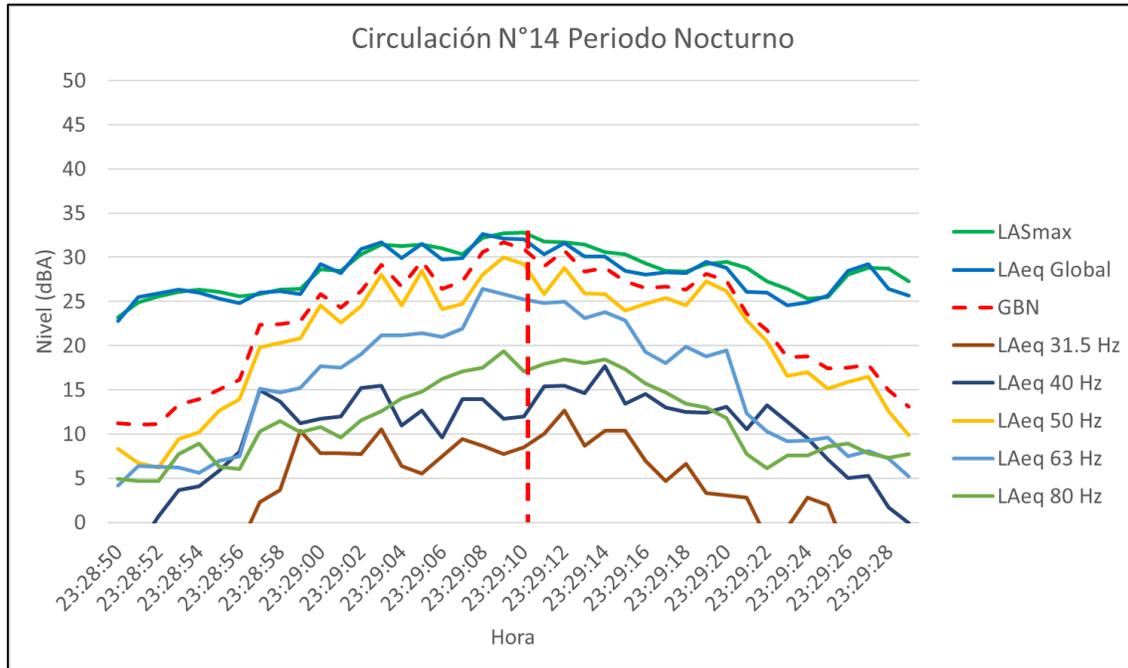
Circulación 13

Ilustración 50. Gráfico circulación N°13 de tren horario nocturno.



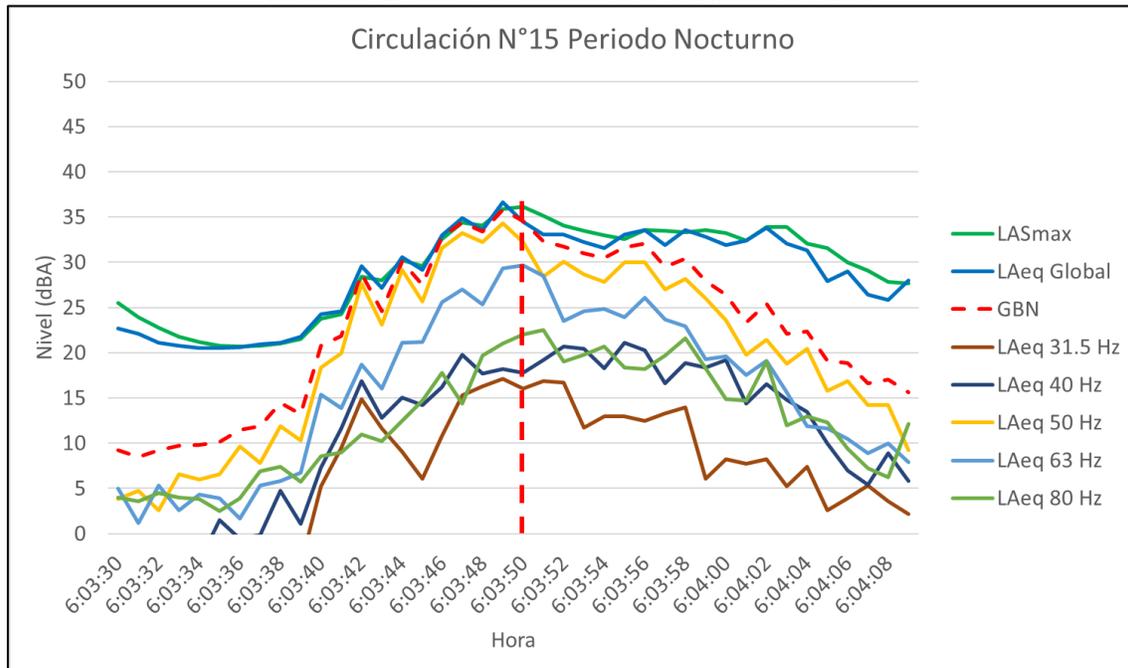
Circulación 14

Ilustración 51. Gráfico circulación N°14 de tren horario nocturno.



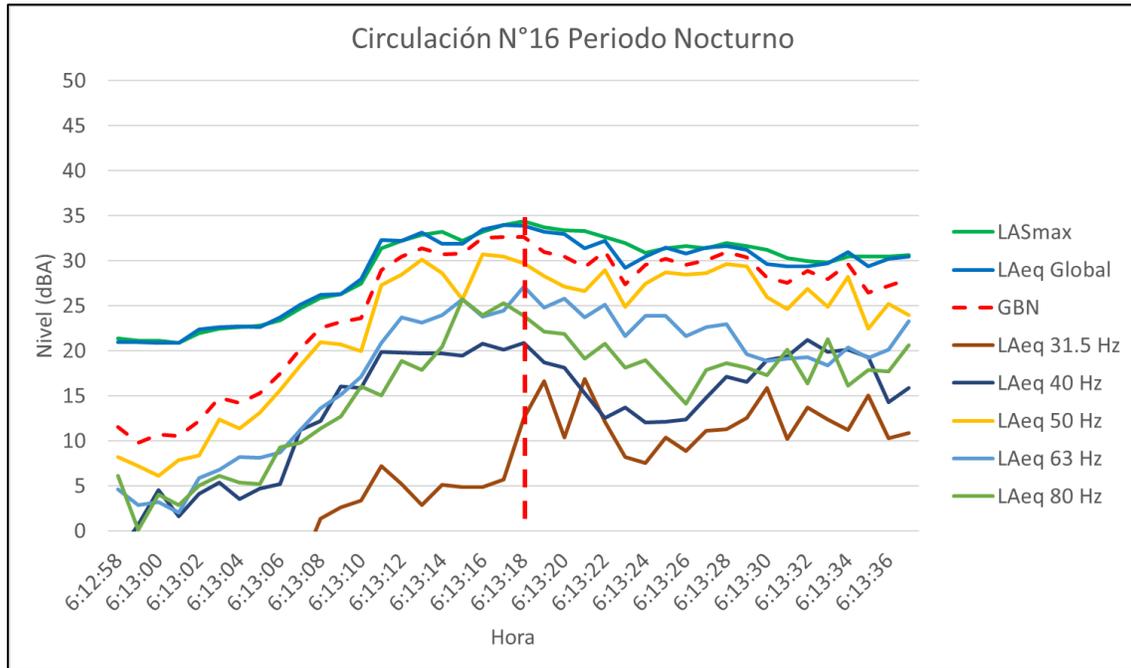
Circulación 15

Ilustración 52. Gráfico circulación N°15 de tren horario nocturno.



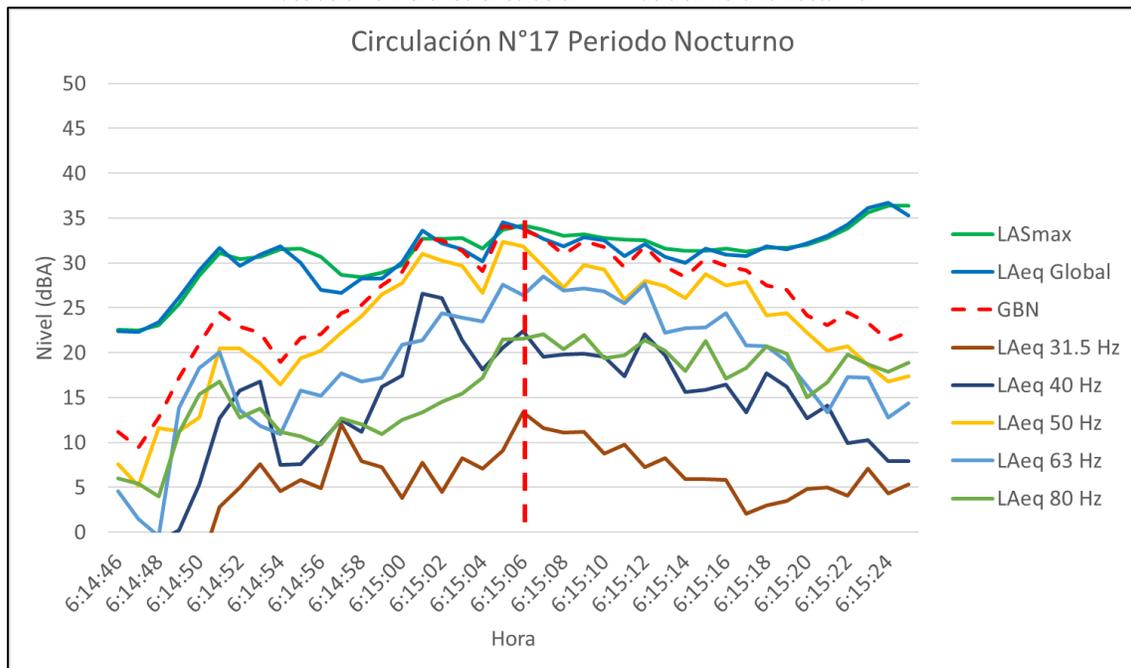
Circulación 16

Ilustración 53. Gráfico circulación N°16 de tren horario nocturno.



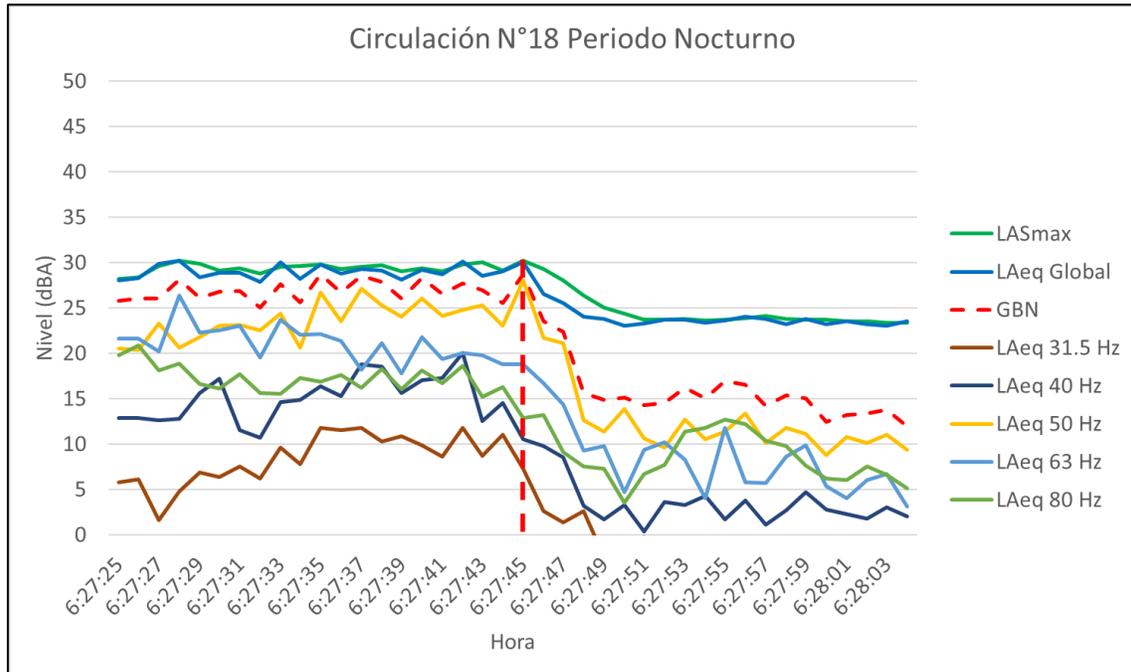
Circulación 17

Ilustración 54. Gráfico circulación N°17 de tren horario nocturno.



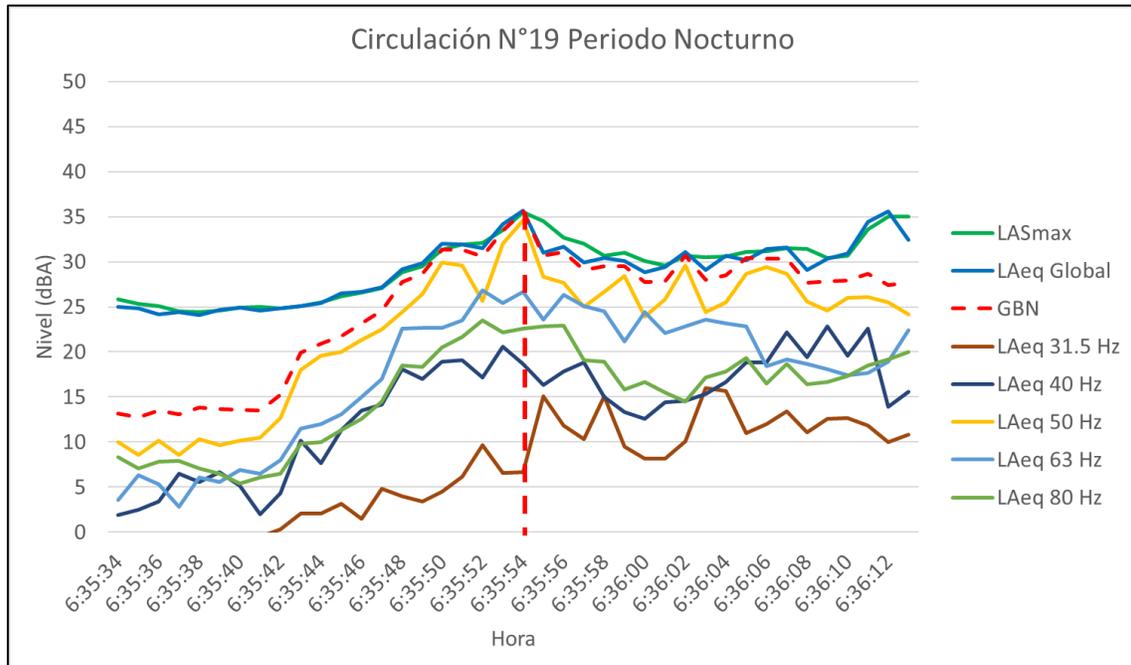
Circulación 18

Ilustración 55. Gráfico circulación N°18 de tren horario nocturno.



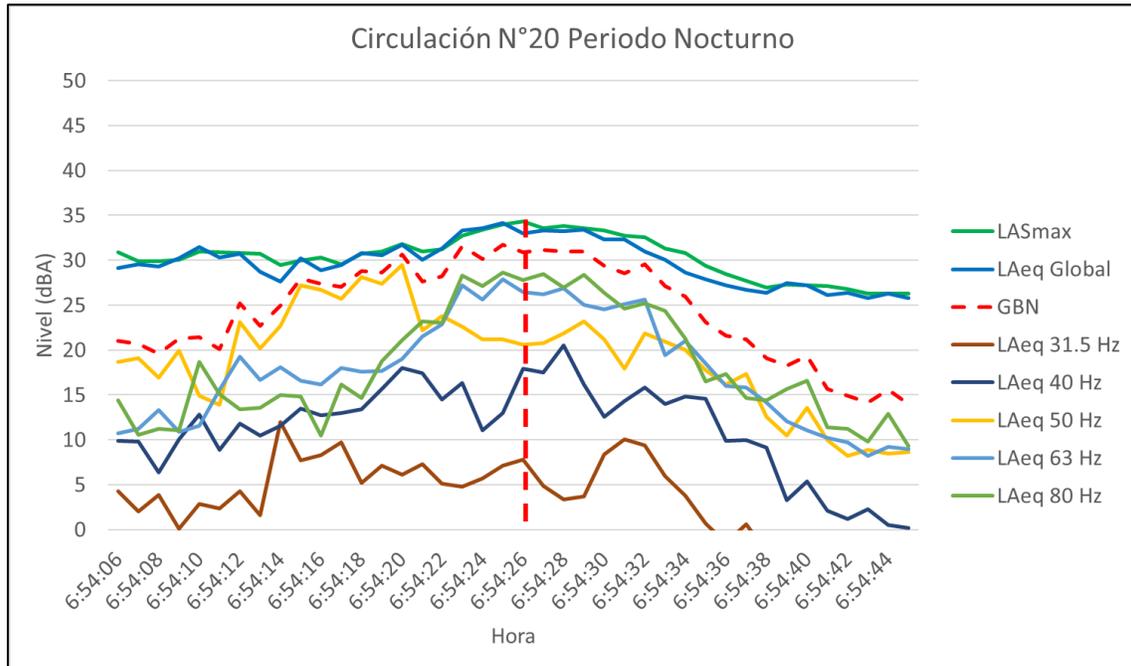
Circulación 19

Ilustración 56. Gráfico circulación N°19 de tren horario nocturno.



Circulación 20

Ilustración 57. Gráfico circulación N°20 de tren horario nocturno.



8 EVALUACIÓN DE NORMATIVA.

A continuación, se presenta la evaluación de los niveles de ruido inducido registrados al interior del recinto para cada circulación de tren en horario diurno y nocturno según lo establecido en la norma FTA Report N°0123:2018 y la guía EPA Australiana 2013

8.1 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 11. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
11-05-2023	12:40:13	34.6	34.9	32.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	12:50:08	36.0	35.4	35.3	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	13:00:08	35.0	35.6	35.1	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	13:01:55	34.9	35.4	35.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:21:29	33.5	33.7	31.6	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:32:18	37.4	37.6	36.0	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	13:53:41	32.9	31.3	31.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:01:08	34.6	34.8	33.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:13:05	33.9	32.9	32.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:14:52	36.0	36.5	36.4	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	18:58:23	36.8	36.9	36.3	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	18:59:53	38.3	39.2	38.0	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	19:07:04	34.4	33.6	33.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	19:08:33	35.7	35.0	34.8	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	19:36:02	35.4	33.7	32.2	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	19:58:30	34.9	35.0	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	20:07:03	33.7	34.1	32.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	20:18:05	37.1	37.4	36.2	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	20:54:07	33.3	31.9	32.5	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:06:29	32.2	32.4	31.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:16:24	35.2	35.0	33.1	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	21:17:50	36.4	36.5	31.9	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	21:28:12	35.3	34.6	35.5	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	21:37:33	36.0	35.8	34.8	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	21:39:01	38.5	39.0	37.9	No	-	-	SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, 14 de las 25 circulaciones sobrepasan el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la norma FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 12. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario nocturno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
11-05-2023	22:10:11	32.4	31.8	31.4	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:11:48	34.2	34.2	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:32:13	34.6	34.5	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:43:06	33.0	31.8	31.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:44:36	35.9	35.7	35.5	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	22:53:57	35.3	35.4	34.6	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	22:55:31	36.1	36.7	36.8	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:05:02	30.0	28.6	28.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:10:22	35.3	34.7	34.2	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:13:37	33.4	33.3	33.5	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:21:40	33.6	33.3	31.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:23:18	36.4	36.1	35.6	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:26:56	32.9	32.7	31.4	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:28:50	32.8	32.0	31.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:03:30	36.1	34.5	35.8	No	-	-	SUPERA
12-05-2023	6:12:58	34.4	33.9	32.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:14:46	34.2	33.9	34.1	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:27:25	30.2	30.0	28.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:35:34	35.5	35.7	35.6	No	-	-	SUPERA
12-05-2023	6:54:06	34.3	33.0	31.8	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, 7 de las 20 circulaciones sobrepasan el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la norma FTA.

8.2 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 40 dBA para el uso residencial.

Tabla 13. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
11-05-2023	12:40:13	34.6	34.9	32.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	12:50:08	36.0	35.4	35.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:00:08	35.0	35.6	35.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:01:55	34.9	35.4	35.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:21:29	33.5	33.7	31.6	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:32:18	37.4	37.6	36.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	13:53:41	32.9	31.3	31.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:01:08	34.6	34.8	33.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:13:05	33.9	32.9	32.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	14:14:52	36.0	36.5	36.4	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	18:58:23	36.8	36.9	36.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	18:59:53	38.3	39.2	38.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	19:07:04	34.4	33.6	33.3	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	19:08:33	35.7	35.0	34.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	19:36:02	35.4	33.7	32.2	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	19:58:30	34.9	35.0	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	20:07:03	33.7	34.1	32.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	20:18:05	37.1	37.4	36.2	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	20:54:07	33.3	31.9	32.5	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:06:29	32.2	32.4	31.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:16:24	35.2	35.0	33.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:17:50	36.4	36.5	31.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:28:12	35.3	34.6	35.5	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:37:33	36.0	35.8	34.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	21:39:01	38.5	39.0	37.9	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 35 dBA para el uso residencial.

Tabla 14. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Nocturno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (31.5 Hz a 80 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
11-05-2023	22:10:11	32.4	31.8	31.4	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:11:48	34.2	34.2	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:32:13	34.6	34.5	32.0	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:43:06	33.0	31.8	31.8	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	22:44:36	35.9	35.7	35.5	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	22:53:57	35.3	35.4	34.6	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	22:55:31	36.1	36.7	36.8	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:05:02	30.0	28.6	28.1	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:10:22	35.3	34.7	34.2	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:13:37	33.4	33.3	33.5	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:21:40	33.6	33.3	31.9	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:23:18	36.4	36.1	35.6	No	-	-	SUPERA
11-05-2023	23:26:56	32.9	32.7	31.4	No	-	-	NO SUPERA
11-05-2023	23:28:50	32.8	32.0	31.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:03:30	36.1	34.5	35.8	No	-	-	SUPERA
12-05-2023	6:12:58	34.4	33.9	32.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:14:46	34.2	33.9	34.1	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:27:25	30.2	30.0	28.7	No	-	-	NO SUPERA
12-05-2023	6:35:34	35.5	35.7	35.6	No	-	-	SUPERA
12-05-2023	6:54:06	34.3	33.0	31.8	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, 7 de las 20 circulaciones sobrepasan el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

9 CONCLUSIÓN

A partir de los datos medidos en terreno y su posterior análisis de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) registrados al interior del recinto ubicado en San Lorenzo N°29, Comuna de La Reina, originados producto de la operación de la Línea 3 de Metro S.A. en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, se concluye que:

14 de las 25 circulaciones de tren evaluadas en horario diurno y 7 de las 20 circulaciones de tren en horario nocturno superan el nivel de evaluación máximo permitido para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 para eventos frecuentes establecido en 35 dBA, según criterio normativo FTA 0123:2018, con una brecha de 3.5 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno y una brecha de 1.4 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

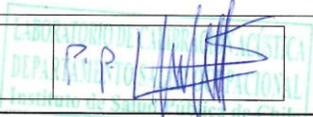
Por otra parte, todas las circulaciones de tren evaluadas en horario diurno cumplen con el nivel de evaluación máximo de 40 dBA estipulado en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013), con una holgura de -1.5 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno. No obstante 7 de las 20 circulaciones de tren evaluadas en horario nocturno superan el nivel de evaluación máximo de 35 dBA estipulado en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013), con una brecha máxima de 1.4 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

10 REFERENCIAS

- Criterio Normativo FTA Report 0123:2018. “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*” de la Federal Transit Administration (FTA) – EEUU (2018).
- Criterio Normativo EPA. “*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*” de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013).
- Norma ISO 14837-1:2005 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance*”.
- Norma ISO/TS 14837-31:2017 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings*”.

11 ANEXOS

11.1 Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Código: SON20210136 LCA – Laboratorio de Calibración Acústica. Página 1 de 7 páginas
<u>DATOS DEL SONÓMETRO</u>	
FABRICANTE SONÓMETRO	: NTI AUDIO
MODELO SONÓMETRO	: XL2 - TA
NÚMERO SERIE SONÓMETRO	: A2A - 13728 - E0
MARCA MICRÓFONO	: NTI Audio
MODELO MICRÓFONO	: MC230A
NÚMERO SERIE MICRÓFONO	: A16350
<u>DATOS DEL CLIENTE</u>	
CLIENTE	: CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN	: ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.
<u>DATOS DE LA CALIBRACIÓN</u>	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN	: 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN	: 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME	: 06/12/2021
Juan Carlos Valenzuela Illanes Encargado Laboratorio de Calibración Acústica	
	
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo.	
Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.	
Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile Tel: (56 – 2) 2575 55 61. www.ispch.cl	

Código: SON20210136

Página 2 de 7 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 21,6 °C H.R. = 48,3 % P = 94,7 kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME-512 03-001 Calibración de Sonómetros Según Norma Técnica IEC 61672-3:2006 de Sonómetros.
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en la Norma IEC 61672-3:2006 de Sonómetros. Dichas tolerancias son las indicadas para un grado de precisión del instrumento Clase 1.
- **INCERTIDUMBRE**
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

▪ **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartado de la especificación petrológica (Ref. IEC 61672-3:2006)		Resultado
Indicación a la frecuencia de comprobación de la calibración (Apartado 9)		POSITIVO
Ruido intrínseco (Apartado 10)	Micrófono Instalado	N/A
	Dispositivo de entrada eléctrica	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales acústicas (Apartado 11)	Ponderación frecuencial A	N/A
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales eléctricas (Apartado 12)	Ponderación frecuencial A	POSITIVO
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
	Ponderación frecuencial lineal	N/A
Ponderación frecuencial Z	Ponderación frecuencial Z	POSITIVO
	Ponderaciones temporales y frecuenciales a 1 kHz (Apartado 13)	Ponderaciones frecuenciales
	Ponderaciones temporales	POSITIVO
Linealidad de nivel en el margen de nivel de referencia (Apartado 14)		POSITIVO
Linealidad de nivel incluyendo el selector de márgenes de nivel (Apartado 15)		POSITIVO
Respuesta a tren de ondas (Apartado 16)	Ponderación temporal Fast	POSITIVO
	Ponderación temporal Slow	POSITIVO
	Nivel promediado en el tiempo	POSITIVO
Nivel de sonido con ponderación C de pico (Apartado 17)		POSITIVO
Indicación de sobrecarga (Apartado 18)		POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metroológica aplicada
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metroológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

▪ **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:**

Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de Laboratorios nacionales acreditados por el INN o por Laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Generador Multifrecuencia	BRUEL & KJAER	4226	2692339	20LAC20652F01	LACAINAC
Modulo de presion Barometrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	09040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrometro	AHLBORN	Almemo 2490 FHA646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile

Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile.

Tel: (56 – 2) 2575 55 61.

www.ispch.cl

Código: SON20210136

Página 3 de 7 páginas

INDICACIÓN A LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Ajustado	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.01	1000	0	0.0	NO	94.07	94.01	0.06	0.20	1.1	-1.1

RUIDO INTRÍNSECO

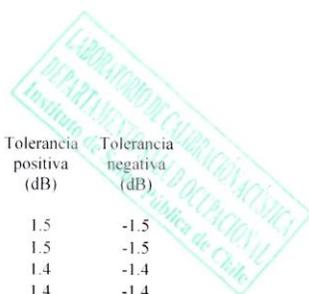
Dispositivo de Entrada Eléctrica

Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	U (dB)	Especificación Fabricante (dB)
A	17.90	0.058	18.00
C	16.70	0.058	17.00
Z	20.40	0.058	21.00

PONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.05	63	-0.8	0	93.37	93.36	0.01	0.23	1.5	-1.5
94.02	125	-0.2	0	94.02	93.93	0.09	0.28	1.5	-1.5
93.99	250	0	0	94.12	94.10	0.02	0.28	1.4	-1.4
93.98	500	0	0.0	94.12	94.09	0.03	0.28	1.4	-1.4
94.01	1000	0	0.0	94.12	-	-	-	-	-
93.99	2000	-0.2	0.3	93.87	93.60	0.27	0.23	1.6	-1.6
93.93	4000	-0.8	0.7	92.97	92.54	0.43	0.23	1.6	-1.6
94.08	8000	-3	2.6	87.92	88.59	-0.67	0.28	2.1	-3.1
94.11	12500	-6.2	6	80.87	82.02	-1.15	0.40	3	-6



Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 4 de 7 páginas

PONDERACIÓN FRECUENCIAL

Ponderación Frecuencial A

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
101.20	63	-26.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
91.10	125	-16.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
83.60	250	-8.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
78.20	500	-3.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
73.80	2000	1.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
74.00	4000	1	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
76.10	8000	-1.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
81.60	16000	-6.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.80	63	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.20	125	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.20	2000	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.80	4000	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
78.00	8000	-3	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
83.50	16000	-8.5	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial Z

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.00	63	0	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.00	125	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.00	2000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	4000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	8000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
75.00	16000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	3.5	-17

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136
Página 5 de 7 páginas

LINEALIDAD

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
126.10	8000	125.00	125.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
125.10	8000	124.00	124.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
124.10	8000	123.00	123.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
123.10	8000	122.00	122.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
122.10	8000	121.00	121.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
121.10	8000	120.00	120.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
120.10	8000	119.00	119.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
119.10	8000	118.00	118.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
118.10	8000	117.00	117.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
117.10	8000	116.00	116.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
116.10	8000	115.00	115.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
115.10	8000	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
110.10	8000	109.00	109.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
105.10	8000	104.00	104.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
100.10	8000	99.00	99.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.10	8000	94.00	-	-	-	-	-
90.10	8000	89.00	89.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
85.10	8000	84.00	84.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
80.10	8000	79.00	79.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
75.10	8000	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
70.10	8000	69.00	69.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
65.10	8000	64.00	64.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
60.10	8000	59.00	59.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
55.10	8000	54.00	54.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
50.10	8000	49.00	49.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
45.10	8000	44.00	44.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
40.10	8000	39.10	39.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
35.10	8000	34.20	34.00	0.20	0.14	1.1	-1.1
30.10	8000	29.40	29.00	0.40	0.14	1.1	-1.1
29.10	8000	UNDER-RANGE	28.00	-	-	1.1	-1.1

LINEALIDAD SELECTOR MARGENES DE NIVEL

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Rango	Rango (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	Ref	20 - 120	94.00	-	-	-	-	-
74.00	1000	R1	0 - 100	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.00	1000	R1	0 - 100	95.00	95.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
114.00	1000	R2	40 - 140	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
135.00	1000	R2	40 - 140	135.00	135.00	0.00	0.14	1.1	-1.1

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa

Código: SON20210136
Página 6 de 7 páginas

DIFERENCIA DE INDICACIÓN

Ponderaciones Temporales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Temporal	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	NPS Fast	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	NPS Slow	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3
94.00	1000	Leq	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3

Ponderaciones Frecuenciales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	A	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	C	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
94.00	1000	Z	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4

RESPUESTA A TREN DE ONDAS

Ponderación temporal Fast

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	0.125	115.90	116.02	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	0.125	98.90	99.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	0.125	89.80	90.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Ponderación temporal Slow

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	1	109.50	109.58	-0.08	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	1	89.90	90.01	-0.11	0.082	1.3	-3.3

Nivel promediado en el tiempo

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	109.89	110.01	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	89.92	90.01	-0.09	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	80.82	80.98	-0.16	0.082	1.3	-3.3

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 7 de 7 páginas

NIVEL DE SONIDO CON PONDERACIÓN C DE PICO

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Número de Ciclos	Lcpeak-Lc	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	8000	-	-	126.90	-	-	-	-	-
127.00	500	-	-	127.00	-	-	-	-	-
130.00	8000	Uno	3.4	129.60	130.30	-0.70	0.082	2.4	-2.4
127.00	500	Semiciclo positivo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4
127.00	500	Semiciclo negativo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4

INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Margen Superior (dB)	Frecuencia (Hz)	Señal de Entrada	Nivel Sobrecarga (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
140	4000	Semiciclo positivo	141.20	-	-	-	-	-
140	4000	Semiciclo negativo	141.20	141.20	0.00	0.14	1.8	-1.8

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.2 Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20210122
LCA – Laboratorio de Calibración Acústica.

Página 1 de 1 páginas (más un anexo de 2 hojas)

DATOS DEL CALIBRADOR

FABRICANTE CALIBRADOR : LARSON DAVIS
MODELO : CAL200
NÚMERO DE SERIE : 11831

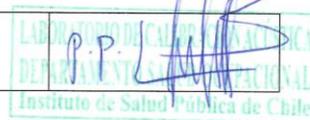
DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN : ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN : 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN : 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME : 06/12/2021

Juan Carlos Valenzuela Illanes
Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo

Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathón 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 1 de 2 páginas

▪ **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**

T = 21,6 °C H.R. = 44,9 % P = 94,7 kPa

▪ **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**

ME 512 03 002 Calibración de Calibradores Acústicos Según Norma Técnica UNE-EN 60942:2005.

▪ **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**

Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 1.

▪ **INCERTIDUMBRE:**

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

▪ **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartados de la especificación metrológica Norma UNE-EN 60942:2005	Prueba	Resultado
Niveles de presión acústica (Apartados 5.2.2 y 5.2.3 – Tabla 1)	Valor nominal	POSITIVO
	Estabilidad	POSITIVO
Distorsión total (Apartado 5.5 – Tabla 6)		POSITIVO
Frecuencia (Apartado 5.3.2 – Tabla 3)	Valor nominal	POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

▪ **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN**

Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de laboratorios nacionales acreditados por el INN o por laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	1247199	00294 LCPN ME 2021-04	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	9040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FH A646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK2100129	BRÜEL&KJAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathon 1000 – Ñuñoa – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 2 de 2 páginas

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Valor nominal del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia Positiva (dB)	Tolerancia Negativa (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	94.00	0.00	0.40	-0.40	± 0.14
114.00	1000.00	113.99	-0.01	0.40	-0.40	± 0.14

Estabilidad del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058
114.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058

DISTORSIÓN

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Leída (%)	Distorsión Esperada (%)	Desviación (%)	Tolerancia (%)	Incertidumbre (%)
94.00	1000.00	0.378	0.000	0.378	3.000	± 0.10
114.00	1000.00	0.449	0.000	0.449	3.000	± 0.12

FRECUENCIA

Valor nominal de la Frecuencia

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Frecuencia Exacta (Hz)	Frecuencia Leída (Hz)	Desviación (Hz)	Tolerancia Positiva (Hz)	Tolerancia Negativa (Hz)	Incertidumbre (Hz)
94.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50
114.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50

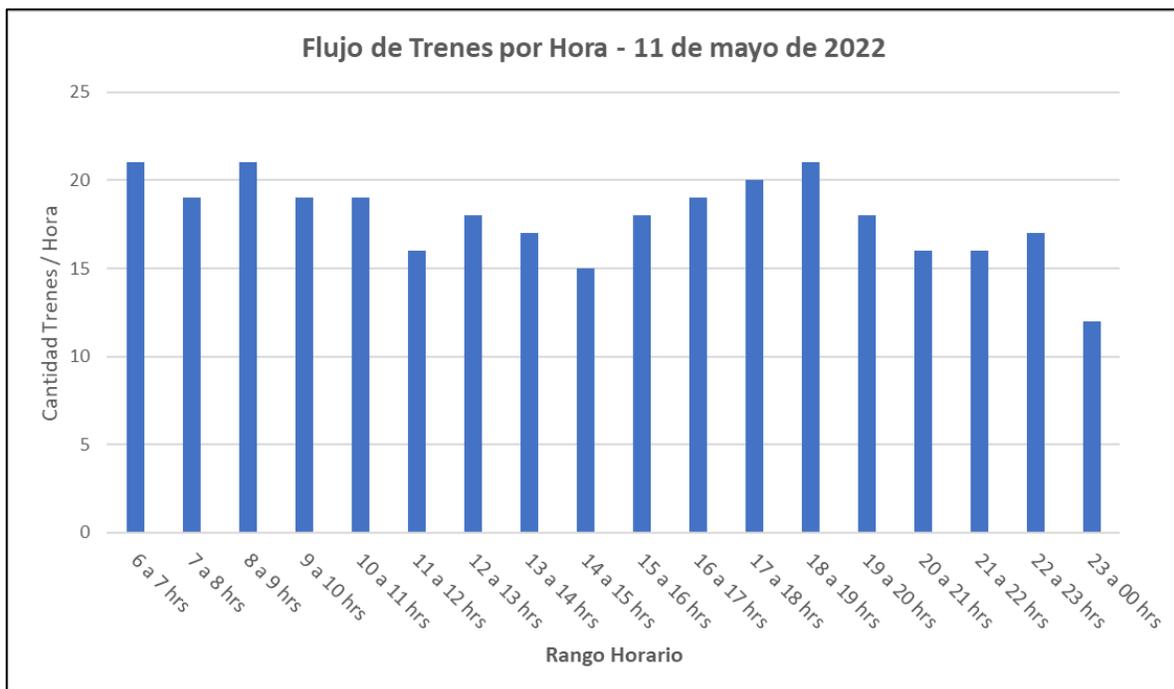
Si a la izquierda de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.3 Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE)

El presente anexo da cuenta de información referente a las circulaciones de trenes los días 11 y 12 de mayo de 2023, en los cuales se realizaron las mediciones solicitadas en edificaciones del tramo PZE-FCV de Línea 3.

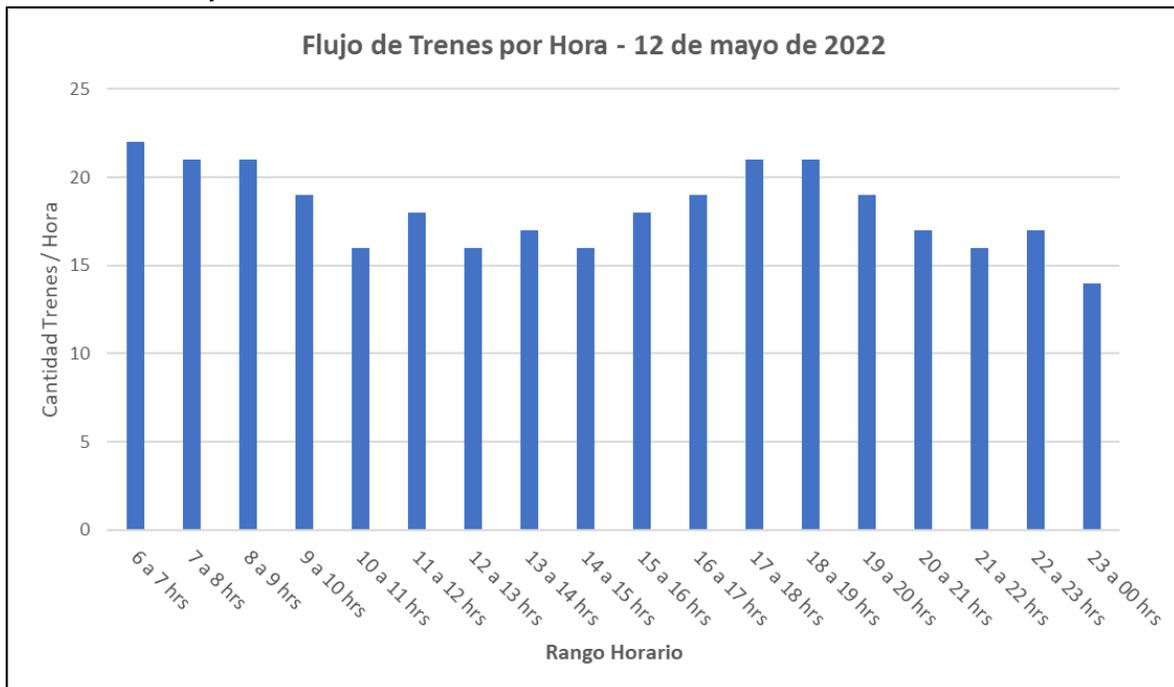
Se presenta un resumen diario, así como el detalle horario de todas las circulaciones que se efectuaron los días indicados, separando esta por vía 1 (desde PZE hacia FCV) y por vía 2 (desde FCV hacia PZE).

- 11 de mayo de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
6 a 7 hrs	21
7 a 8 hrs	19
8 a 9 hrs	21
9 a 10 hrs	19
10 a 11 hrs	19
11 a 12 hrs	16
12 a 13 hrs	18
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	15
15 a 16 hrs	18
16 a 17 hrs	19
17 a 18 hrs	20
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	18
20 a 21 hrs	16
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	17
23 a 00 hrs	12

- 12 de mayo de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
6 a 7 hrs	22
7 a 8 hrs	21
8 a 9 hrs	21
9 a 10 hrs	19
10 a 11 hrs	16
11 a 12 hrs	18
12 a 13 hrs	16
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	16
15 a 16 hrs	18
16 a 17 hrs	19
17 a 18 hrs	21
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	19
20 a 21 hrs	17
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	17
23 a 00 hrs	14

- Detalle del total de circulaciones 11 y 12 de mayo de 2023.

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
6:08:06	6:03:00	6:00:40	6:03:22
6:11:56	6:14:42	6:07:20	6:14:37
6:16:38	6:22:39	6:11:50	6:21:23
6:19:53	6:30:29	6:16:34	6:28:44
6:24:36	6:38:30	6:18:36	6:37:14
6:27:42	6:46:26	6:23:20	6:45:18
6:32:25	6:54:22	6:25:58	6:53:52
6:35:43	7:02:26	6:30:42	7:02:34
6:40:27	7:10:24	6:34:27	7:10:58
6:43:39	7:20:43	6:39:11	7:20:25
6:48:24	7:31:21	6:42:32	7:29:33
6:51:36	7:40:01	6:47:18	7:37:02
6:56:19	7:50:20	6:51:04	7:45:35
6:59:38	7:58:41	6:55:50	7:54:10
7:04:22	8:06:25	6:59:47	8:02:42
7:07:37	8:14:57	7:04:32	8:11:12
7:12:22	8:22:58	7:08:12	8:19:46
7:17:55	8:30:57	7:13:00	8:28:30
7:24:35	8:39:30	7:17:38	8:36:54
7:28:34	8:49:24	7:23:41	8:45:21
7:33:19	8:58:00	7:26:45	8:53:54
7:37:13	9:09:30	7:31:28	9:02:34
7:42:50	9:18:10	7:34:14	9:11:00
7:47:33	9:26:19	7:38:58	9:19:52
7:52:16	9:34:25	7:42:47	9:28:17
7:55:53	9:42:26	7:47:49	9:36:48
8:00:38	9:51:00	7:51:23	9:47:52
8:03:39	10:02:54	7:56:08	9:59:29
8:08:21	10:15:20	7:59:55	10:09:57
8:12:11	10:25:51	8:04:40	10:21:46
8:16:54	10:39:14	8:08:25	10:32:21
8:20:10	10:48:06	8:13:11	10:42:11
8:24:55	10:56:59	8:16:58	10:53:05

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
8:28:09	11:05:59	8:21:43	11:03:44
8:32:54	11:14:40	8:25:44	11:14:51
8:36:43	11:27:41	8:30:32	11:25:46
8:42:34	11:37:40	8:34:07	11:36:20
8:46:44	11:50:55	8:39:59	11:47:33
8:51:22	12:00:28	8:42:34	11:58:26
8:55:12	12:10:41	8:47:18	12:10:15
9:00:52	12:20:08	8:51:07	12:20:16
9:06:54	12:29:08	8:55:51	12:31:09
9:11:28	12:40:03	8:59:47	12:41:36
9:15:23	12:49:59	9:04:30	12:52:47
9:20:08	13:01:47	9:08:14	13:03:47
9:23:32	13:12:44	9:13:00	13:14:42
9:28:16	13:22:57	9:17:05	13:25:43
9:31:37	13:32:09	9:21:48	13:36:32
9:36:21	13:43:16	9:25:30	13:47:20
9:39:40	13:53:29	9:30:18	13:58:20
9:44:24	14:03:00	9:34:01	14:09:13
9:48:14	14:14:41	9:39:45	14:20:18
9:53:33	14:28:34	9:45:05	14:31:01
10:00:07	14:41:36	9:51:30	14:41:56
10:05:27	14:52:38	9:56:42	14:52:54
10:12:34	15:03:31	10:02:08	15:03:46
10:19:00	15:14:25	10:07:10	15:14:36
10:23:04	15:25:20	10:12:53	15:25:34
10:28:23	15:28:11	10:18:59	15:28:09
10:32:29	15:36:29	10:24:50	15:36:22
10:36:27	15:47:16	10:29:34	15:47:17
10:41:10	15:58:11	10:34:20	15:58:18
10:45:18	16:09:00	10:39:23	16:09:02
10:50:02	16:20:00	10:45:08	16:20:01
10:53:47	16:29:47	10:50:18	16:29:47
10:58:57	16:38:30	10:55:49	16:39:24
11:02:53	16:47:08	11:00:57	16:46:57
11:07:57	16:55:55	11:03:38	16:55:31

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
11:12:21	17:04:39	11:07:47	17:04:04
11:17:41	17:13:19	11:12:04	17:12:23
11:24:55	17:22:00	11:17:45	17:21:14
11:29:38	17:31:49	11:22:59	17:29:38
11:35:36	17:41:42	11:28:42	17:38:26
11:42:00	17:50:33	11:33:59	17:46:54
11:48:09	17:59:13	11:39:36	17:55:29
11:53:25	18:07:53	11:44:45	18:04:01
11:57:40	18:16:35	11:50:20	18:12:35
12:03:26	18:25:15	11:55:38	18:24:29
12:07:54	18:33:55	12:01:31	18:32:03
12:12:38	18:42:32	12:06:37	18:38:14
12:16:40	18:51:08	12:12:04	18:46:55
12:21:54	18:59:48	12:17:28	18:55:20
12:26:22	19:08:26	12:23:06	19:03:53
12:31:18	19:17:01	12:28:23	19:12:38
12:37:16	19:27:11	12:34:06	19:21:05
12:41:58	19:37:36	12:39:18	19:31:39
12:47:11	19:47:55	12:45:00	19:40:33
12:52:41	19:58:16	12:50:01	19:50:20
12:59:02	20:08:37	12:55:44	20:01:08
13:04:30	20:21:02	13:01:00	20:12:47
13:09:57	20:33:41	13:06:43	20:23:03
13:14:46	20:46:05	13:11:56	20:33:56
13:20:10	20:55:32	13:17:36	20:44:41
13:24:54	21:06:23	13:22:55	20:55:46
13:29:23	21:17:38	13:28:31	21:06:31
13:35:29	21:28:06	13:33:46	21:17:25
13:40:30	21:38:56	13:39:35	21:28:15
13:46:32	21:49:53	13:44:34	21:39:17
13:50:42	22:00:53	13:50:19	21:50:10
13:56:03	22:11:36	13:55:33	22:01:03
14:00:03	22:22:30	14:01:09	22:11:54
14:06:52	22:33:34	14:06:26	22:22:55
14:11:59	22:44:29	14:12:11	22:33:48

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
14:17:44	22:55:22	14:17:31	22:44:38
14:24:27	23:04:55	14:22:53	22:55:36
14:31:33	23:13:35	14:28:13	23:05:41
14:38:54	23:18:13	14:34:00	23:11:30
14:44:34	23:23:12	14:39:09	23:16:54
14:49:56	23:28:39	14:44:43	23:21:40
14:55:31	23:41:19	14:50:07	23:26:06
15:00:48		14:55:41	23:31:14
15:06:34		15:00:58	23:46:08
15:11:43		15:06:45	
15:17:25		15:11:50	
15:22:48		15:17:41	
15:30:00		15:22:47	
15:33:47		15:29:55	
15:39:27		15:33:35	
15:44:33		15:39:31	
15:50:25		15:44:29	
15:55:29		15:50:24	
16:01:13		15:55:32	
16:06:18		16:01:30	
16:12:10		16:06:20	
16:17:18		16:12:12	
16:23:03		16:17:19	
16:27:04		16:23:07	
16:31:47		16:27:05	
16:35:58		16:31:43	
16:40:27		16:36:42	
16:44:36		16:41:22	
16:49:05		16:44:15	
16:53:23		16:49:21	
16:57:54		16:52:49	
17:02:06		16:57:28	
17:06:35		17:01:22	
17:10:48		17:07:11	
17:15:16		17:09:41	

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
17:19:28		17:15:06	
17:23:55		17:18:32	
17:29:18		17:23:10	
17:34:31		17:26:56	
17:39:10		17:31:40	
17:43:39		17:35:44	
17:48:01		17:40:24	
17:52:29		17:44:12	
17:56:41		17:48:55	
18:01:09		17:52:47	
18:05:22		17:57:25	
18:09:50		18:01:19	
18:14:02		18:06:02	
18:18:32		18:09:53	
18:22:43		18:15:44	
18:27:13		18:21:53	
18:31:23		18:26:26	
18:35:52		18:29:15	
18:40:00		18:34:00	
18:44:29		18:35:47	
18:48:36		18:40:13	
18:53:06		18:44:13	
18:57:16		18:48:54	
19:01:45		18:52:38	
19:05:53		18:57:16	
19:10:21		19:01:11	
19:14:30		19:05:49	
19:19:29		19:09:56	
19:24:39		19:14:37	
19:29:47		19:18:22	
19:34:54		19:23:09	
19:40:04		19:28:56	
19:45:14		19:33:36	
19:50:27		19:37:51	
19:55:34		19:42:35	

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
20:00:44		19:47:38	
20:05:53		19:53:20	
20:10:44		19:58:26	
20:16:57		20:04:17	
20:25:38		20:10:05	
20:30:59		20:15:17	
20:39:05		20:20:23	
20:43:32		20:26:10	
20:48:19		20:31:14	
20:53:00		20:37:11	
20:58:49		20:42:00	
21:03:50		20:47:52	
21:09:41		20:53:04	
21:15:07		20:58:44	
21:20:39		21:03:50	
21:25:35		21:09:32	
21:31:26		21:14:43	
21:36:24		21:20:27	
21:42:02		21:25:32	
21:47:20		21:31:23	
21:53:13		21:36:35	
21:58:21		21:42:20	
22:04:05		21:47:28	
22:09:05		21:53:15	
22:14:42		21:58:21	
22:19:59		22:04:09	
22:25:37		22:09:12	
22:31:01		22:14:59	
22:36:41		22:20:12	
22:41:56		22:26:01	
22:47:39		22:31:06	
22:52:50		22:36:43	
22:58:23		22:41:57	
23:01:56		22:47:44	
23:09:12		22:52:55	

jueves, 11 de mayo de 2023		viernes, 12 de mayo de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
23:14:53		22:58:18	
23:20:20		23:02:37	
23:25:49		23:08:57	
23:38:07		23:14:22	
		23:19:07	
		23:23:33	
		23:28:41	
		23:39:29	

12 EQUIPO DE TRABAJO

Aldo Campos Pérez – Ing. en Control de Vibración y Ruido (U. Austral de Chile); Mg. Ing. Estructural y Geotecnia (P.U.C.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.
- Validación de documento.

Francisco Gutiérrez Alvarado – Ing. en Sonido y Acústica (U.D.L.A.):

- Mediciones en Terreno.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Edgar Céspedes Silva – Ing. en Sonido (A.I.E.P.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Rodrigo Contador Villagra – Instalador Eléctrico Clase D (Fundación Cades):

- Asistente en Terreno.

EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina

Preparado para:



Preparado por:



EVALUACIÓN DE RUIDO INDUCIDO SEGÚN FTA 0123-2018 – EPA (2013)

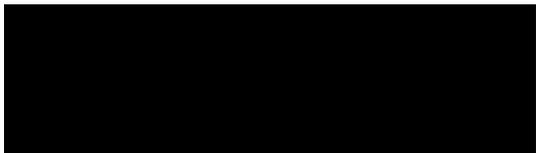
**Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina
Santiago | Chile**

Número de Proyecto: 230428-1

Contador y Campos Ingenieros Ltda.

Acústica, Control de Ruidos y Ruido

Santiago, Chile



Revisión 0

15 de septiembre de 2023

Elaborado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

Aprobado por

Contador y Campos Ingeniería Limitada

1. Nombre del Proyecto	Evaluación de Ruido Inducido Según FTA 0123-2018 – EPA (2013) Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina	
2. Código del Documento	230428-1	
3. Título del Documento	Evaluación FTA 0123:2018 – EPA (2013)	
4. Empresa Mandante	Metro	
5. Responsable Mandante	Cristian Barria	
6. Empresa Desarrolladora Estudio	Contador y Campos Ingenieros Ltda. Acústica, Control de Ruidos y Vibraciones 	
7. Fecha Actual Informe	15 de septiembre de 2023	
8. Revisión Actual Informe	0	
9. Responsable Elaboración	Edgar Céspedes S.	
10. Responsable Verificación	Francisco Gutiérrez A.	
11. Responsable Validación	Oscar Contador V.	
Control de Revisiones		
Revisión	Fecha	Comentarios
A	30/08/2023	Revisión para aprobación de Cliente.
0	15/09/2023	Revisión para aprobación de Cliente.

ÍNDICE

1	RESUMEN EJECUTIVO	5
2	INTRODUCCION	6
3	OBJETIVO	7
4	ANTECEDENTES NORMATIVOS	7
4.1	FTA REPORT N°0123:2018.....	7
4.2	EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013).....	9
4.3	NORMATIVA COMPLEMENTARIA.....	10
5	ANTECEDENTES DE MEDICIÓN	12
5.1	PUNTO DE MEDICIÓN	12
5.2	EQUIPAMIENTO Y MONTAJE.....	15
6	METODOLOGÍA	18
6.1	VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN.....	20
7	MEDICIONES ACÚSTICAS.....	22
7.1	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS.....	22
7.2	RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA.....	25
7.3	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO.....	29
7.4	DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO	42
8	EVALUACIÓN DE NORMATIVA.....	53
8.1	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.....	53
8.2	EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.....	55
9	CONCLUSIÓN.....	57
10	REFERENCIAS	58
11	ANEXOS.....	59
11.1	Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA.....	59
11.2	Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis	66
11.3	Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE).....	69
12	EQUIPO DE TRABAJO	79

1 RESUMEN EJECUTIVO

El documento a continuación entrega los resultados obtenidos para la evaluación de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN), al interior de una edificación de acuerdo con la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

Los resultados analizados y presentados en este informe corresponden a los medidos en el receptor ubicado en Loreley N°17, comuna de La Reina, cuyos registros al interior de la vivienda evaluada para el 1^{er} piso son comparados con los límites para residenciales de FTA 0123:2018 (límite más estricto) y los límites para residencias de la guía EPA Australiana.

El receptor se encuentra ubicado en el tramo perteneciente a Línea 3 de Metro S.A. comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, específicamente frente a la estación Fernando Castillo Velasco por el costado norte.

Se destaca que en horario diurno y nocturno no se presentaron circulaciones contaminadas por el ruido ambiente.

Debido a que la vibración y ruido inducido generados por la circulación de trenes no depende de la carga producto de la dependencia de la masa no suspendida del material rodante, es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno.

De esta manera todas las circulaciones de trenes en horario diurno cumplen con el límite máximo de ruido inducido para el tipo residencial definido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -0.1 dBA en la circulación de tren más alta. De igual manera todas las circulaciones de trenes en horario nocturno cumplen con el límite máximo de ruido inducido, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -0.2 dBA en la circulación de tren más alta.

Para la evaluación de ruido inducido en receptores del tipo residencial definida por la metodología estipulada en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013), de esta manera todas las circulaciones de trenes en horario diurno cumplen con el límite máximo, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -5.1 dBA en la circulación de tren más alta. De igual manera todas las circulaciones de trenes en horario nocturno cumplen con el límite máximo de ruido inducido, generando un cumplimiento de evaluación con una holgura de -0.2 dBA en la circulación de tren más alta.

2 INTRODUCCION

El presente informe entrega los resultados obtenidos de la medición y evaluación de Ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) al interior de una edificación, de acuerdo con la metodología estipulada en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 "*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*" y con la guía EPA – South Australia (2013) "*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*", debido a la circulación de trenes asociados a la operación de Línea 3 de Metro S.A. de Santiago. Esta línea presenta 18 estaciones y se extiende por 22 km aproximadamente, abarcando las comunas de Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Ñuñoa y La Reina.

Los resultados presentados y analizados en este documento corresponden a una vivienda ubicada específicamente en Loreley N°17, comuna de La Reina, en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco frente a esta última estación, correspondiente a una vivienda de 2 pisos.

Se analizan los niveles de ruido inducido medido de manera continua en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LAmáx) con respuesta lenta (slow) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "C" con respuesta lenta (slow).

De manera complementaria, debido al conocimiento de ruido ambiente en la ciudad de Santiago producto del tránsito vehicular, se realizan mediciones de vibraciones mecánicas para el análisis de la señal de velocidad mediante registro de tiempo historia para cada eje de medición, considerando los niveles registrados en el eje de mayor valor para estimar el nivel de ruido inducido en aquellos casos donde el ruido ambiente interfiere el correcto análisis de los descriptores mencionados anteriormente.

3 OBJETIVO

Evaluar los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) asociado a la circulación de trenes en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3, al interior del recinto ubicado en Loreley N°17, comuna de La Reina, contrastando los niveles registrados con los máximos permitidos según la metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 y con los niveles de referencia establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013).

4 ANTECEDENTES NORMATIVOS

4.1 FTA REPORT N°0123:2018

Este criterio normativo corresponde a la metodología recomendada por el Departamento de Transporte de Estados Unidos, a través del reporte de la Agencia Federal de Tránsito (FTA) publicado en septiembre de 2018, que considera la evaluación para período diurno (entre 07:00 hrs a 22:00 hrs) y período nocturno (entre 22:00 hrs y 07:00 hrs) de los niveles de ruido inducido (GBN) originados por la contribución exclusiva del tránsito ferroviario en el interior del recinto evaluado ubicado en el tramo comprendido entre las estaciones Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco.

Este criterio normativo no es claro en el descriptor, ni tampoco en el tipo de respuesta del instrumental (slow o fast) para cuantificar los niveles de presión sonora. De hecho, la tabla 5-1, página 110 de la FTA detalla que, *“Los niveles de sonido con ponderación A representan el ruido general en un receptor que se ajusta en frecuencia para aproximarse a la sensibilidad de la audición humana típica. Esta unidad se utiliza para caracterizar el ruido transmitido por el suelo”*.

Tabla 1. Métricas para Ground-borne Vibration y Ground-borne Noise.

Metric	Abbreviation	Definition
Vibration Decibels	VdB	The vibration velocity level in decibel scale.
Peak Particle Velocity	PPV	The peak signal value of an oscillating vibration velocity waveform. Usually expressed in inches/second in the United States.
Root Mean Square	rms	The square root of the arithmetic average of the squared amplitude of the signal.
A-weighted Sound Level	dBA	A-weighted sound levels represent the overall noise at a receiver that is adjusted in frequency to approximate typical human hearing sensitivity. This unit is used to characterize ground-borne noise.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-1, página 110.

El criterio de evaluación se basa en una comparación entre los niveles medidos y los niveles de referencia indicados como apenas perceptible y distintivamente perceptible establecidos en el capítulo 5 de la guía presentados en la tabla a continuación.

Tabla 2. Respuesta humana a los diferentes niveles de vibración y ruido inducido.

Vibration Velocity Level	Noise Level		Human Response
	Low Freq*	Mid Freq**	
65 VdB	25 dBA	40 dBA	Approximate threshold of perception for many humans. Low-frequency sound: usually inaudible. Mid-frequency sound: excessive for quiet sleeping areas.
75 VdB	35 dBA	50 dBA	Approximate dividing line between barely perceptible and distinctly perceptible. Many people find transit vibration at this level annoying. Low-frequency noise: tolerable for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive in most quiet occupied areas.
85 VdB	45 dBA	60 dBA	Vibration tolerable only if there are an infrequent number of events per day. Low-frequency noise: excessive for sleeping areas. Mid-frequency noise: excessive even for infrequent events for some activities.

*Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 30 Hz.
**Approximate noise level when vibration spectrum peak is near 60 Hz.

Fuente: Manual FTA, tabla 5-5, página 120.

El procedimiento establecido en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018 indica que el nivel de ruido inducido se estima aplicando la curva de ponderación A al espectro RMS 1 segundo de velocidad vibratoria en tercios de octava y sustrayendo 5 dB adicionales.

Ilustración 1. Metodología para estimar el nivel de ruido inducido a partir del espectro de velocidad.

^{xi} The A-weighted level of ground-borne noise can be estimated by applying A-weighting to the vibration velocity spectrum and by subtracting an additional 5 dB for a room with average acoustical absorption. Since the A-weighting at 31.5 Hz is -39.4 dB, if the vibration spectrum peaks at 30 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 40 dB lower than the velocity level. If the vibration spectrum peaks at 60 Hz, the A-weighted sound level will be approximately 25 dB lower than the velocity level.

Fuente: Manual FTA, pie de página, página 119.

Para la definición del límite normativo a considerar, se utiliza la categoría 2 en uso de suelo, aplicable a recintos residenciales y eventos frecuentes, cuyo límite es el más estricto para este tipo de edificaciones.

Tabla 3. Categorías según uso de suelo efectivo.

Land Use Category	GBV Impact Levels (VdB re 1 micro-inch /sec)			GBN Impact Levels (dBA re 20 micro Pascals)		
	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events	Frequent Events	Occasional Events	Infrequent Events
Category 1: Buildings where vibration would interfere with interior operations.	65 VdB*	65 VdB*	65 VdB*	N/A**	N/A**	N/A**
Category 2: Residences and buildings where people normally sleep.	72 VdB	75 VdB	80 VdB	35 dBA	38 dBA	43 dBA
Category 3: Institutional land uses with primarily daytime use.	75 VdB	78 VdB	83 VdB	40 dBA	43 dBA	48 dBA

* This criterion limit is based on levels that are acceptable for most moderately sensitive equipment such as optical microscopes. For equipment that is more sensitive, a Detailed Vibration Analysis must be performed.
** Vibration-sensitive equipment is generally not sensitive to ground-borne noise; however, the manufacturer's specifications should be reviewed for acoustic and vibration sensitivity.

Fuente: Manual FTA, tabla 6-3, página 126.

4.2 EPA – SOUTH AUSTRALIA (2013)

Este criterio normativo corresponde a la guía “Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure, de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013)”, se presentan a continuación los límites normativos a considerar según el criterio de ruido inducido para receptores del tipo residencial establecidos en el capítulo 2.2 de la guía EPA.

Tabla 4. Categorías según uso de suelo efectivo.

Landuse	Time period	Ground-borne noise criteria, dB(A)
Residential	Day, 7 am to 10 pm	40 L_{Amax} (slow)
	Night, 10 pm to 7 am	35 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – quiet areas	When in use	40 L_{Amax} (slow)
Educational institutions & places of worship – other areas	When in use	45 L_{Amax} (slow)
Hospitals – sleeping areas	When in use	35 L_{Amax} (slow)
Hospitals – other areas	When in use	40–45 L_{Amax} (slow)

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 2.2, tabla 3, página 10.¹

En esta guía, se entregan las directrices que describen los enfoques para minimizar y gestionar los impactos del ruido inducido y las vibraciones mecánicas de la actividad ferroviaria, incluido el proceso para evaluar los impactos potenciales y permitir una gestión ambiental adecuada.

En el capítulo 4.2 de la presente guía, se establece la metodología para la medición de ruido inducido, el descriptor a utilizar para su evaluación respecto de los valores obtenidos de una circulación de tren corresponde al Nivel de Presión Sonora Máximo con Ponderación “A” (L_{Amax}) y respuesta lenta (slow) como se indica en la siguiente ilustración:

4.2 Ground-borne rail noise measurement

Ground-borne rail noise levels at a site should only be measured where the level of ground-borne rail noise is higher than that of air-borne noise from the rail pass-bys.

To provide ground-borne noise measurements of appropriate accuracy:

- sound level meters are to be of at least Class 1 certification as defined by AS IEC–61672.1–2004
- meters or loggers must be calibrated on site immediately before and after any measurement period using a calibrator which is suitable for the class of the instrument and complies with AS IEC–60942–2004
- L_{Amax} levels should be measured using the ‘Slow’ response setting on the meter or logger.

Fuente: EPA - South Australia (2013), capítulo 4.2, página 20.

¹ https://www.epa.sa.gov.au/files/47789_guidelines_rail_noise.pdf

Esta misma guía menciona que la Norma ISO 14837-1 proporciona información complementaria sobre la medición del ruido transmitido por el suelo de las operaciones ferroviarias.

4.3 NORMATIVA COMPLEMENTARIA

Guía general ISO 14837-1 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices sobre las consideraciones esenciales asociadas con la cuantificación de los niveles de ruido transmitido por el suelo o GBN que aplica para este caso.

Uno de los puntos importantes, corresponde al espectro de interés para efectos de evaluación del GBN el cual establece el rango entre los 16 Hz a 250 Hz mencionado en el capítulo 5.3, página 9.

5.3 Perception of ground-borne noise (16 Hz to 250 Hz)

Ground-borne noise occurs when often imperceptible levels of ground-borne vibration give rise to vibration of building surfaces, and some contents that in turn cause an audible “rumbling” sound, usually by radiation to the air inside rooms. Ground-borne noise is more often associated with rail systems in tunnels, as distinct from railways at grade, because the receiving building is completely screened from any airborne noise in the tunnel. Ground-borne noise could, however, also be an issue for an at-grade situation in a room that is on the remote façade to the source.

En el capítulo 6.3, página 11, detalla que se debe cuantificar el ruido transmitido por el suelo utilizando el nivel máximo de presión acústica ponderado en A con una constante de tiempo “Slow”, abreviado como $L_{pASmáx}$ (abreviatura similar a L_{Amax}).

6.3 Perception of ground-borne noise

Ground-borne noise should be evaluated in the metric recommended by the relevant national standards and should be consistent with the form of the guide value to be adopted.

To assist in future standards development of rating values, ground-borne noise should also be quantified using the maximum A-weighted sound pressure level with a slow time constant, $L_{pASmáx}$ and the raw unweighted sound pressure time history should be preserved so that metrics such as event L_{pAeq} and the one-third-octave band linear spectrum of the event can be derived.

Guía general ISO/TS 14837-31 Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings.

Esta parte de la Norma ISO 14837 proporciona directrices respecto de las mediciones en terreno, entregando una recomendación objetiva respecto de la discriminación de cuando un ruido es de baja frecuencia y por ende se asocia a ruido inducido (Ground-borne Noise) y no a ruido aéreo (airborne Noise).

En tabla 9 “*Requeriments on analysis, evaluation and reporting procedures*”, páginas 17 y 18 se indica:

The difference $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ should be calculated and reported (see Note 7)

NOTE 7 a difference of 15 dB between the average values $L_{pCSmax} - L_{pASmax}$ indicates low-frequency noise, characteristic of Ground-borne noise; conversely, a small difference may indicate the presence of airborne noise (see reference 23).

Lo cual se traduce que si la diferencia en los descriptores $L_{pCSmax} - L_{pASmax} \geq 15$ dB existe presencia de ruido de baja presencia asociado a ruido inducido.

5 ANTECEDENTES DE MEDICIÓN

5.1 PUNTO DE MEDICIÓN

El recinto evaluado se ubica en Loreley N°17, Comuna de La Reina, vivienda de 2 pisos que se ubica a 35 m perpendiculares al eje de la vía aproximadamente en el PK 21+680 por el costado norte, en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco de Línea 3.

La medición se realizó los días 21 y 22 de agosto del año 2023, en el interior de la vivienda, específicamente en la zona del living, que contaba con mobiliario típico de este tipo de recinto.

Cabe señalar que la zona del trazado de la vía frente a la cual se emplaza el recinto evaluado corresponde a una zona recta, y con sistema de soporte con sistema de mitigación de vibraciones del tipo -10 dB implementado.

Las siguientes ilustraciones muestran la ubicación del punto de medición.

Ilustración 2. Vista aérea interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco (fuente de referencia: Google Earth).

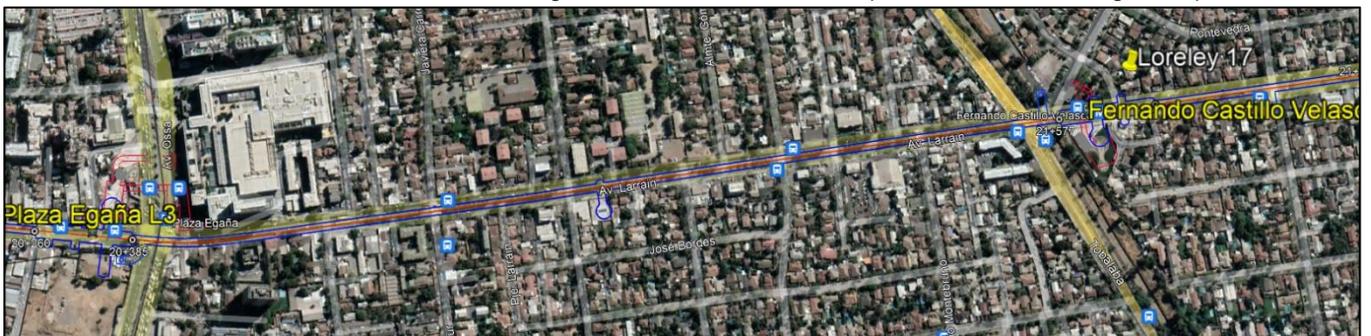
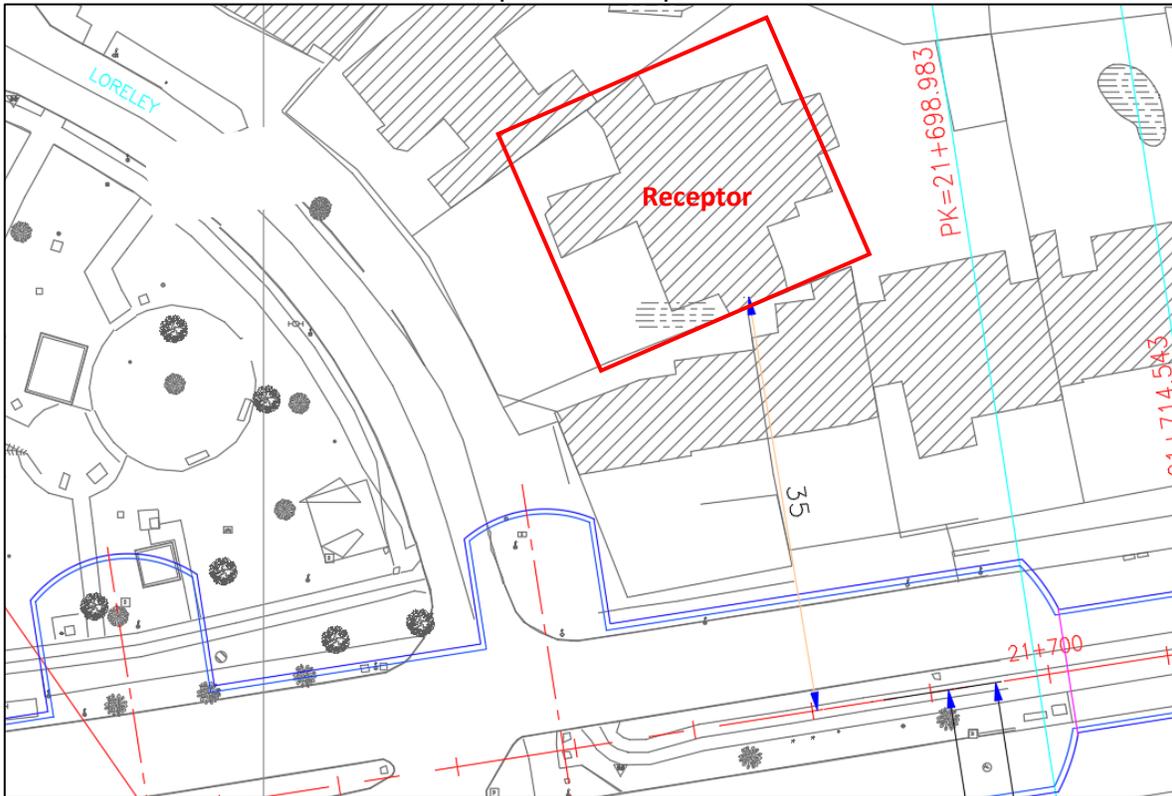


Ilustración 3. Croquis de ubicación punto de medición.



Vista en planta y Frontis del recinto





Tabla 5. Descripción del punto de medición.

Punto de evaluación	Coordenadas U.T.M. Datum WGS84		Descripción	Pk del trazado L3
	E	N		
Loreley N°17 (1 ^{er} piso) Comuna de La Reina	355 246	6 297 555	Medición interior	21+680

5.2 EQUIPAMIENTO Y MONTAJE

Se realizó el montaje de equipamiento para la medición de ruido inducido y vibración mecánica, de acuerdo con los espacios disponibles en el recinto facilitado por los residentes, donde el instrumental utilizado es el siguiente:

- Sonómetro
1 sonómetro marca NTI Audio modelo XL2-TA, Clase 1.
1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
- Sensores
3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000mV/g de sensibilidad.
- 1 Sistema de adquisición vibraciones Embebido Compact Rio 9063
3 canales de adquisición con 1 unidad C-Module 9230.

Tabla 6. Características sistema Embebido Compact Rio 9063.

Input Characteristics	
Number of channels	3 analog input channels
ADC resolution	24 bits
Type of ADC	Delta-Sigma (with analog prefiltering)
Sampling mode	Simultaneous
Type of TEDS supported	IEEE 1451.4 TEDS Class I
TEDS capacitive drive	3000 pF
Internal master timebase (f_M)	
Frequency	13.1072 MHz
Accuracy	±100 ppm
Data rate range (f_s) using internal master timebase	
Minimum	0.985 kS/s
Maximum	12.8 kS/s
Data rate range (f_s) using external master timebase	
Minimum	0.977 kS/s
Maximum	12.84 kS/s

Para el presente estudio se consideró una medición continua de ruido inducido y vibraciones mecánicas de 24 hrs al interior del recinto, con logging cada 1 segundo en forma global y en bandas de frecuencia de tercio de octava, cuantificando los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.) y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LAmáx) con respuesta lenta (slow), y Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” con respuesta lenta (slow), mediante sonómetro clase 1.

Ilustración 4. Montaje sonómetro.



Acorde a lo indicado en la metodología de medición utilizada, se considera una medición de vibración mecánica en la misma ubicación de sonómetro, cuantificando la velocidad vibratoria con referencia $1 \mu\text{in/s}$ con un registro del tipo tiempo historia de la señal sin ponderación para cada eje de medición durante 24 hrs, en caso de requerir estimar el ruido inducido según la metodología establecida en el capítulo 5 de la guía FTA 0123:2018.

Los acelerómetros instalados al interior del recinto fueron fijados al piso parquet mediante imanes a un cubo de acero la que a su vez será adherida al piso mediante el uso de cera de abeja. Se destaca que el parquet estaba firmemente adherido.

La frecuencia natural del sistema se encuentra en un rango mayor a los 250 Hz tomando el eje vertical representativo para el resto de los ejes, se debe verificar que la resonancia natural horizontal no influya significativamente en la medición, por lo que si hay efectos se debe ubicar otro sector de apoyo de sensor. Según lo anterior la frecuencia natural del sistema se encuentra fuera del rango interés de mayor relevancia centrado principalmente en torno a los 63 Hz.

Ilustración 5. Montaje medición triaxial de velocidad de vibración.



Ilustración 6. Ubicación equipos al interior del recinto.



6 METODOLOGÍA

De acuerdo con el procedimiento establecido en el manual de la FTA 0123:2018, las mediciones consideran el registro solo al interior del recinto. De esta manera se registró un total de 25 circulaciones de trenes en horario diurno y 20 circulaciones en horario nocturno (medición pass-by), a la velocidad comercial existente actualmente en este tramo.

Se asocian estas circulaciones en los casos que es posible, a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil, los cuales se resumen en tabla a continuación.

Tabla 7. Horarios asociados a normativa y bloques horarios de operación Metro.

Horario FTA	Horario Circulación Metro	Observaciones
Diurno (07:00 a 22:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	Existen circulaciones en horario FTA
Nocturno (22:00 a 07:00 hrs)	Bajo (06:00 a 07:00 hrs y 20:45 hrs a cierre)	Existen circulaciones en horario FTA (horario cierre y apertura normal)
	Punta (07:00 a 09:00 hrs y 18:00 a 20:00 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA
	Valle (09:00 a 18:00 hrs y 20:00 a 20:45 hrs)	No existen circulaciones en horario FTA

Metro de Santiago, facilitó los registros de circulación de trenes de los días 21 y 22 de agosto del año 2023 en el tramo en cuestión, el cual se encuentra en Anexo 11.3 del presente informe.

Se analiza la presión sonora medida, considerando el descriptor Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" LA_{max} y respuesta lenta (slow), y el registro gráfico de la envolvente de cada circulación de tren.

Se analiza la señal de velocidad de vibración del eje de mayor nivel para aquellas circulaciones influenciadas por el ruido ambiente presente durante la medición, de acuerdo con la revisión de la envolvente y registro de audio respectivo, en bandas de tercios de octava en el rango de frecuencia de interés entre 16 Hz y 250 Hz.

Para la predicción del nivel de ruido inducido de acuerdo con los niveles de velocidad vibratoria, se considera la detección del segundo de máximo valor RMS de velocidad vibratoria integrado de 1 segundo con referencia 1 $\mu\text{in/s}$, para luego estimar el espectro en tercios de octava del nivel de ruido inducido en ponderación A. Este espectro corresponderá entonces a valores RMS de 1 segundo de acuerdo con la metodología establecida en la guía FTA 0123:2018.

Los niveles de ruido inducido serán contrastados con el límite residencial para uso de suelo categoría 2 y eventos frecuentes según FTA 0123:2018 y con los límites residenciales según capítulo 2.2 guía EPA Australiana, con el fin de verificar el cumplimiento normativo de la circulación de trenes en el punto de medición.

- Escenario de Peor Condición de Inmisión

Es importante destacar que la condición evaluada corresponde a la peor condición, dado que la vibración y ruido inducido generada por la circulación de trenes no depende de la carga de este sino de la masa no suspendida, por tanto es esperable que los niveles exclusivos de ruido inducido se mantengan en un rango de valores correctamente medidos durante el periodo diurno como el periodo nocturno, destacando que la evaluación en horarios de bajo tráfico vehicular o bajo ruido aéreo genera que el ruido inducido por la circulación de trenes sea más notoria, lo que se condice con los reclamos que se reciben en esta materia, producto de la menor influencia y enmascaramiento del ruido ambiente.

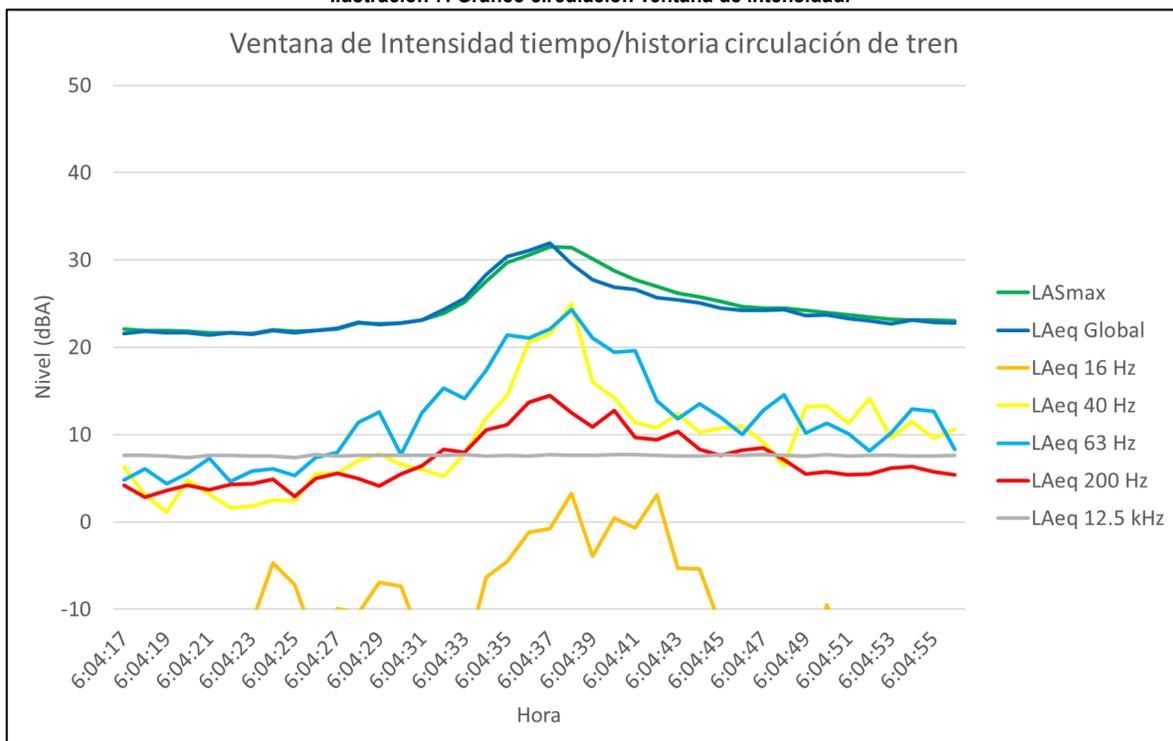
Además, se estima el nivel de ruido inducido para cada uno de los ejes de vibración (Este, Norte y Vertical), de los cuales se evalúa el eje con el nivel vibratorio más alto cuando es necesario utilizar la predicción indicada por FTA 0123:2018, lo anterior con objeto de representar todos los casos en que el eje vertical no es el predominante, lo que es factible que pueda ocurrir en un porcentaje menor de las evaluaciones, situándonos de esta manera en el escenario de peor condición de inmisión en este aspecto.

6.1 VENTANA DE INTENSIDAD POR BANDA PARA UNA CIRCULACIÓN DE TREN

Con objeto de mejorar la identificación de la fuente, se aísla para cada banda de tercio de octava la señal tiempo historia y se verifica que la ventana de intensidad corresponda a la de una circulación de tren. En el caso de que cada ventana de intensidad no corresponda a una pasada de tren (ruido de fondo, ruidos ajenos o propios al interior del recinto), esta banda es descartada.

A continuación, se presenta la metodología para la obtención de la ventana de intensidad respecto de una circulación de tren al interior del recinto evaluada, que considera el espectro de frecuencia medido.

Ilustración 7. Gráfico circulación ventana de intensidad.

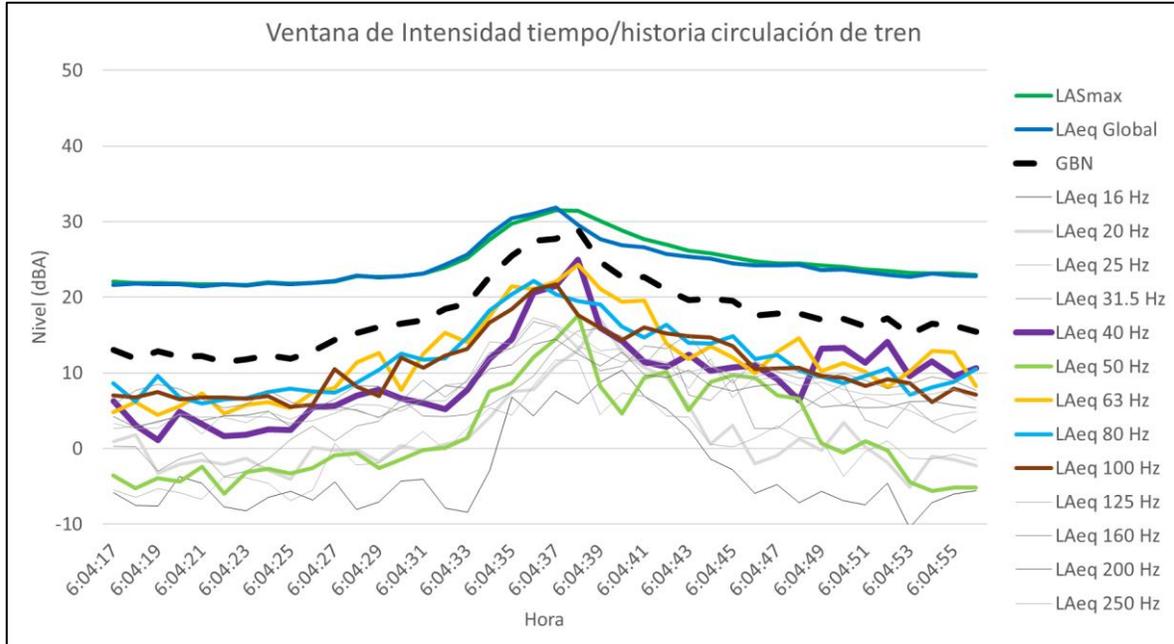


Con base a la identificación de la ventana de intensidad que corresponda al evento de ruido inducido ferroviario y no a las actividades propias al interior del recinto, se puede observar en la ilustración anterior, que las bandas de 16 Hz, 200 Hz y 12.5 kHz no contribuyen a la circulación de tren, no así las frecuencias de 40 Hz y 63 Hz que se asemejan al comportamiento del LASmax y LAeq Global propias de la medición en una circulación limpia.

Las bandas de tercios de octavas que son consideradas para la suma energética del nivel global son aquellas que tienen un comportamiento de ventana ferroviaria, y se seleccionan a partir de una inspección visual para cada circulación de tren.

De acuerdo con lo anterior, se presenta a continuación la misma circulación de tren analizada incluyendo el rango completo de tercios de octavas desde los 16 Hz hasta los 250 Hz como bandas de interés.

Ilustración 8. Gráfico circulación ventana de intensidad total de bandas de tercios de octavas GBN.



Según los criterios detallados anteriormente, se puede observar que las bandas de tercios de octavas que contribuyen en los niveles de ruido inducido producto de la circulación de tren medido al interior del receptor corresponden a las bandas entre los 40 Hz y 100 Hz. Este rango de frecuencia es propio de esta vivienda debido a la materialidad y geometría de la construcción. Por lo tanto, se presenta la curva del GBN (línea punteada en negro) correspondiente a la suma energética de las bandas mencionadas.

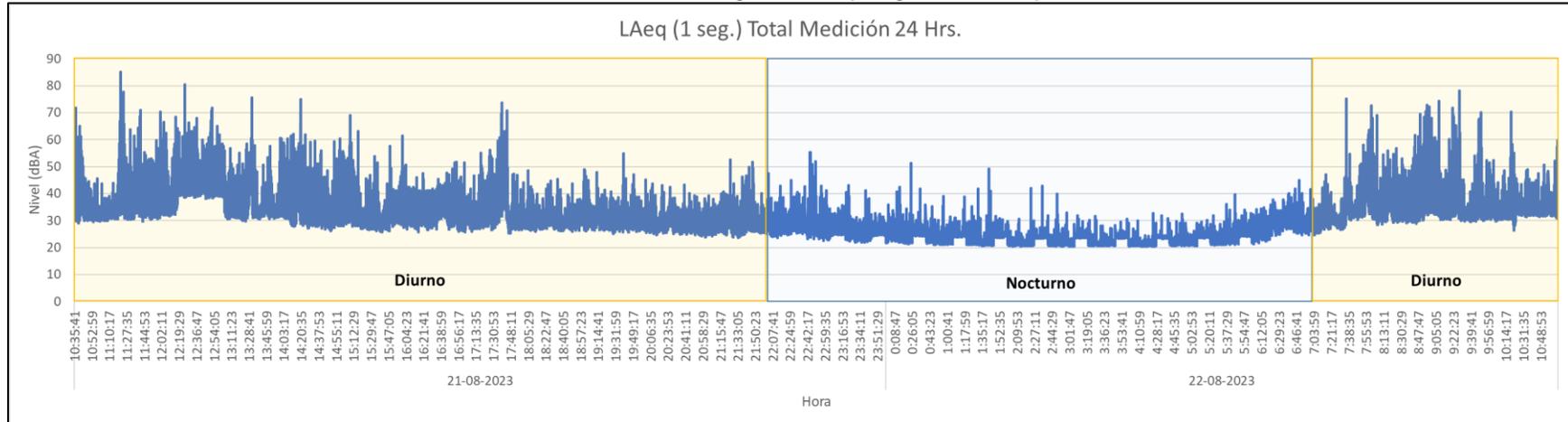
7 MEDICIONES ACÚSTICAS

7.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN CONTINUA 24 HRS

Se realizó una medición de 24 horas continuas al interior del recinto, en donde se identifican los periodos de menor ruido de fondo para analizar las circulaciones menos influenciadas por fuentes externas asociadas principalmente a ruido de tráfico y uso propio de los residentes de la edificación, dichos periodos fueron de desde las 11:00 hrs hasta las 11:10 hrs, desde las 13:10 hrs hasta las 13:55 hrs, desde las 15:15 hrs hasta las 15:50 hrs y desde las 18:05 hrs hasta las 22:00 hrs del 21 de agosto para el horario diurno; desde las 22:05 hasta las 23:45 hrs del 21 de agosto y desde las 6:00 hrs hasta las 7:00 hrs del 22 de agosto para el periodo Nocturno.

En el siguiente gráfico se presenta el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (LAeq 1 seg.) de la medición.

Ilustración 9. Gráfico niveles globales LAeq 1 seg. medición completa.



A continuación, se grafica por separado el nivel LAeq 1 seg. de los 2 períodos medidos equivalente a 24 horas, destacando con recuadro rojo el horario seleccionado para el análisis de circulación de trenes. El horario destacado se prefirió debido a la disminución del ruido de fondo y a la presencia de trenes en dichos horarios, de acuerdo con las circulaciones diarias entregadas por Metro de Santiago.

Ilustración 10. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 21 agosto 2023.

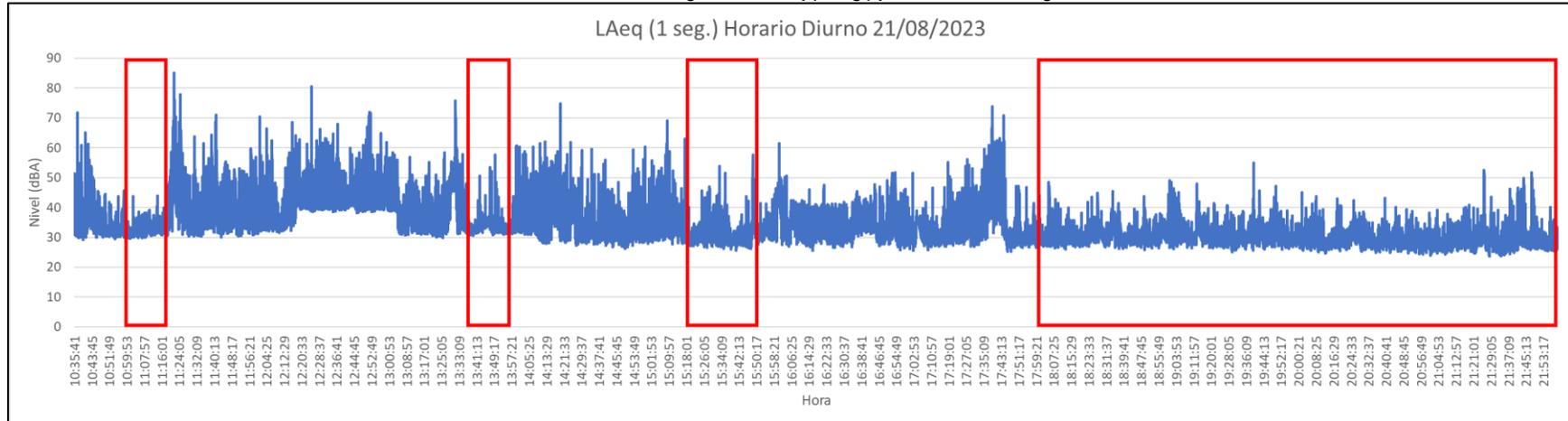


Ilustración 11. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo nocturno 21 al 22 agosto 2023.

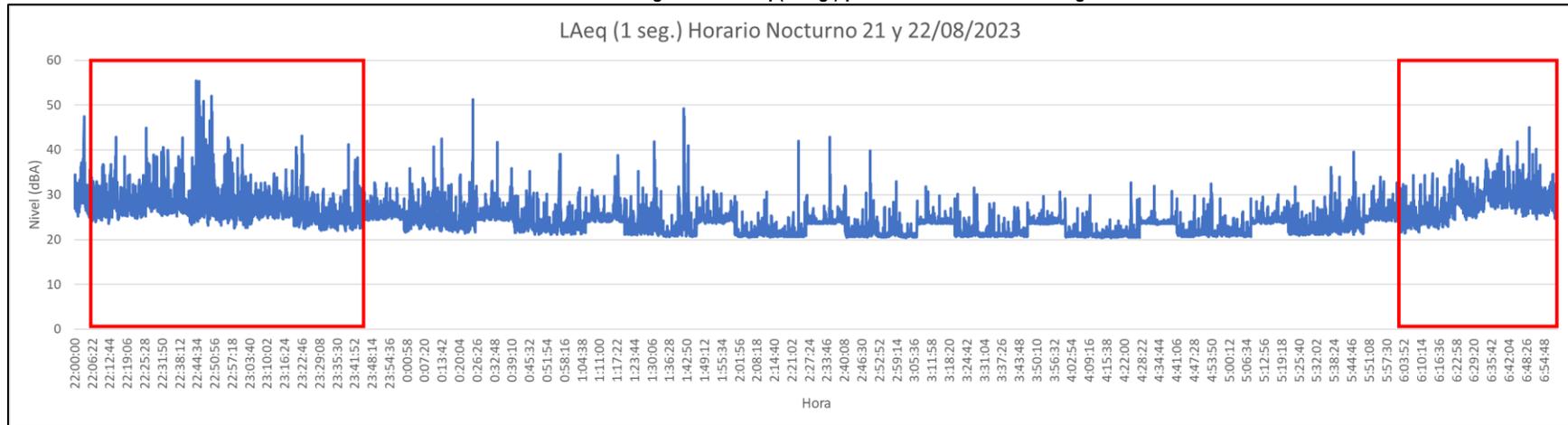
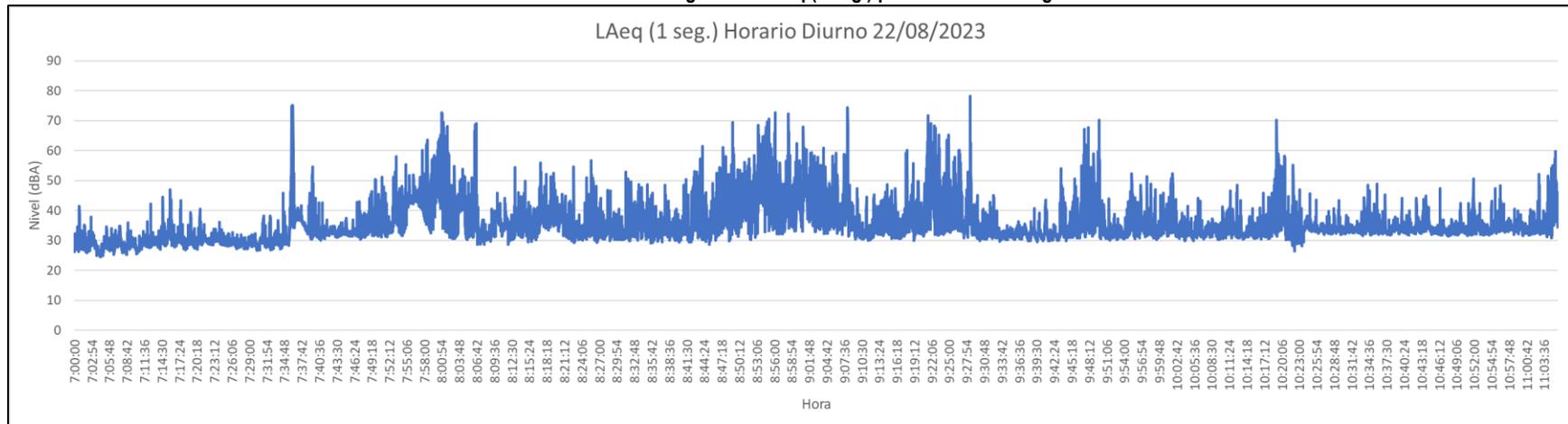


Ilustración 12. Gráfico niveles globales LAeq (1 seg.) periodo diurno 22 agosto 2023.



7.2 RESUMEN DE LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN OBTENIDOS PARA CADA CIRCULACIÓN DE TREN IDENTIFICADA

A continuación, se presenta una tabla resumen de los niveles de ruido inducido medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período diurno, identificándose el número de circulación, la fecha y hora de dicha circulación, la vía por la cual circulo y el número de identificación del tren, los descriptores Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación “A” (LAeq 1 seg.), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “A” (LAmaz), Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación “C” (LCmax) ambos con respuesta lenta (slow), la diferencia entre estos descriptores, además si los niveles están influenciados por el ruido ambiente y el nivel aproximado de ruido ambiente antes y después de la circulación de tren identificada.

Cabe destacar que el nivel LAmaz (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. En caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA. Esta condición no se generó para las mediciones diurnas y nocturnas evaluadas.

Tabla 8. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Diurno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmaz (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmaz (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
1	21-08-2023	11:11:11	1	30	34.5	34.9	32.6	64.1	29.2	No	30.8 - 31.2
2	21-08-2023	13:38:22	1	27	34.3	34.7	32.1	62.8	28.1	No	31.1 - 31.6
3	21-08-2023	15:20:28	1	26	31.5	32.8	30.9	60.6	27.8	No	27.6 - 28.4
4	21-08-2023	15:41:31	2	21	32.8	33.9	32.7	61.7	27.8	No	28.5 - 29.2
5	21-08-2023	18:10:54	2	23	32.3	33.0	32.9	59.4	26.4	No	27.2 - 27.6
6	21-08-2023	18:17:54	1	36	33.8	33.7	33.4	62.3	28.6	No	29.8 - 29.9
7	21-08-2023	18:19:35	2	24	32.8	33.6	32.7	62.8	29.2	No	29.9 - 29.5
8	21-08-2023	18:42:44	1	30	32.6	33.1	32.7	64.4	31.3	No	29.5 - 30.5
9	21-08-2023	19:17:04	1	31	34.6	34.9	35.2	60.4	25.5	No	29.2 - 29.4
10	21-08-2023	19:31:43	1	24	32.2	31.7	30.2	59.0	27.3	No	28.7 - 27.9
11	21-08-2023	19:45:21	2	27	34.0	34.7	34.5	60.9	26.2	No	28.5 - 27.5
12	21-08-2023	19:53:27	2	30	34.1	34.1	34.4	64.0	29.9	No	28.5 - 31.1
13	21-08-2023	20:16:22	2	26	33.1	32.9	29.7	59.1	26.2	No	29.1 - 28.3
14	21-08-2023	20:21:24	1	41	32.2	32.2	32.3	59.4	27.2	No	29.4 - 28.2
15	21-08-2023	20:36:07	2	23	30.0	29.9	29.1	55.4	25.5	No	26.1 - 26.2
16	21-08-2023	21:06:30	1	4	33.6	32.8	31.3	61.5	28.7	No	25.5 - 26.9
17	21-08-2023	21:14:59	1	25	30.9	30.8	29.9	61.4	30.6	No	27.1 - 27.2
18	21-08-2023	21:19:48	2	32	31.7	31.5	30.2	57.0	25.5	No	25.8 - 27.7
19	21-08-2023	21:21:37	1	32	34.0	33.8	29.2	57.3	23.5	No	27.1 - 25.8
20	21-08-2023	21:29:18	1	35	34.6	34.2	33.2	58.5	24.3	No	30.8 - 28.3

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	LCmax (slow)	LCmax - LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
21	21-08-2023	21:31:43	2	26	30.3	30.8	29.7	56.4	25.6	No	26.8 - 27.6
22	21-08-2023	21:33:04	1	26	29.4	29.3	26.2	56.6	27.3	No	25.3 - 24.1
23	21-08-2023	21:53:27	1	33	31.5	31.4	28.6	62.4	31.0	No	28.5 - 28.7
24	21-08-2023	21:56:59	2	23	34.7	34.1	33.2	60.6	26.5	No	27.4 - 27.7
25	21-08-2023	21:58:25	1	23	34.7	34.4	32.6	58.3	23.9	No	29.9 - 27.9

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmax - LAmx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para la evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Asimismo, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los niveles de ruido inducido (GBN) medidos de forma directa mediante el sonómetro para cada circulación de tren durante el período nocturno.

Similar al caso anterior, el nivel LAmx (slow) corresponde al máximo registrado durante la circulación del tren. Asimismo, en caso de que la medición se vea influenciada por el nivel de ruido de fondo se procede a estimar el nivel de ruido inducido a través de los niveles de vibración mecánica del eje de mayor valor mediante metodología FTA.

Tabla 9. Niveles obtenidos para cada circulación de tren en horario Nocturno.

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmax (slow)	LCmax - LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes - Después de la circulación (dBA)
1	21-08-2023	22:08:58	1	40	31.7	31.9	30.1	66.2	34.3	No	25.1 - 27.1
2	21-08-2023	22:23:16	1	4	33.4	33.0	31.2	60.7	27.7	No	28.1 - 28.2
3	21-08-2023	23:05:08	2	33	28.4	28.8	26.4	54.5	25.7	No	25.3 - 26.5
4	21-08-2023	23:06:38	1	33	31.1	30.6	27.3	63.5	32.9	No	26.3 - 26.1
5	21-08-2023	23:10:35	2	23	32.0	31.9	29.5	66.9	35.0	No	25.9 - 26.8
6	21-08-2023	23:16:20	2	36	29.4	29.5	27.4	61.0	31.5	No	26.8 - 25.8
7	21-08-2023	23:17:00	1	36	29.9	31.5	30.7	56.1	24.6	No	26.9 - 27.4
8	21-08-2023	23:26:20	1	37	30.6	30.4	30.3	57.8	27.4	No	24.1 - 26.4
9	21-08-2023	23:28:16	2	40	28.9	29.9	29.4	63.4	33.5	No	27.1 - 25.9
10	21-08-2023	23:30:15	1	40	31.3	31.0	30.1	63.8	32.8	No	27.6 - 22.9
11	21-08-2023	23:33:58	1	27	30.3	30.3	29.6	55.3	25.0	No	24.6 - 24.1
12	21-08-2023	23:44:18	1	30	31.0	31.1	29.6	54.8	23.7	No	24.8 - 23.6
13	22-08-2023	6:04:17	1	30	31.9	31.5	29.0	64.4	32.9	No	21.4 - 23.1
14	22-08-2023	6:05:26	2	30	27.2	27.0	24.9	52.3	25.3	No	24.5 - 23.2
15	22-08-2023	6:07:00	1	31	30.9	33.4	32.0	57.4	24.0	No	25.2 - 24.1
16	22-08-2023	6:11:56	1	27	26.9	27.9	24.7	58.0	30.1	No	24.4 - 24.3
17	22-08-2023	6:18:13	2	36	31.7	31.2	28.8	61.5	30.3	No	24.8 - 27.9

N° Circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren	LAeq (1 seg.) (dBA)	LAmx (slow) (dBA)	GBN medido (40 Hz a 125 Hz)	LCmax (slow)	LCmax – LAmx (dBA)	Influencia RF	RF Antes – Después de la circulación (dBA)
18	22-08-2023	6:36:02	1	33	35.0	34.8	34.2	59.7	24.9	No	28.5 - 28.6
19	22-08-2023	6:43:38	2	24	32.2	32.3	30.6	60.6	28.3	No	29.2 - 28.2
20	22-08-2023	6:58:14	1	39	30.9	32.3	31.4	61.1	28.8	No	29.5 - 25.5

De los datos presentados es posible apreciar que la diferencia entre los descriptores LCmax – LAmx ≥ 15 dB en todas las circulaciones consideradas para evaluación, lo cual es indicio que las mediciones están correctamente asociadas a ruido inducido. Al igual que en horario diurno, se destaca que no hay influencia del ruido ambiente en las mediciones.

Al momento de identificar una circulación de tren, se analiza gráficamente los descriptores medidos distinguiendo los niveles asociados a una circulación de tren de los niveles del ruido de fondo. De forma paralela se analiza auditivamente los audios de las circulaciones, diferenciando la contribución de una circulación de tren y la presencia de fuentes externas.

En la siguiente tabla se muestran las circulaciones de tren asociadas a los bloques horarios que presenta Metro de Santiago en día hábil. existiendo al menos 5 mediciones en cada bloque horario.

Tabla 10. Circulaciones asociadas a los bloques horarios de Metro de Santiago.

Periodo	Bloque Horario	N° circulación	Fecha	Hora	Vía	Tren
Diurno	Bajo (20:45 - Cierre)	16	21-08-2023	21:06:30	1	4
		17	21-08-2023	21:14:59	1	25
		18	21-08-2023	21:19:48	2	32
		19	21-08-2023	21:21:37	1	32
		20	21-08-2023	21:29:18	1	35
		21	21-08-2023	21:31:43	2	26
		22	21-08-2023	21:33:04	1	26
		23	21-08-2023	21:53:27	1	33
		24	21-08-2023	21:56:59	2	23
		25	21-08-2023	21:58:25	1	23
	Punta (07:00 - 09:00) (18:00 - 20:00)	5	21-08-2023	18:10:54	2	23
		6	21-08-2023	18:17:54	1	36
		7	21-08-2023	18:19:35	2	24
		8	21-08-2023	18:42:44	1	30
		9	21-08-2023	19:17:04	1	31
10		21-08-2023	19:31:43	1	24	
11		21-08-2023	19:45:21	2	27	
Valle (09:00 - 18:00) (20:00 - 20:45)	12	21-08-2023	19:53:27	2	30	
	1	21-08-2023	11:11:11	1	30	
	2	21-08-2023	13:38:22	1	27	
	3	21-08-2023	15:20:28	1	26	
	4	21-08-2023	15:41:31	2	21	
	13	21-08-2023	20:16:22	2	26	
Nocturno	Bajo (06:00 - 07:00) (20:45 - Cierre)	14	21-08-2023	20:21:24	1	41
		15	21-08-2023	20:36:07	2	23
		1	21-08-2023	22:08:58	1	40
		2	21-08-2023	22:23:16	1	4
		3	21-08-2023	23:05:18	2	33
		4	21-08-2023	23:06:38	1	33
		5	21-08-2023	23:10:35	2	23
		6	21-08-2023	23:16:20	2	36
		7	21-08-2023	23:17:00	1	36
		8	21-08-2023	23:26:20	1	37
		9	21-08-2023	23:28:16	2	40
		10	21-08-2023	23:30:15	1	40
		11	21-08-2023	23:33:58	1	27
		12	21-08-2023	23:44:18	1	30
		13	22-08-2023	6:04:17	1	30
		14	22-08-2023	6:05:26	2	30
		15	22-08-2023	6:07:00	1	31
		16	22-08-2023	6:11:56	1	27
		17	22-08-2023	6:18:13	2	36
		18	22-08-2023	6:36:02	1	33
19	22-08-2023	6:43:38	2	24		
20	22-08-2023	6:58:14	1	39		

7.3 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO DIURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período diurno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 40 Hz a 100 Hz en línea punteada de color rojo.

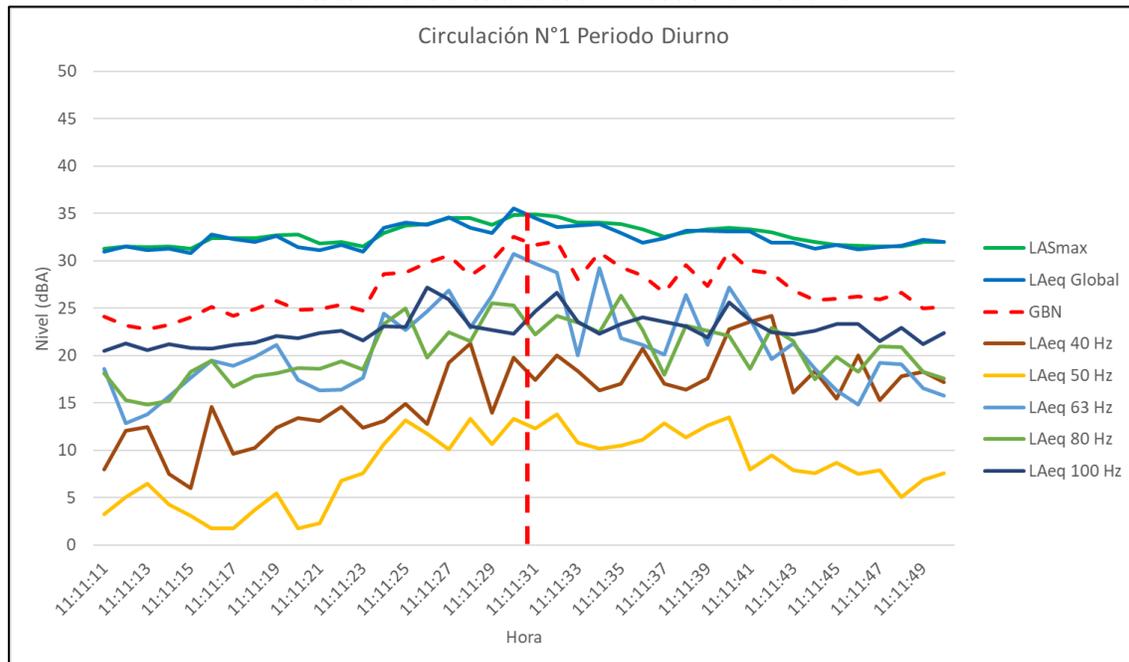
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 40 Hz a 100 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición diurno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular.

A continuación, se grafican las 25 circulaciones en horario diurno utilizadas para el estudio:

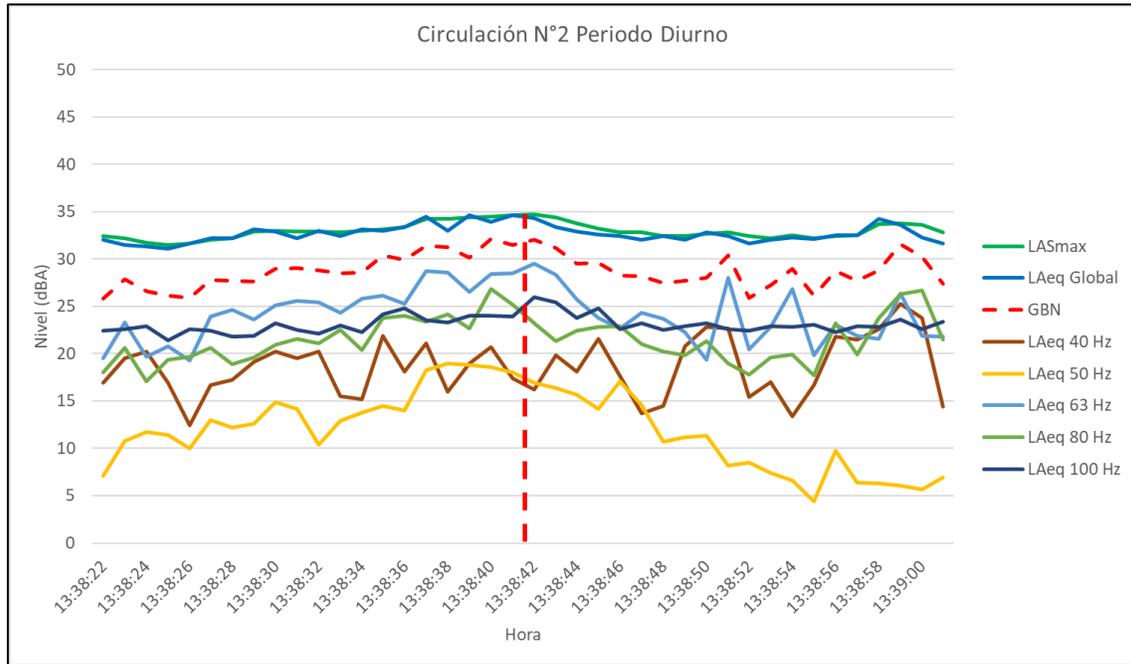
Circulación 1

Ilustración 13. Gráfico circulación N°1 de tren horario diurno.



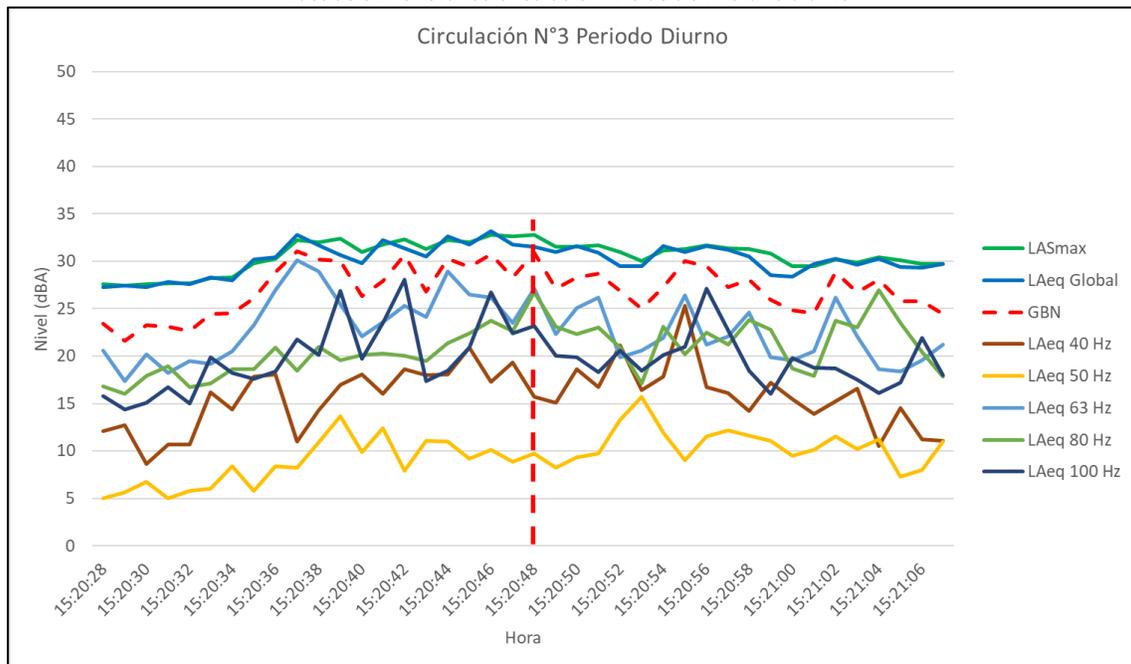
Circulación 2

Ilustración 14. Gráfico circulación N°2 de tren horario diurno.



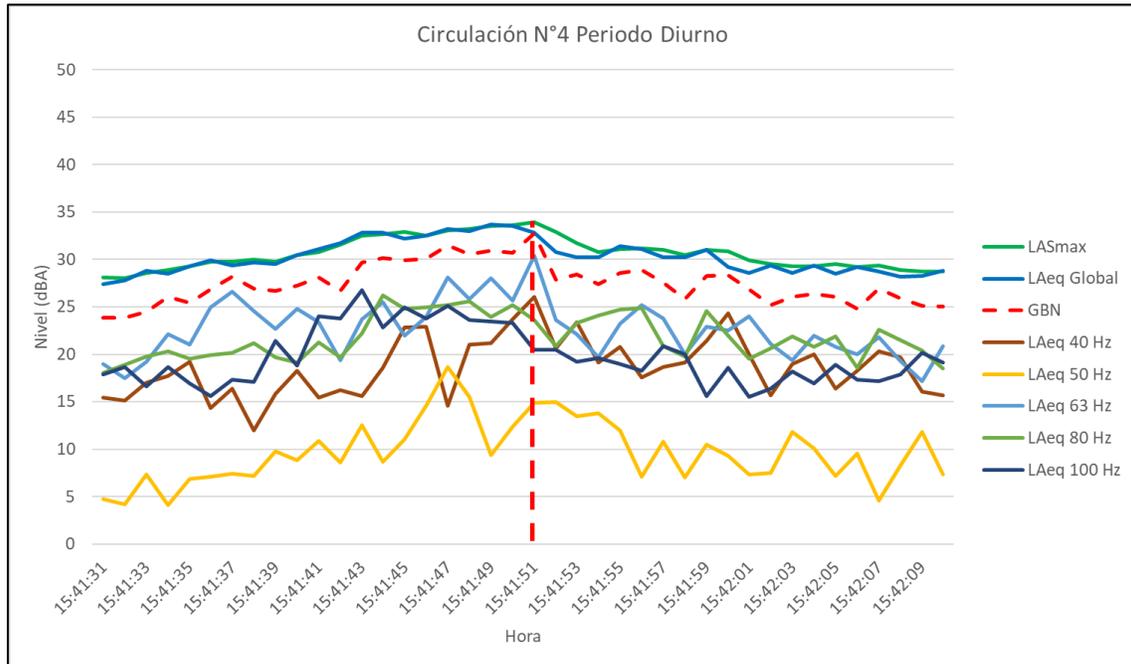
Circulación 3

Ilustración 15. Gráfico circulación N°3 de tren horario diurno.



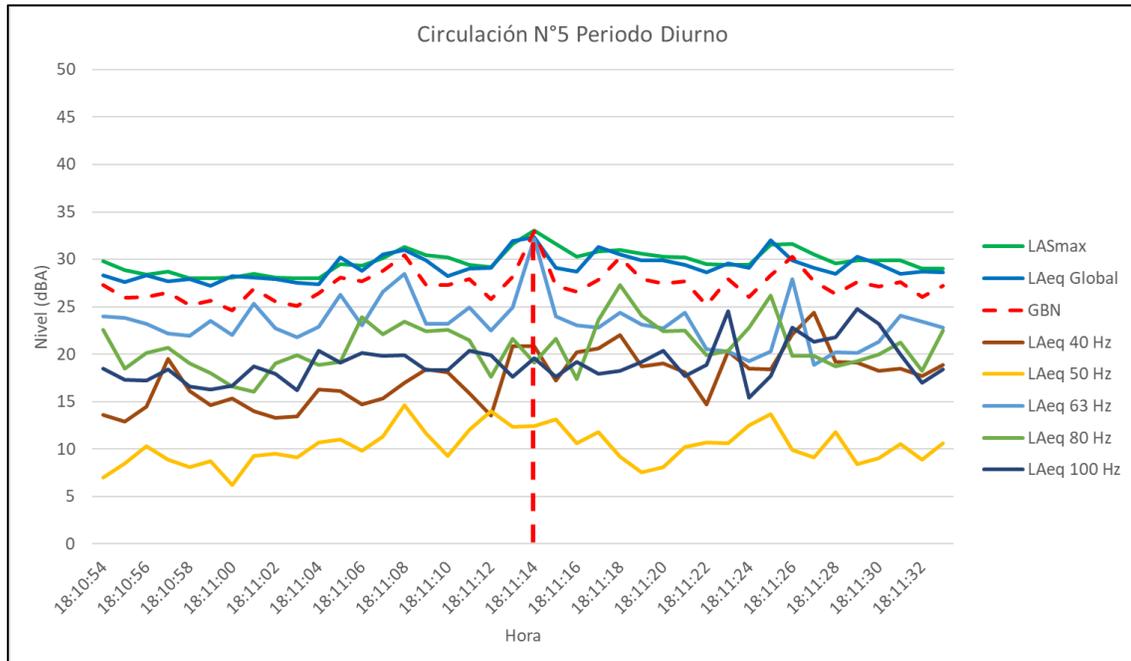
Circulación 4

Ilustración 16. Gráfico circulación N°4 de tren horario diurno.



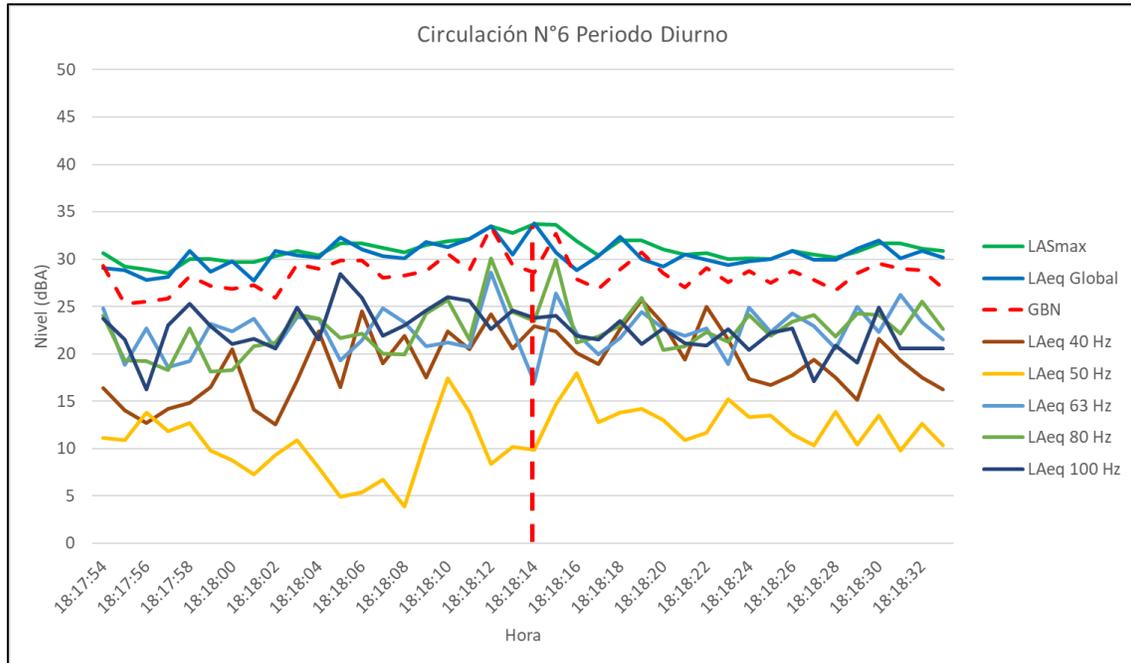
Circulación 5

Ilustración 17. Gráfico circulación N°5 de tren horario diurno.



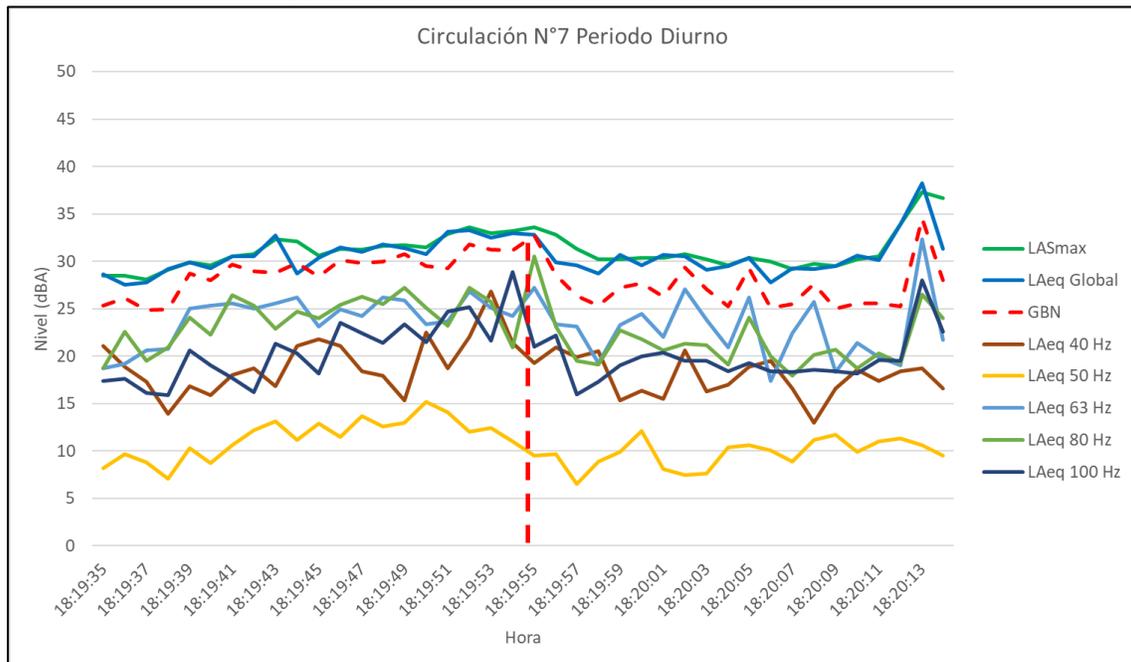
Circulación 6

Ilustración 18. Gráfico circulación N°6 de tren horario diurno.



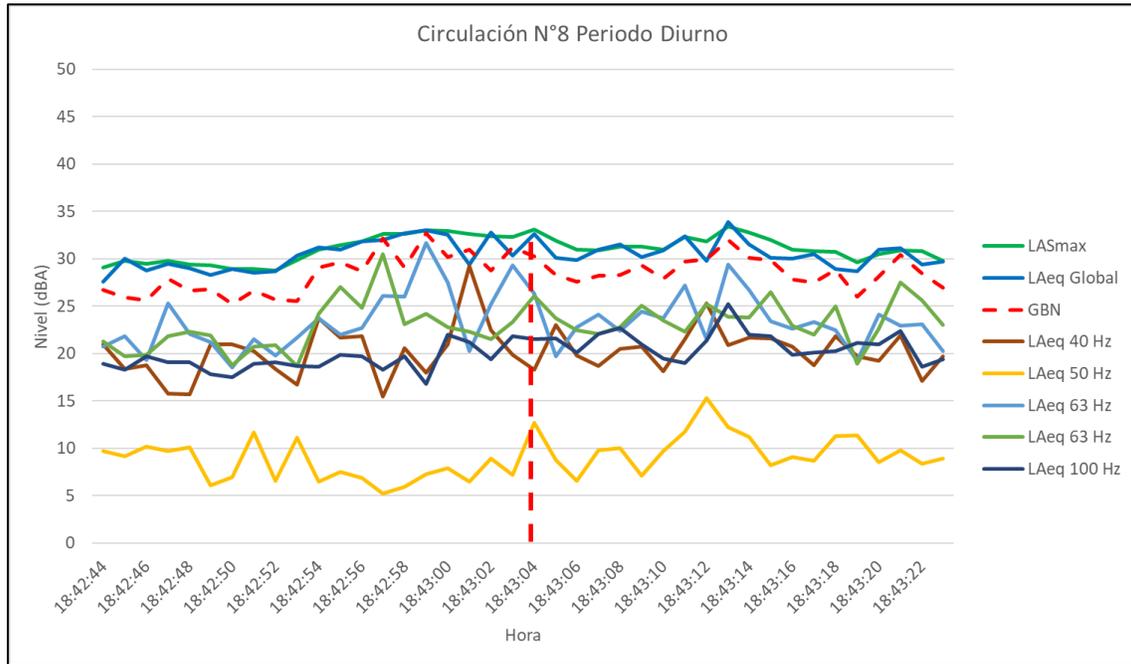
Circulación 7

Ilustración 19. Gráfico circulación N°7 de tren horario diurno.



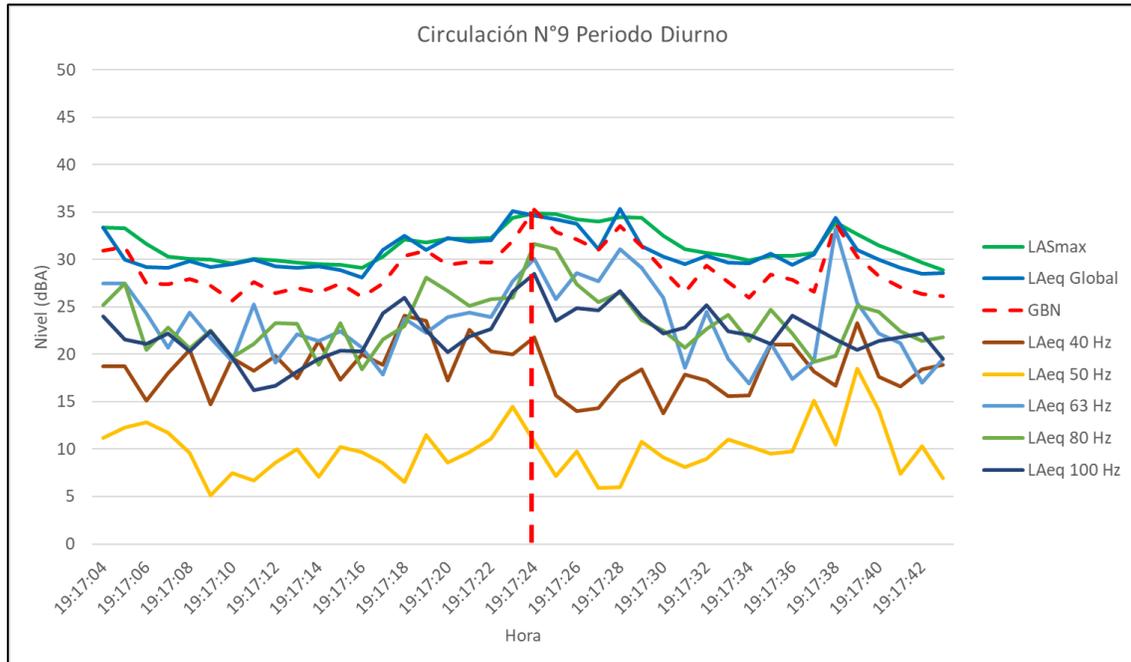
Circulación 8

Ilustración 20. Gráfico circulación N°8 de tren horario diurno.



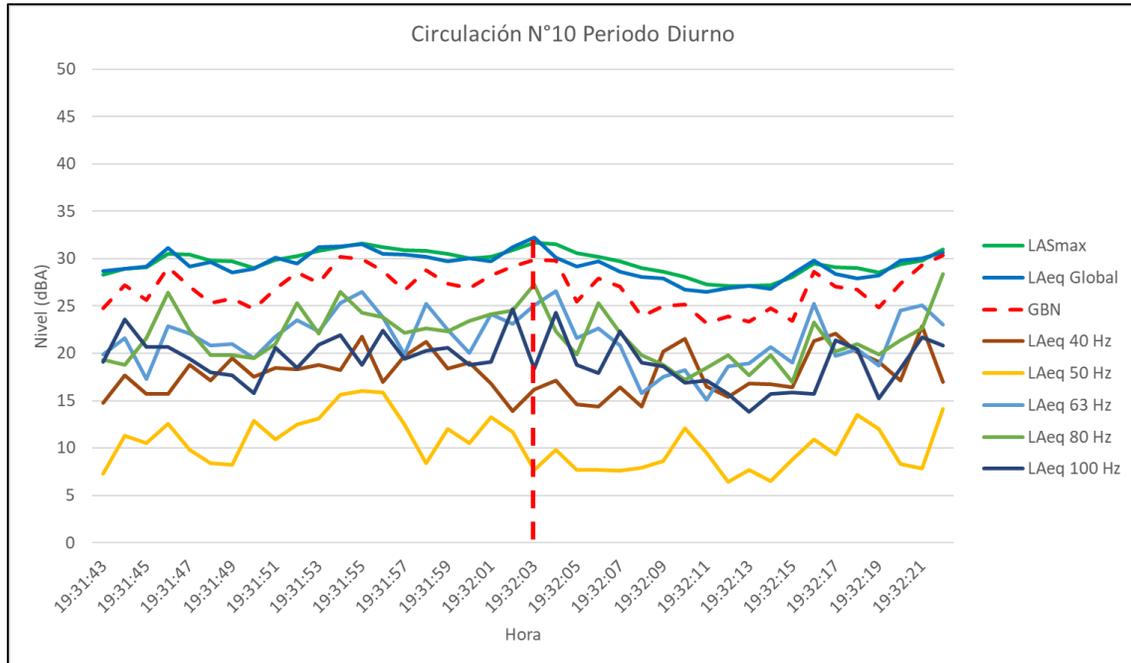
Circulación 9

Ilustración 21. Gráfico circulación N°9 de tren horario diurno.



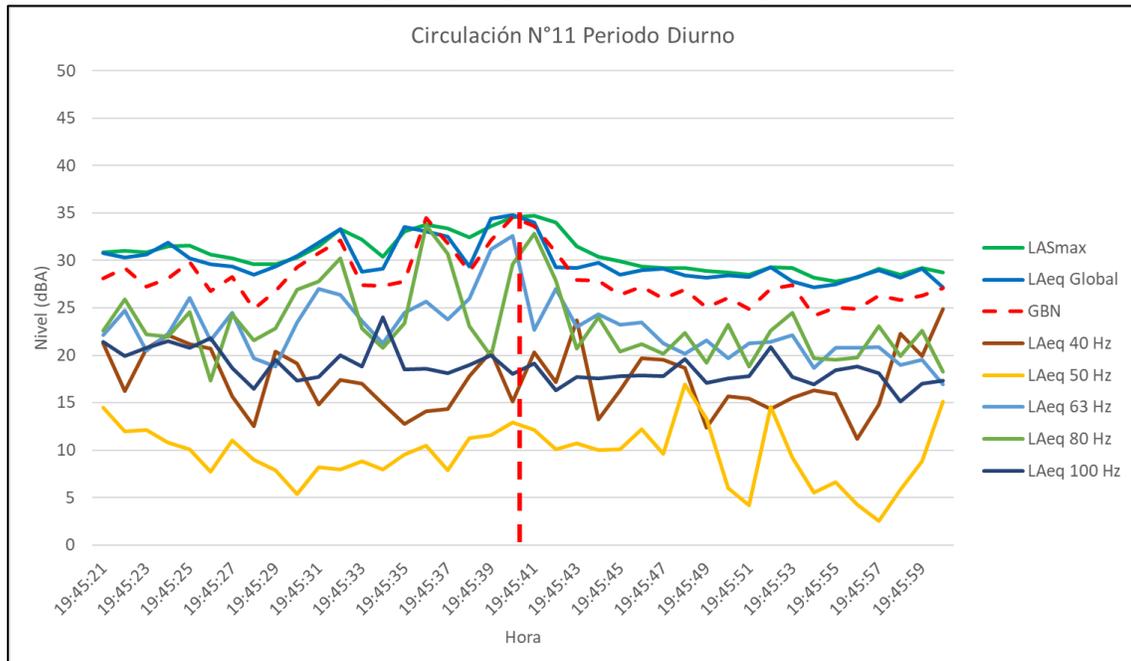
Circulación 10

Ilustración 22. Gráfico circulación N°10 de tren horario diurno.



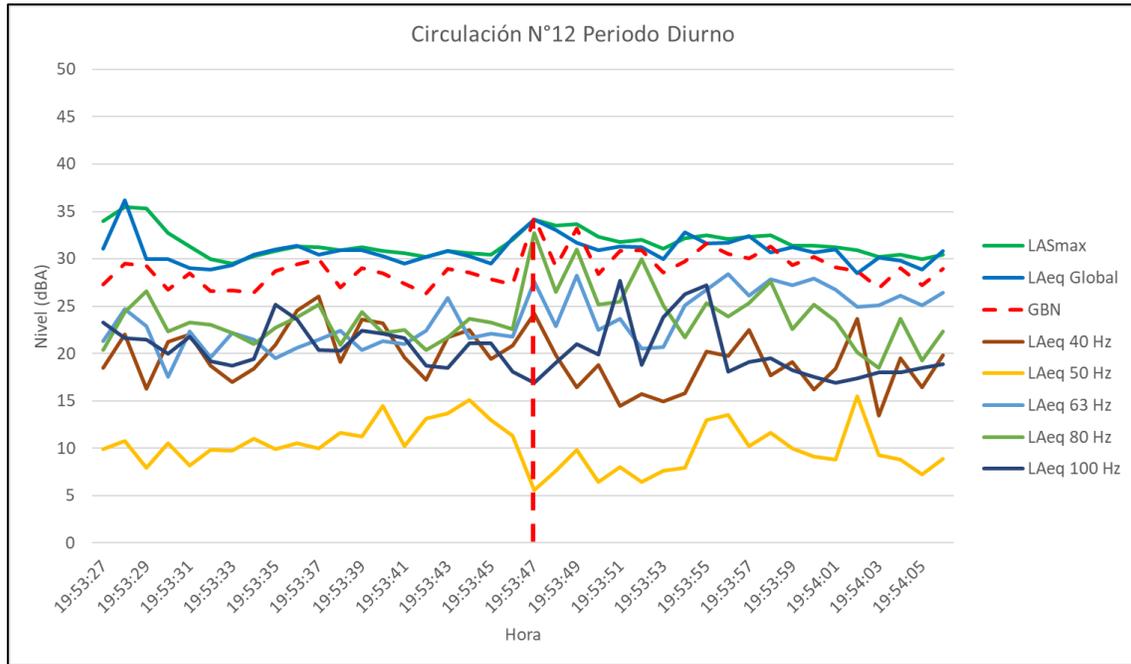
Circulación 11

Ilustración 23. Gráfico circulación N°11 de tren horario diurno.



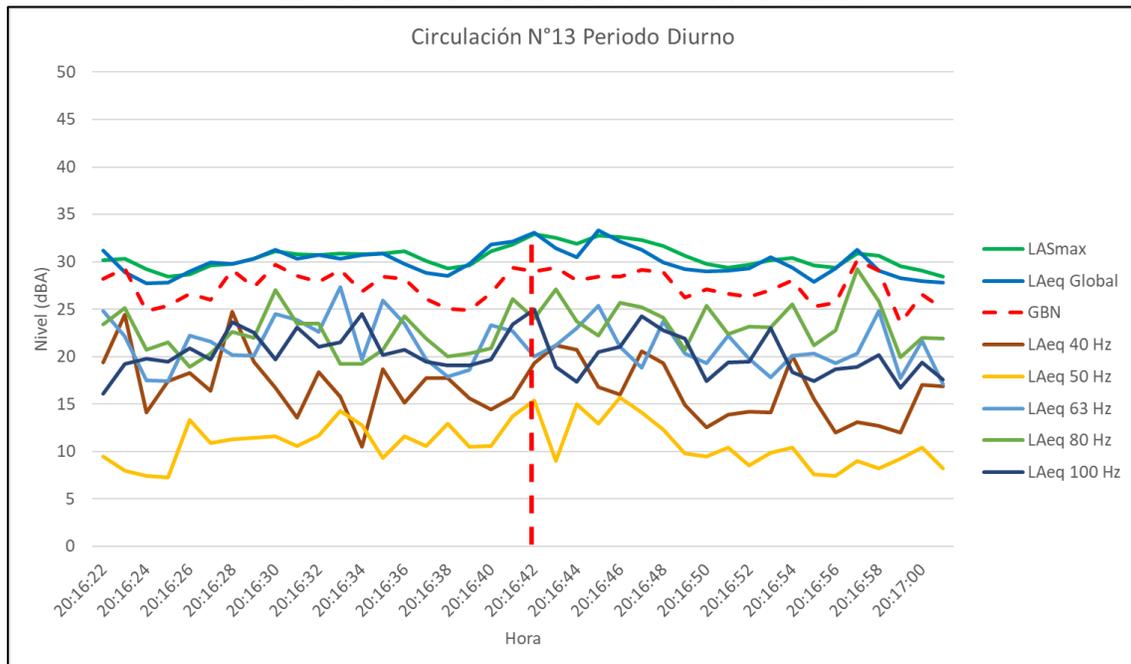
Circulación 12

Ilustración 24. Gráfico circulación N°12 de tren horario diurno.



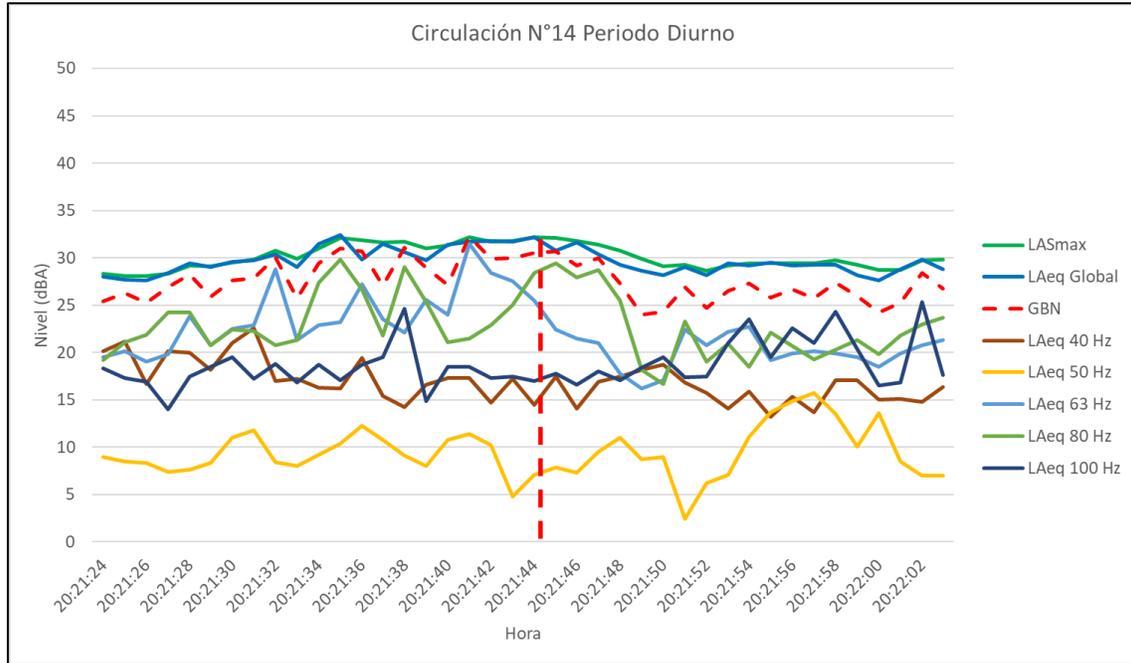
Circulación 13

Ilustración 25. Gráfico circulación N°13 de tren horario diurno.



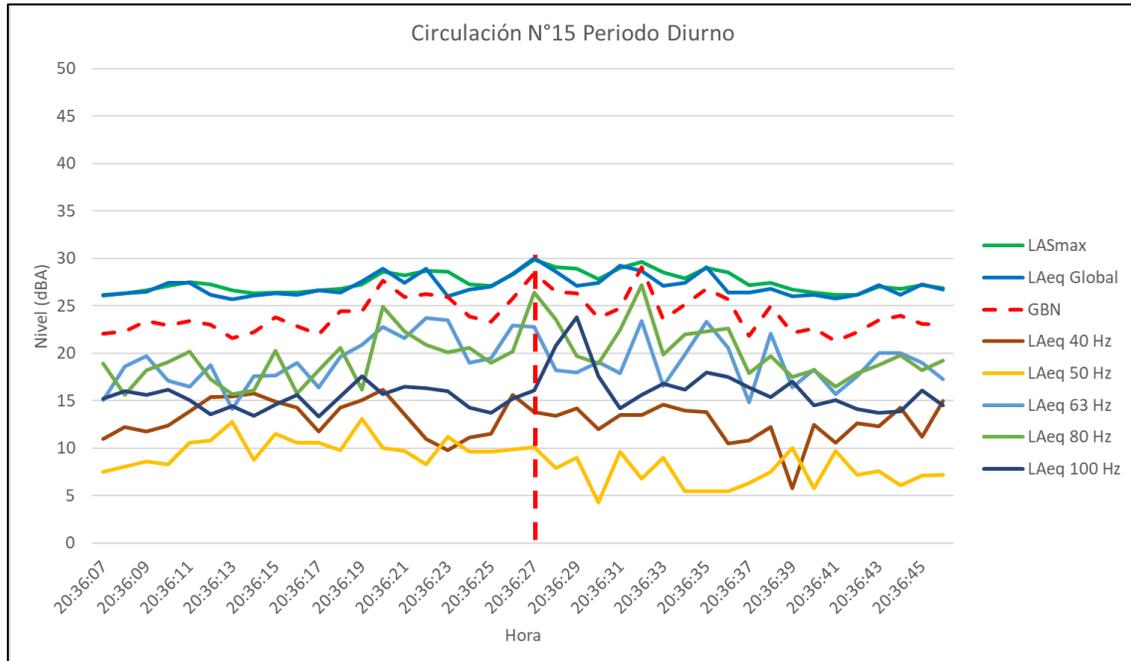
Circulación 14

Ilustración 26. Gráfico circulación N°14 de tren horario diurno.



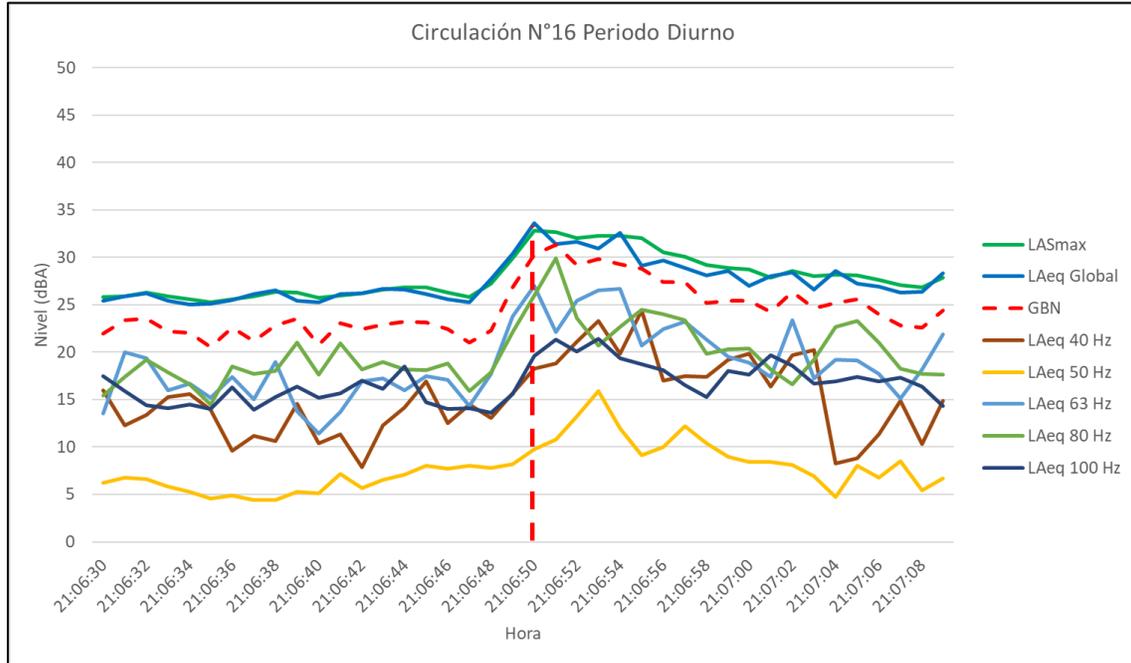
Circulación 15

Ilustración 27. Gráfico circulación N°15 de tren horario diurno.



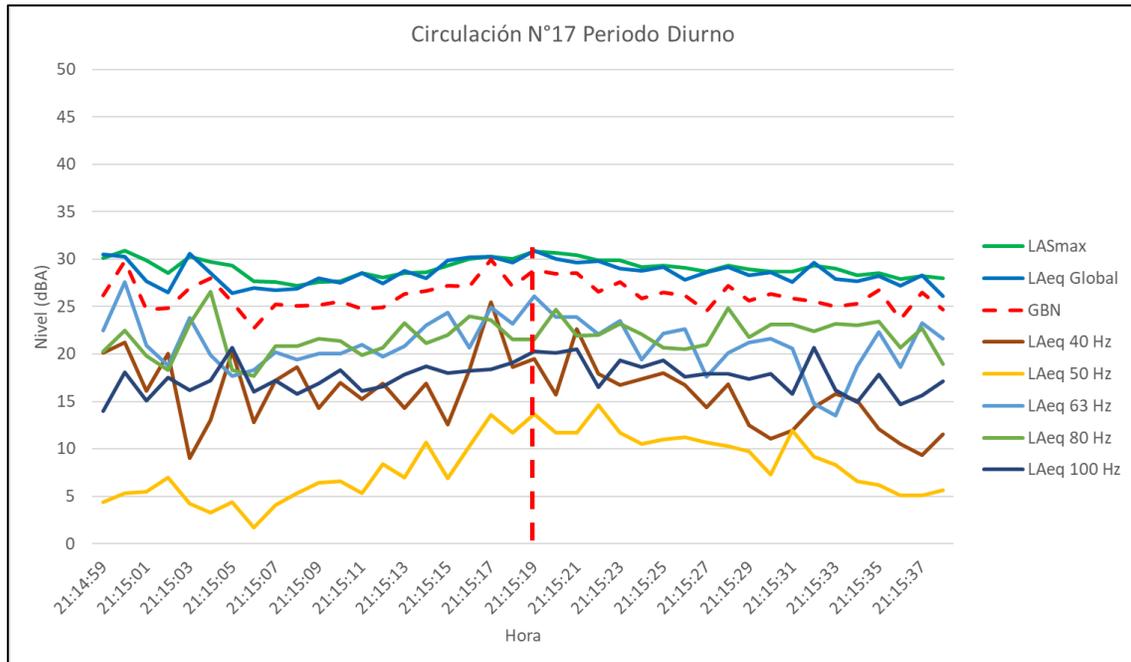
Circulación 16

Ilustración 28. Gráfico circulación N°16 de tren horario diurno.



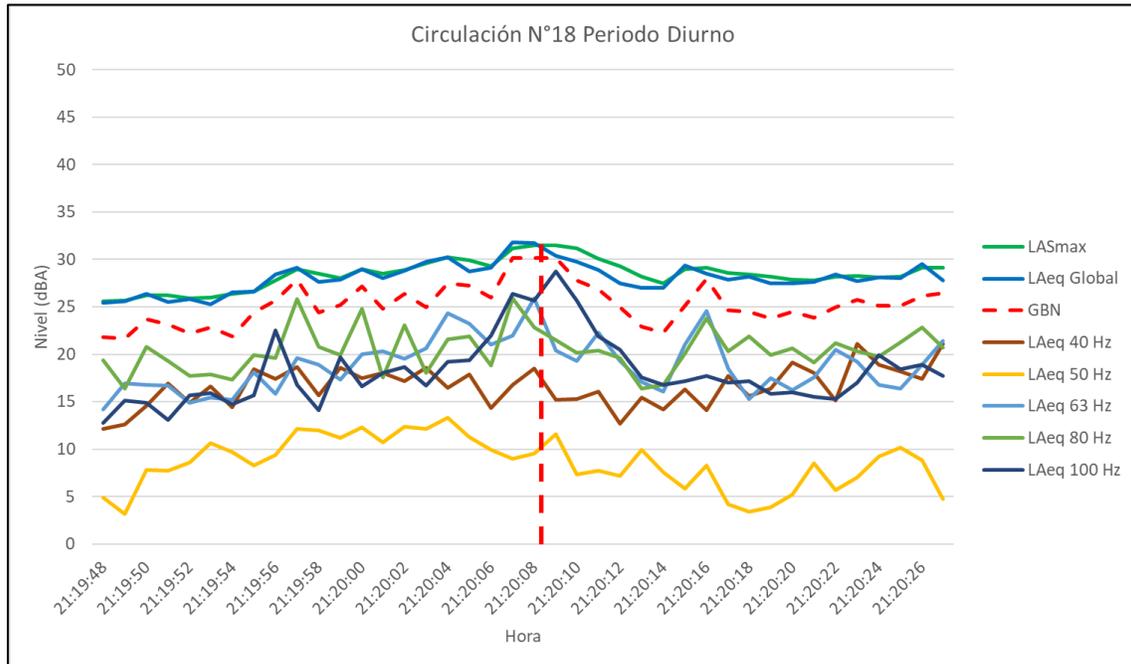
Circulación 17

Ilustración 29. Gráfico circulación N°17 de tren horario diurno.



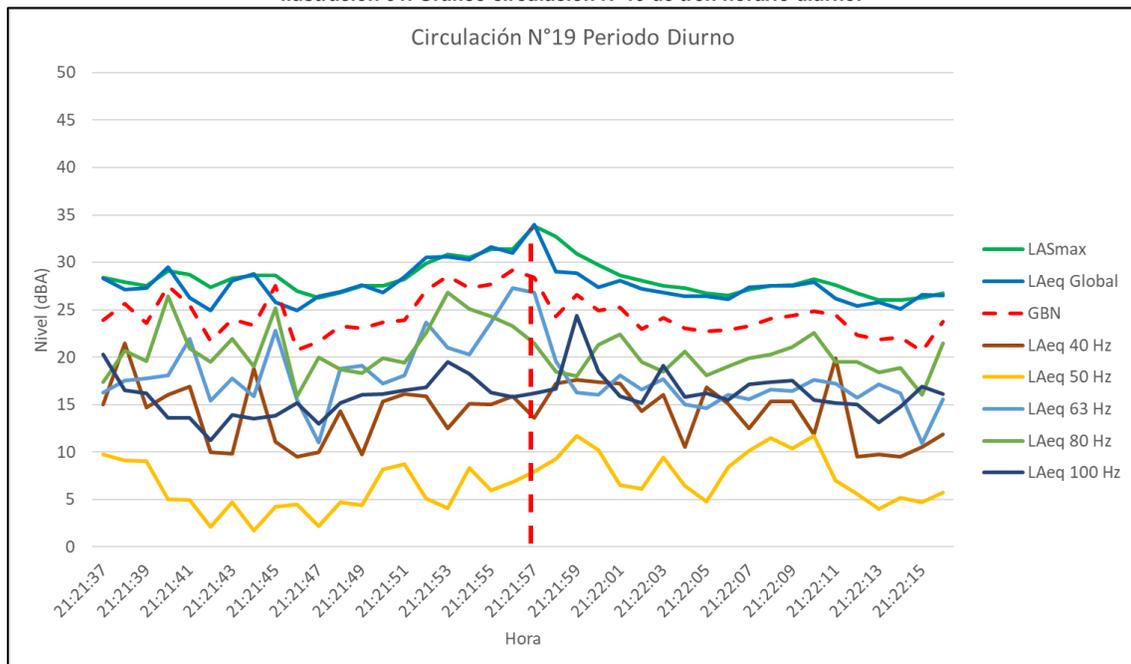
Circulación 18

Ilustración 30. Gráfico circulación N°18 de tren horario diurno.



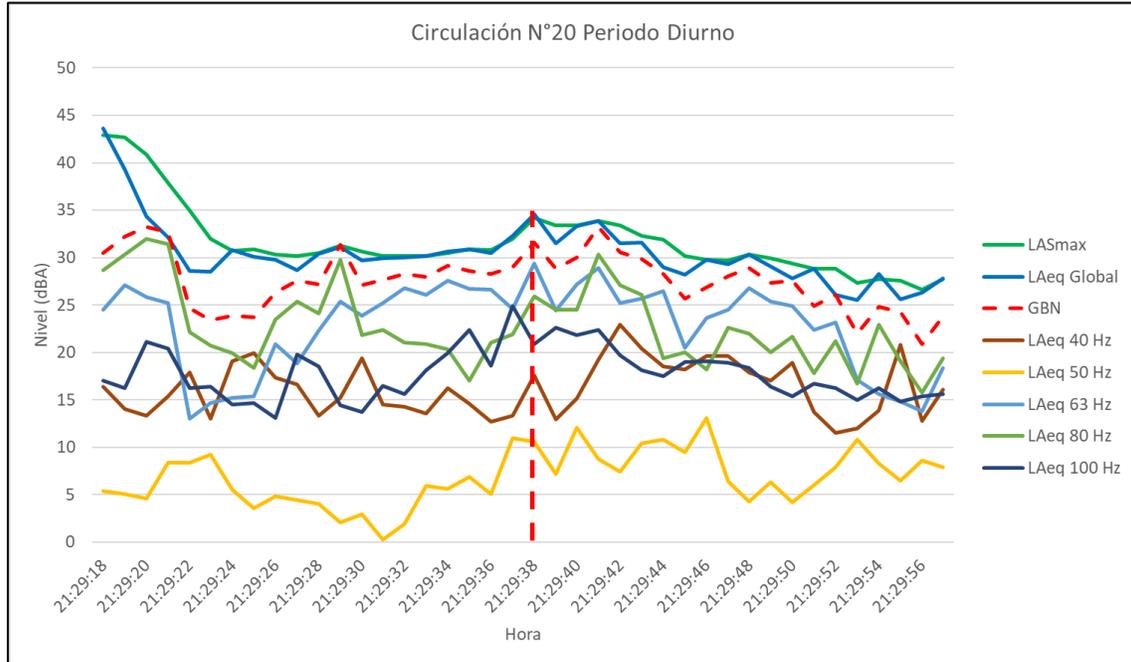
Circulación 19

Ilustración 31. Gráfico circulación N°19 de tren horario diurno.



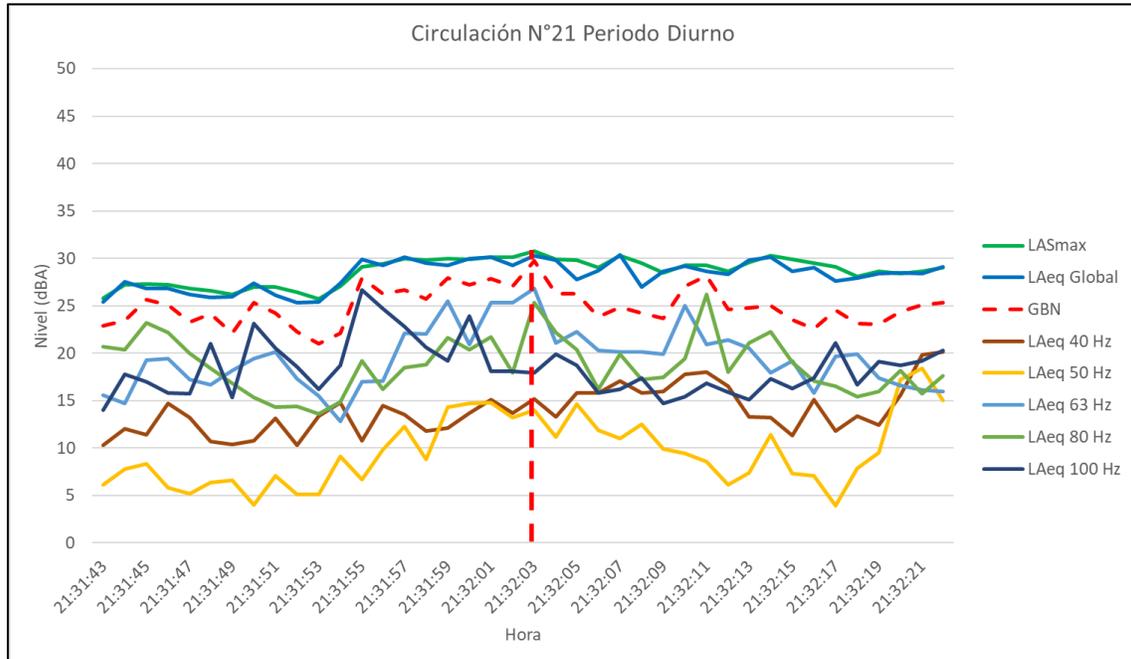
Circulación 20

Ilustración 32. Gráfico circulación N°20 de tren horario diurno.



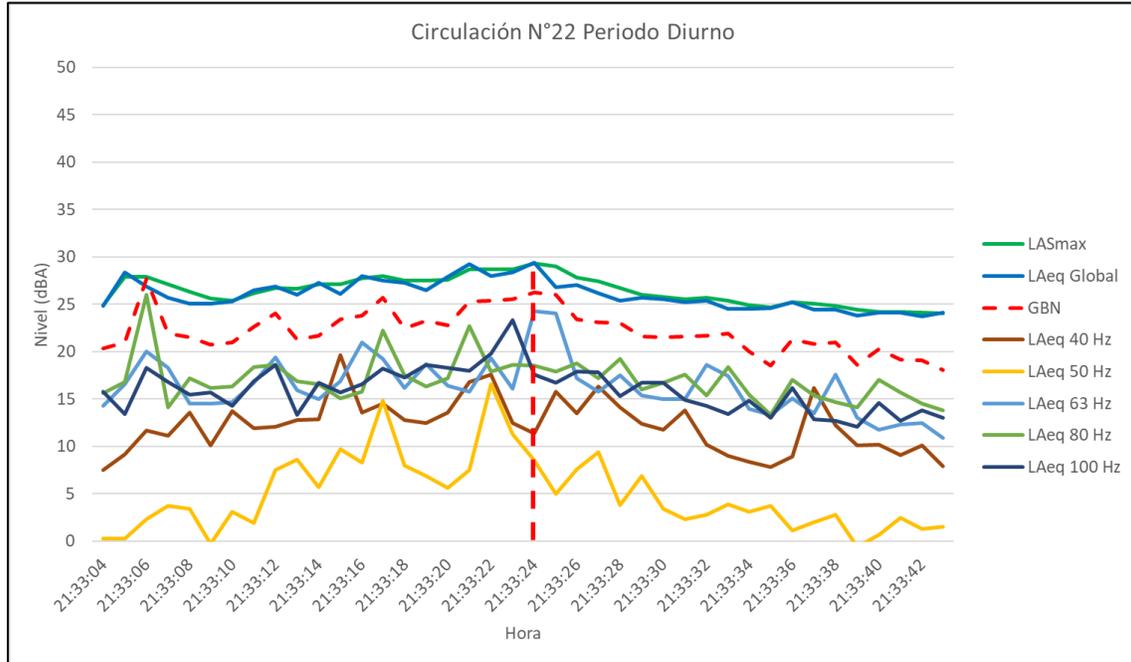
Circulación 21

Ilustración 33. Gráfico circulación N°21 de tren horario diurno.



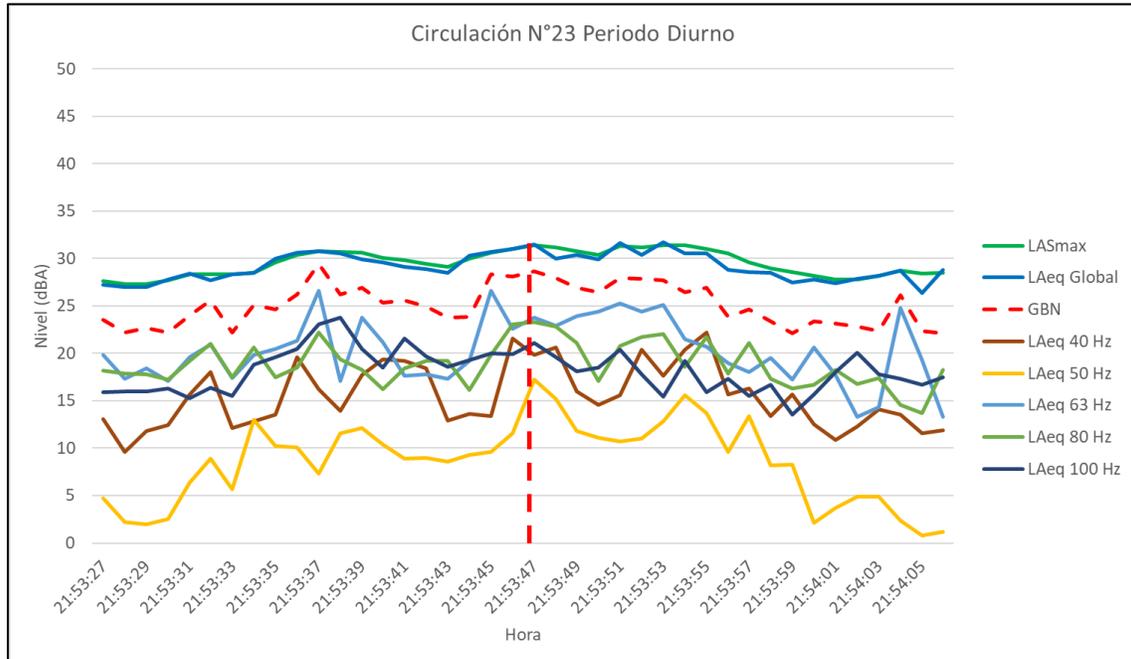
Circulación 22

Ilustración 34. Gráfico circulación N°22 de tren horario diurno.



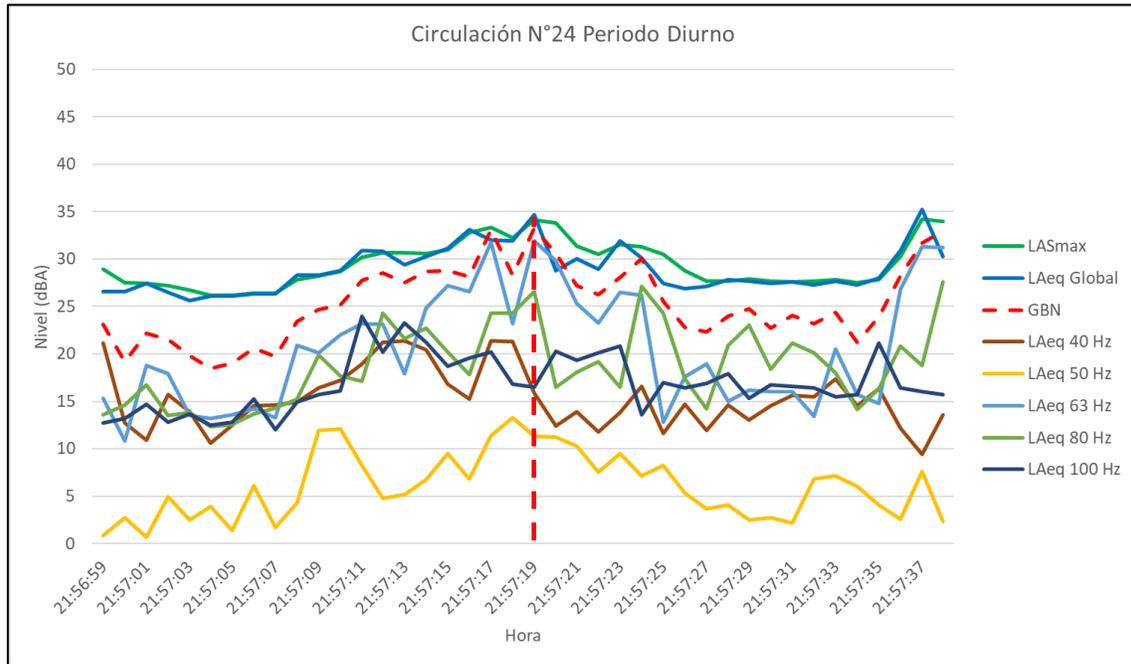
Circulación 23

Ilustración 35. Gráfico circulación N°23 de tren horario diurno.



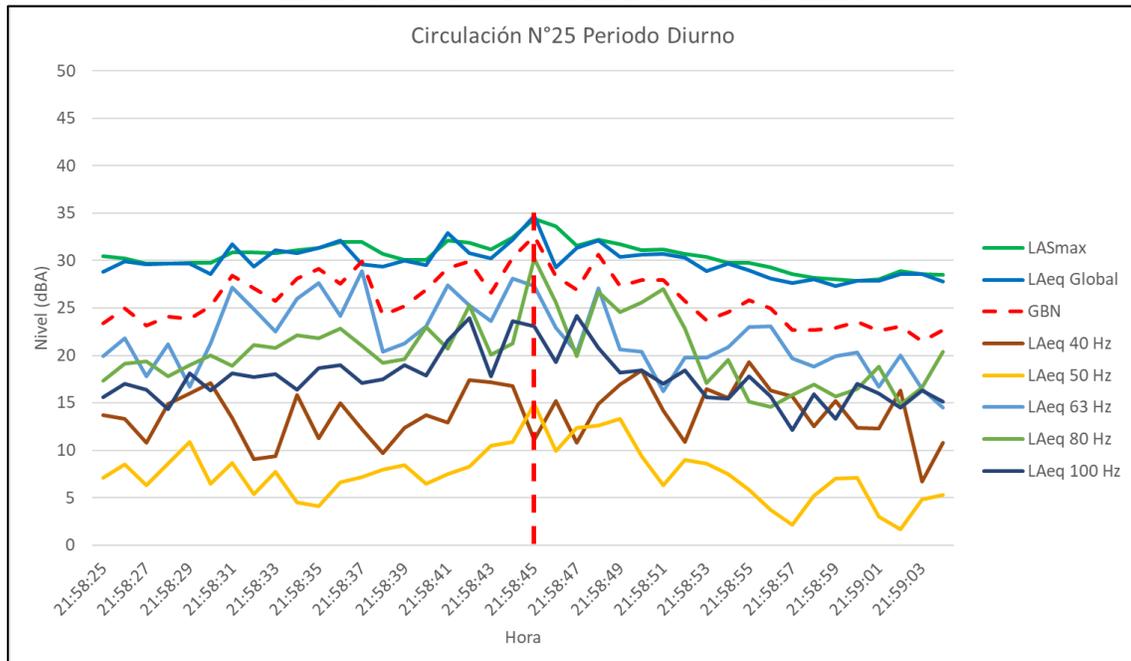
Circulación 24

Ilustración 36. Gráfico circulación N°24 de tren horario diurno.



Circulación 25

Ilustración 37. Gráfico circulación N°25 de tren horario diurno.



7.4 DETALLE DE CIRCULACIÓN DE TRENES HORARIO NOCTURNO

Se presentan a continuación el detalle de los niveles de ruido inducido para cada circulación de tren, mediante el descriptor LA_{max} (slow) y el gráfico de envolvente respectivo, a modo de evidenciar el nivel máximo en dBA para período nocturno.

Los gráficos indican el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación "A" (LA_{eq} 1 seg.) en color azul, el Nivel de Presión Sonora Máximo con ponderación "A" (LA_{max}) y respuesta lenta (slow) en color verde y la Suma Energética del rango de frecuencias de mayor aporte identificado entre 40 Hz a 100 Hz en línea punteada de color rojo.

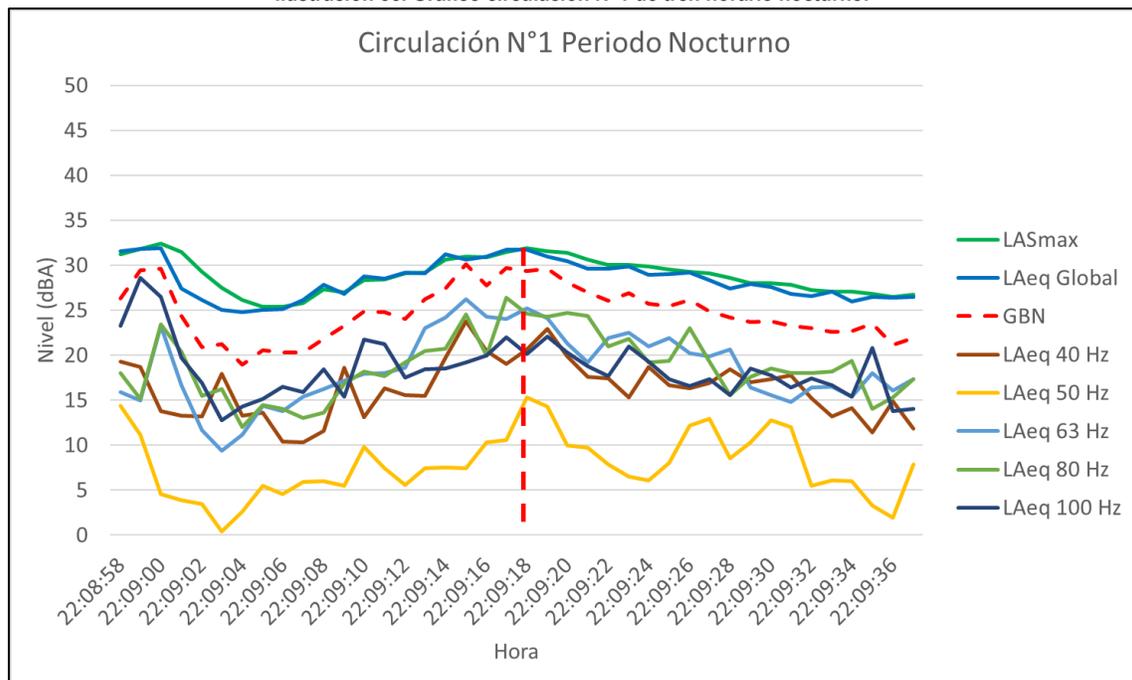
A su vez, para cada gráfico la línea punteada vertical identifica el instante peak del nivel de ruido medido, asociado a la circulación del tren en su valor más alto del descriptor LA_{max}. Además, se presentan las bandas de tercios de octavas entre los 40 Hz a 100 Hz de mayor aporte medidas al interior de la vivienda, para mejorar la visualización.

Cabe destacar que, para el período de medición nocturno los niveles de ruido inducido registrados no se ven afectados por el tránsito vehicular y actividades domésticas.

A continuación, se grafican las 20 circulaciones en horario nocturno utilizadas para el estudio:

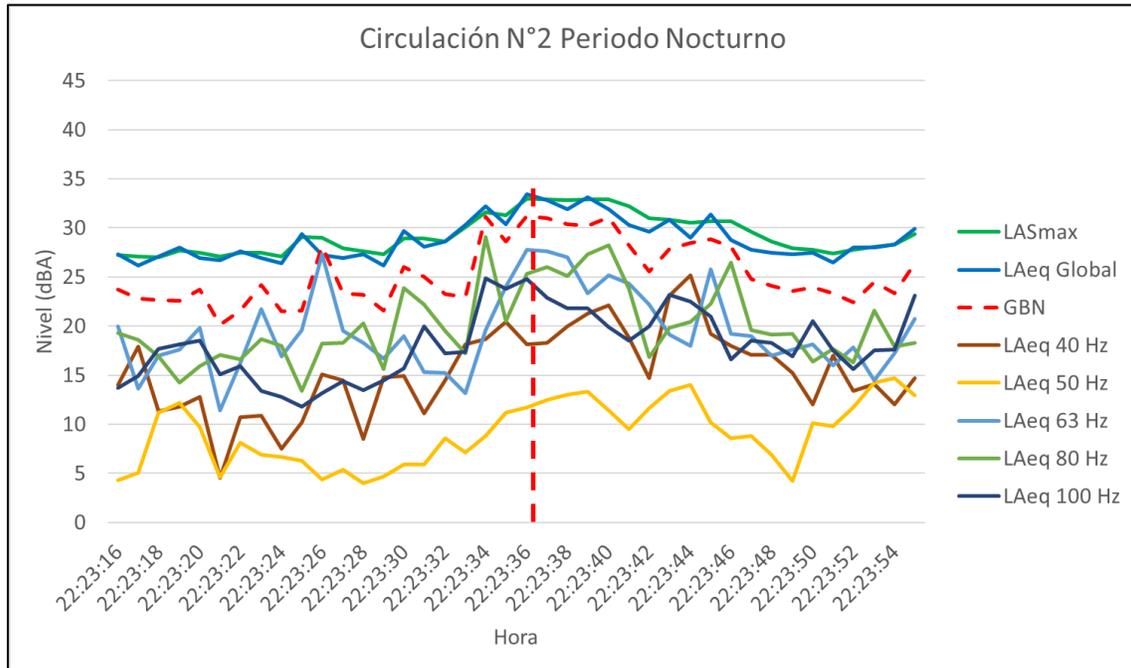
Circulación 1

Ilustración 38. Gráfico circulación N°1 de tren horario nocturno.



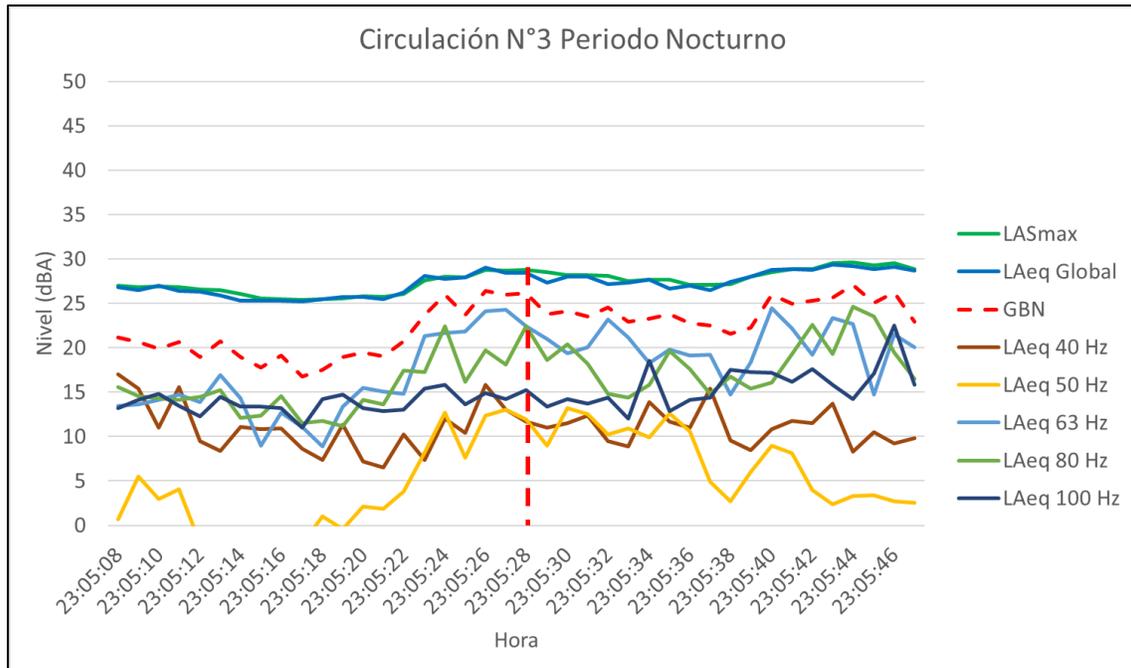
Circulación 2

Ilustración 39. Gráfico circulación N°2 de tren horario nocturno.



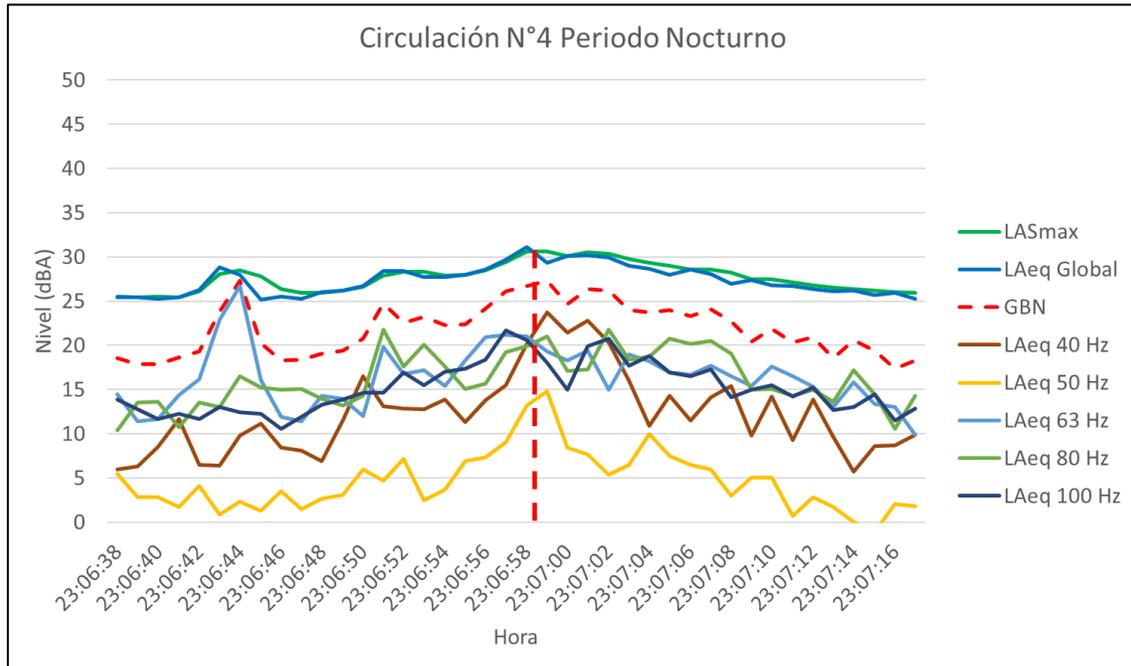
Circulación 3

Ilustración 40. Gráfico circulación N°3 de tren horario nocturno.



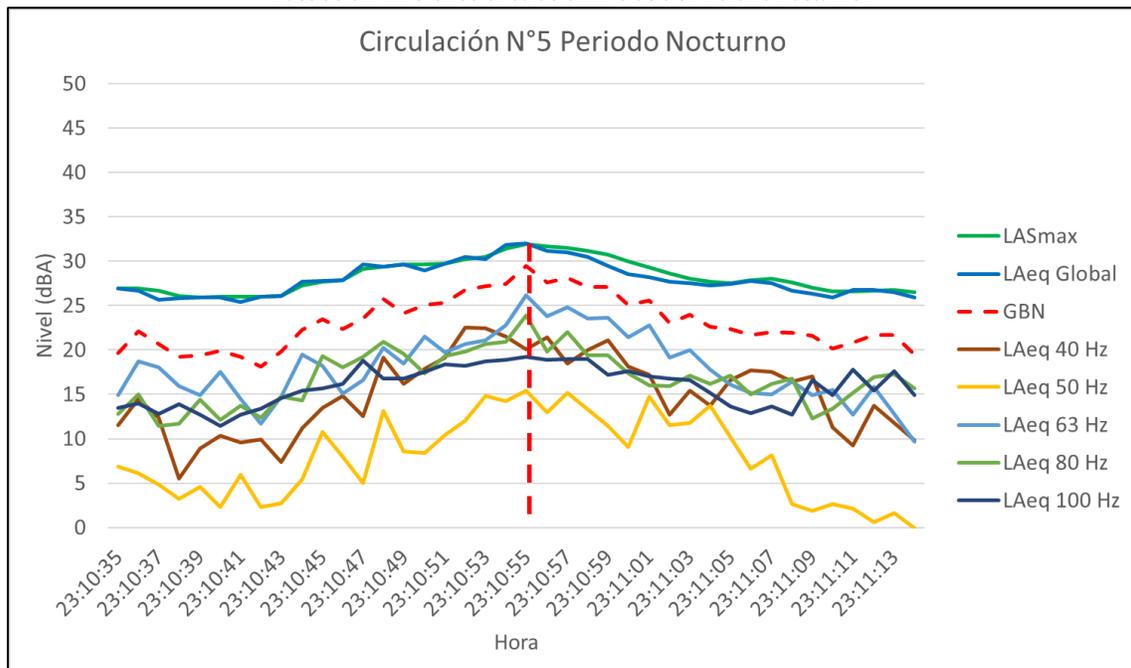
Circulación 4

Ilustración 41. Gráfico circulación N°4 de tren horario nocturno.



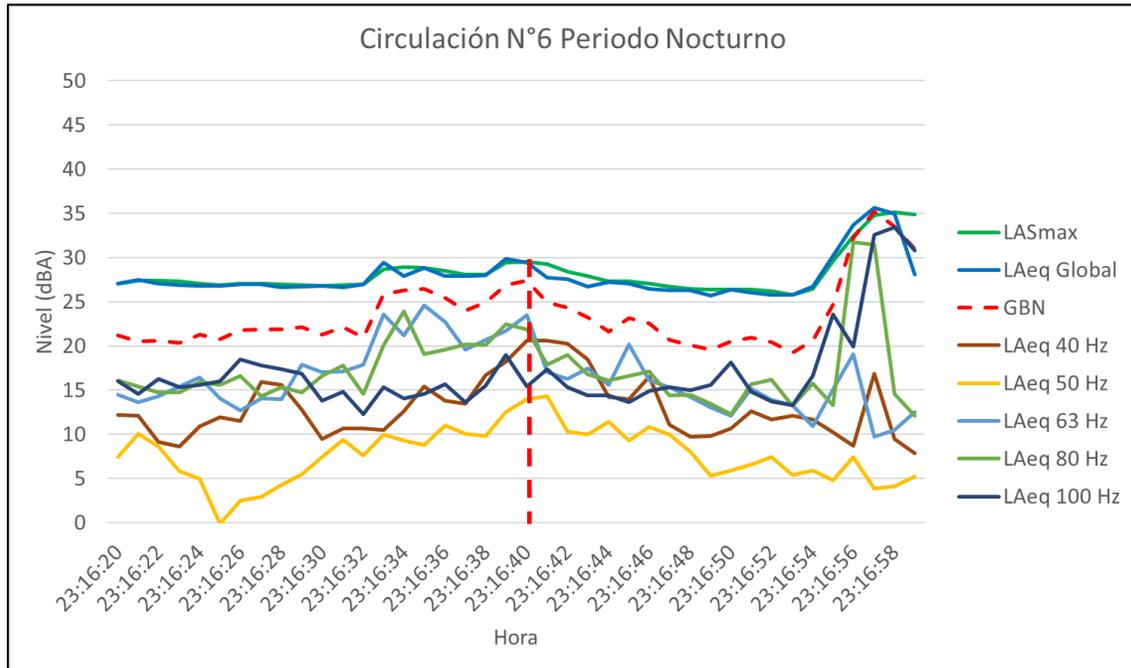
Circulación 5

Ilustración 42. Gráfico circulación N°5 de tren horario nocturno.



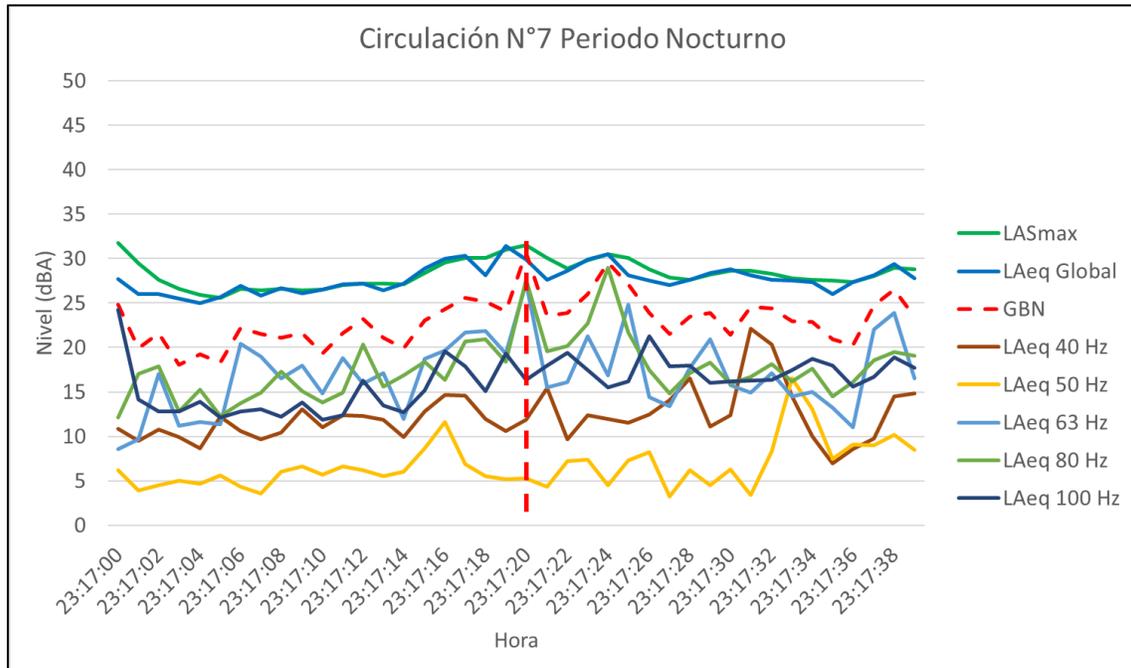
Circulación 6

Ilustración 43. Gráfico circulación N°6 de tren horario nocturno.



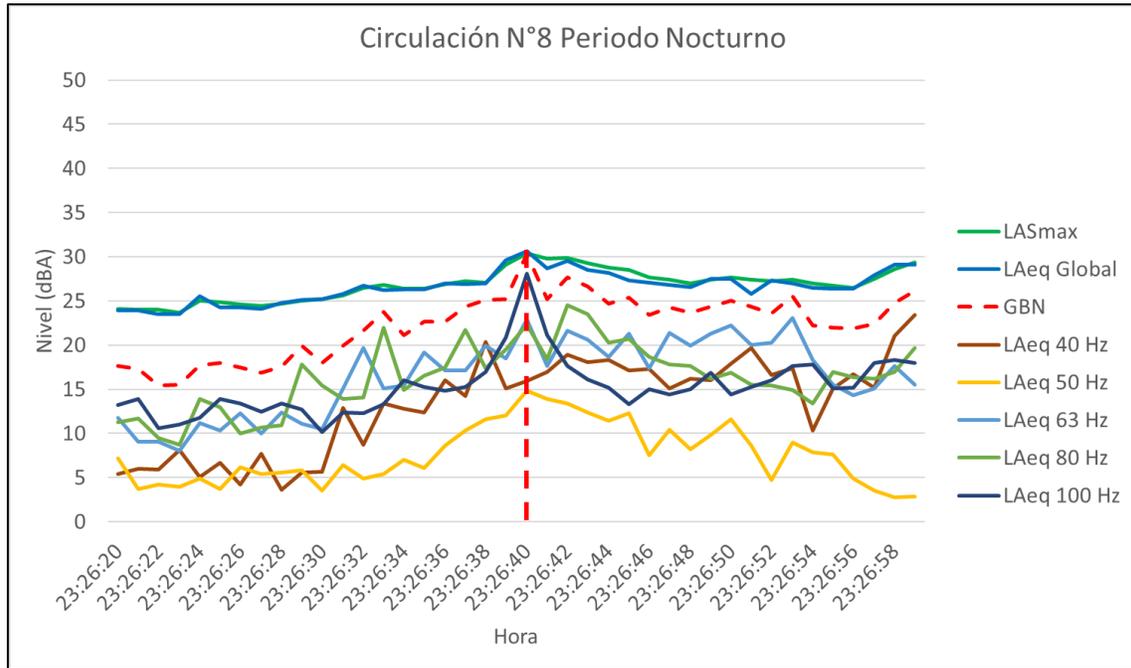
Circulación 7

Ilustración 44. Gráfico circulación N°7 de tren horario nocturno.



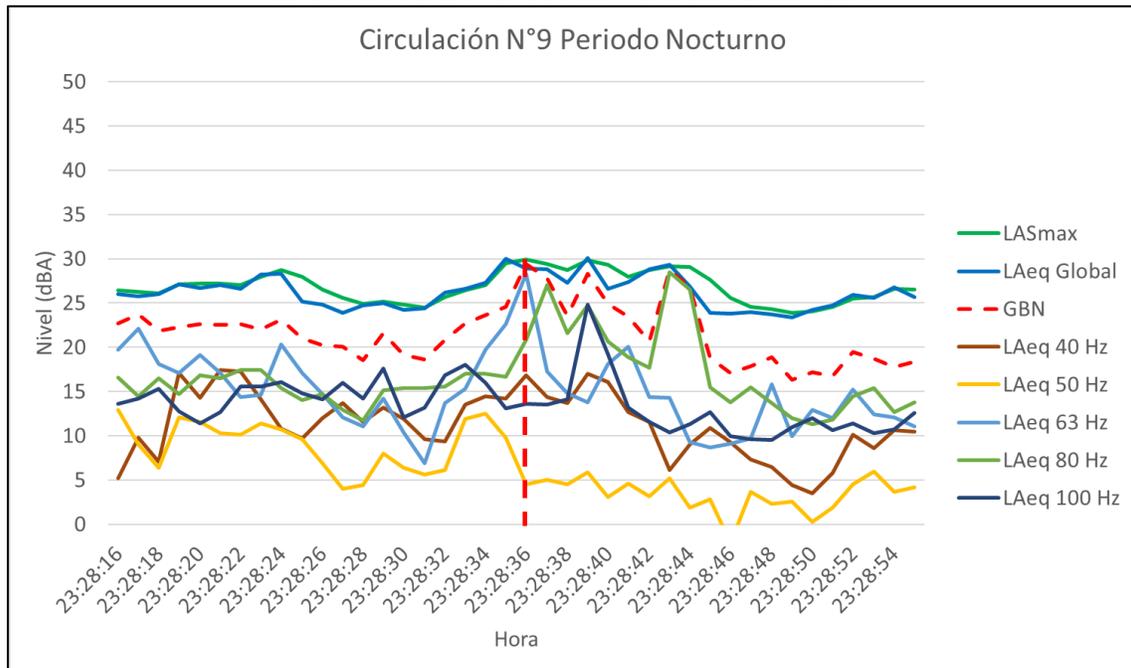
Circulación 8

Ilustración 45. Gráfico circulación N°8 de tren horario nocturno.



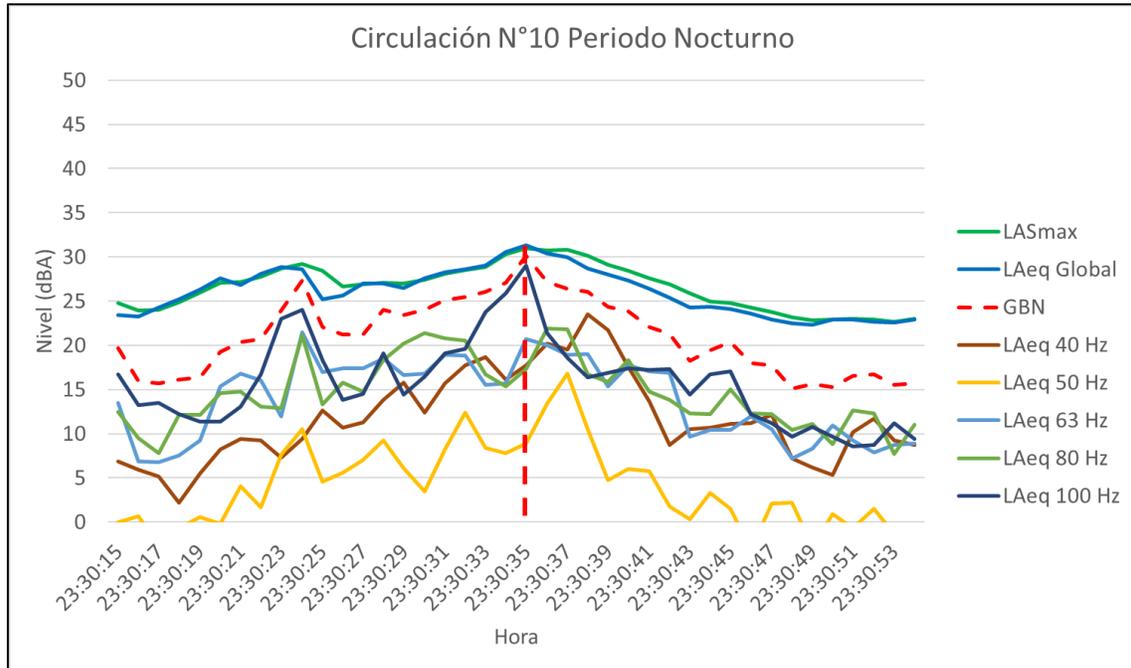
Circulación 9

Ilustración 46. Gráfico circulación N°9 de tren horario nocturno.



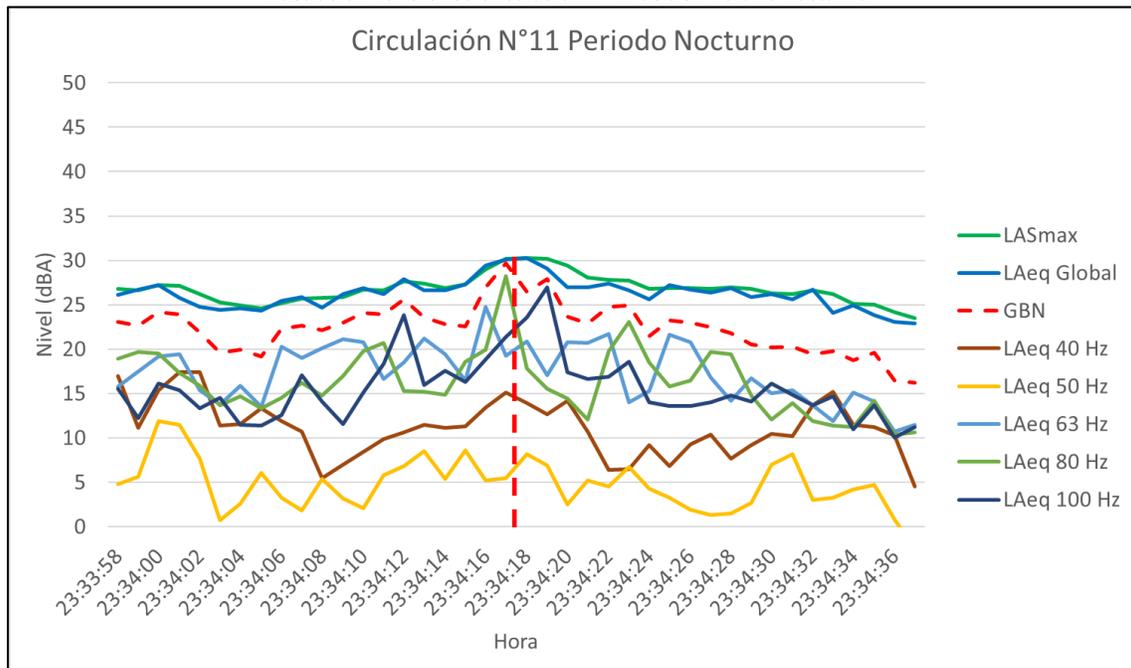
Circulación 10

Ilustración 47. Gráfico circulación N°10 de tren horario nocturno.



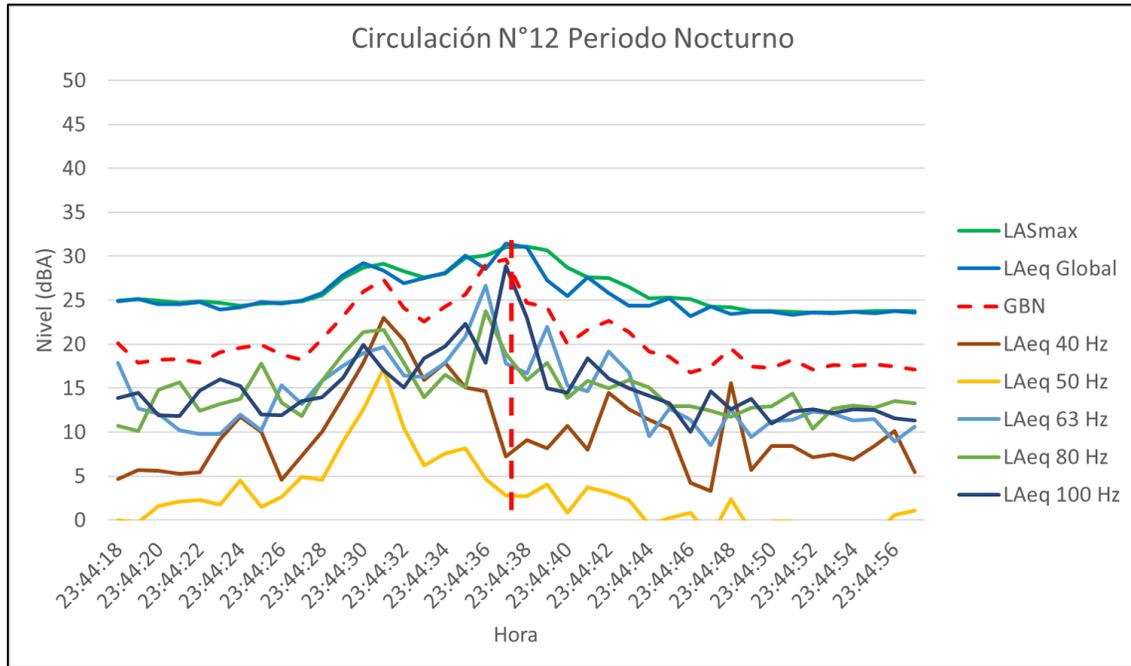
Circulación 11

Ilustración 48. Gráfico circulación N°11 de tren horario nocturno.



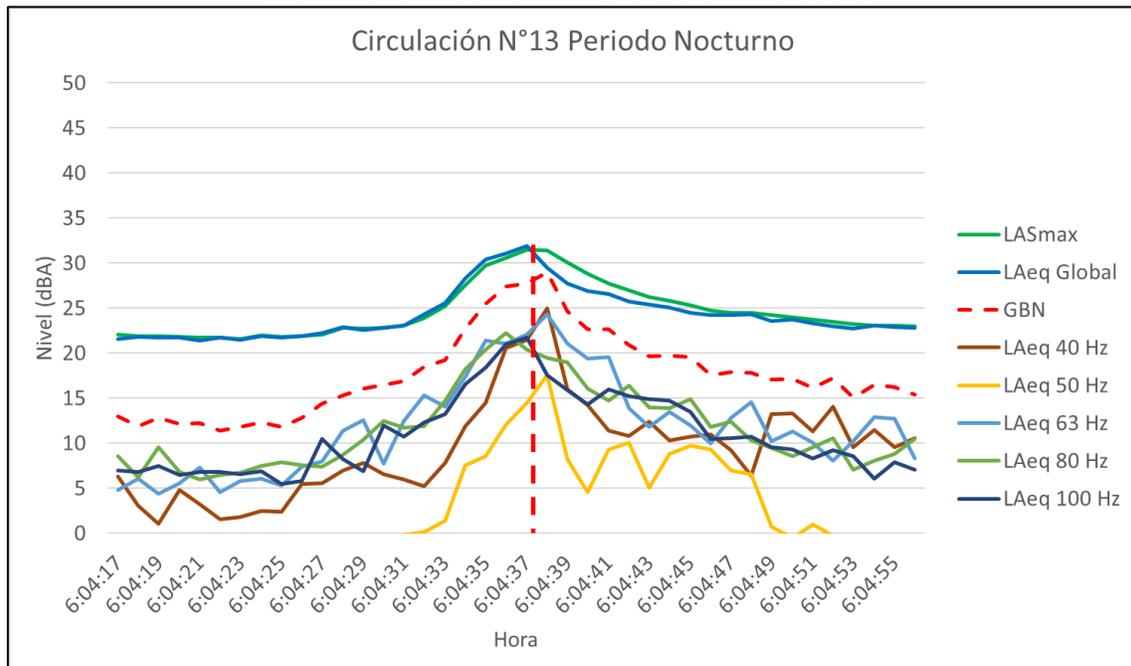
Circulación 12

Ilustración 49. Gráfico circulación N°12 de tren horario nocturno.



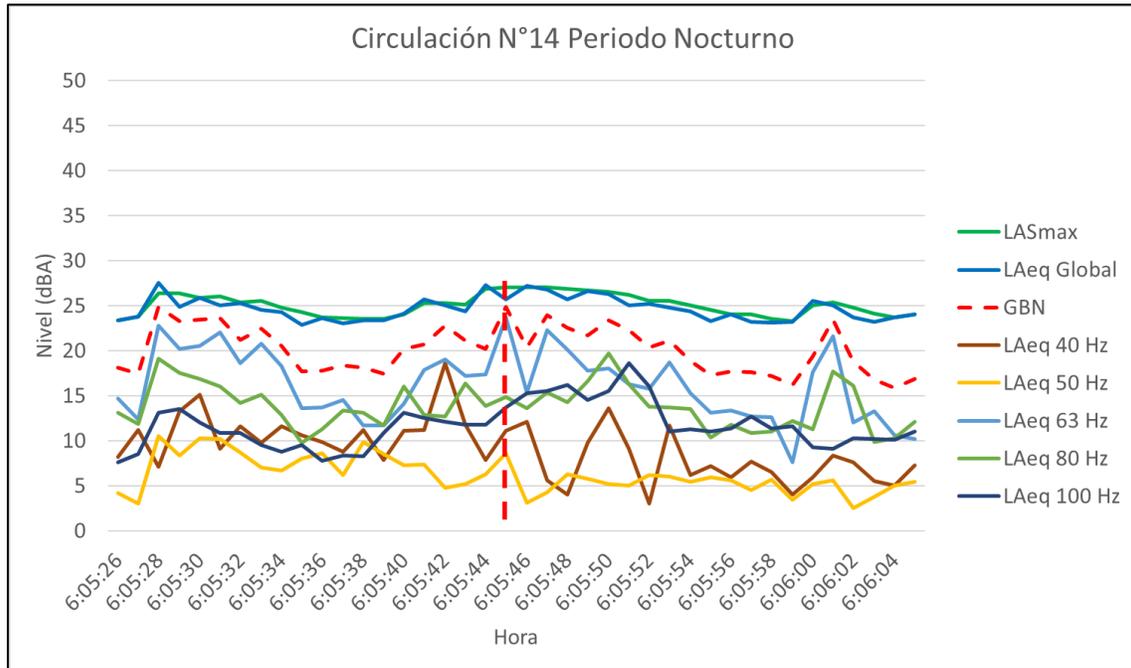
Circulación 13

Ilustración 50. Gráfico circulación N°13 de tren horario nocturno.



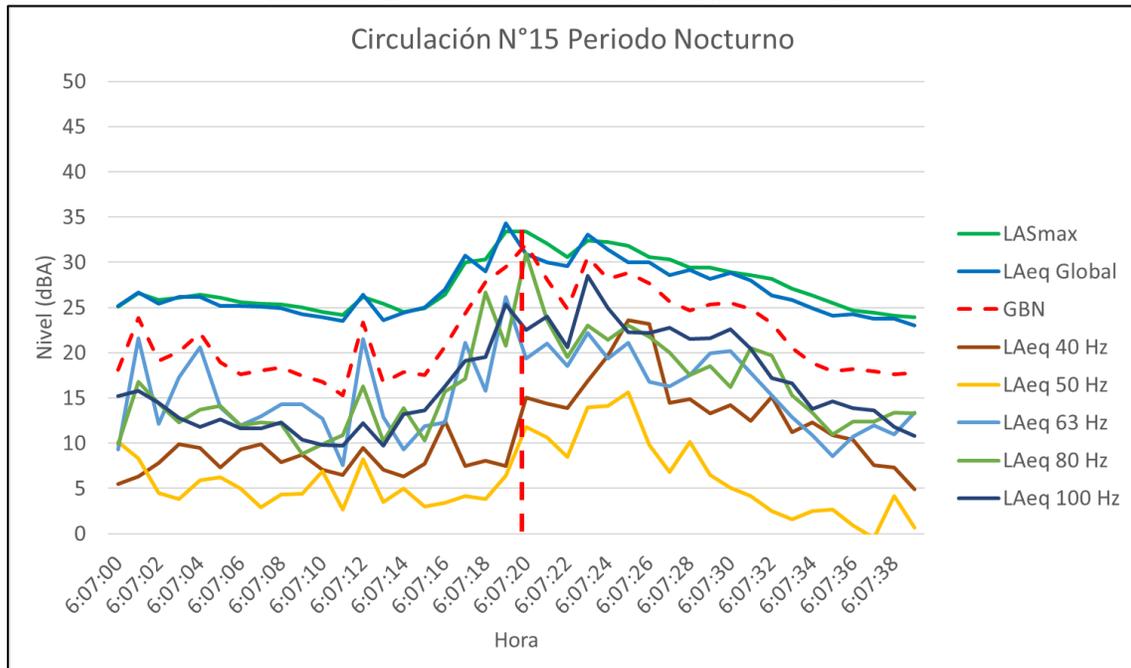
Circulación 14

Ilustración 51. Gráfico circulación N°14 de tren horario nocturno.



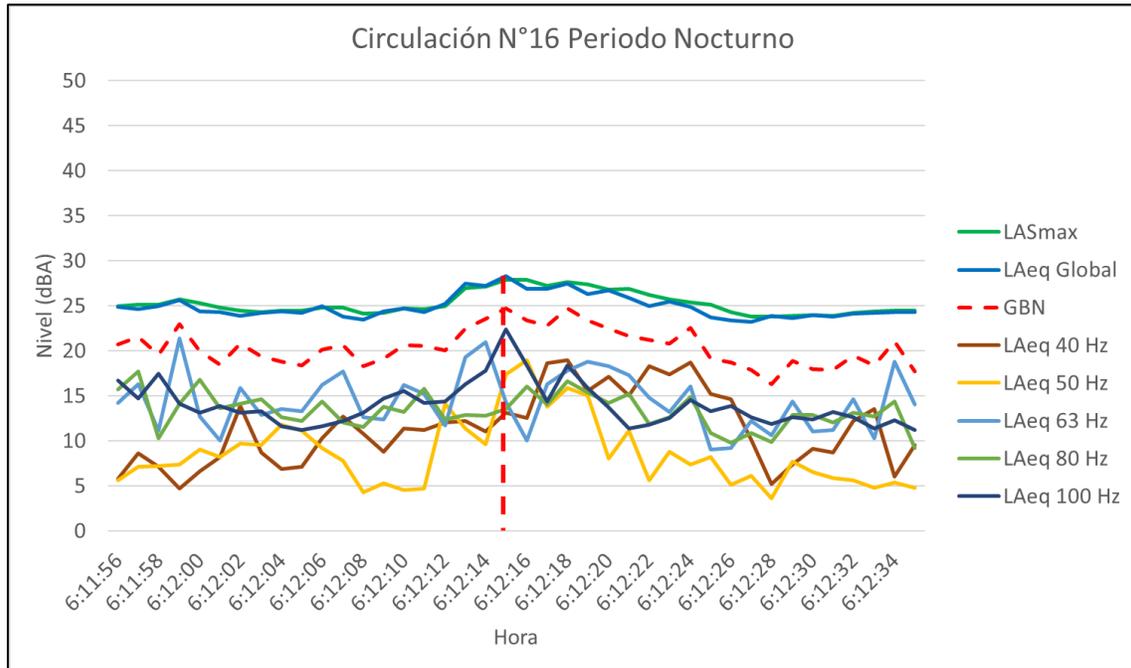
Circulación 15

Ilustración 52. Gráfico circulación N°15 de tren horario nocturno.



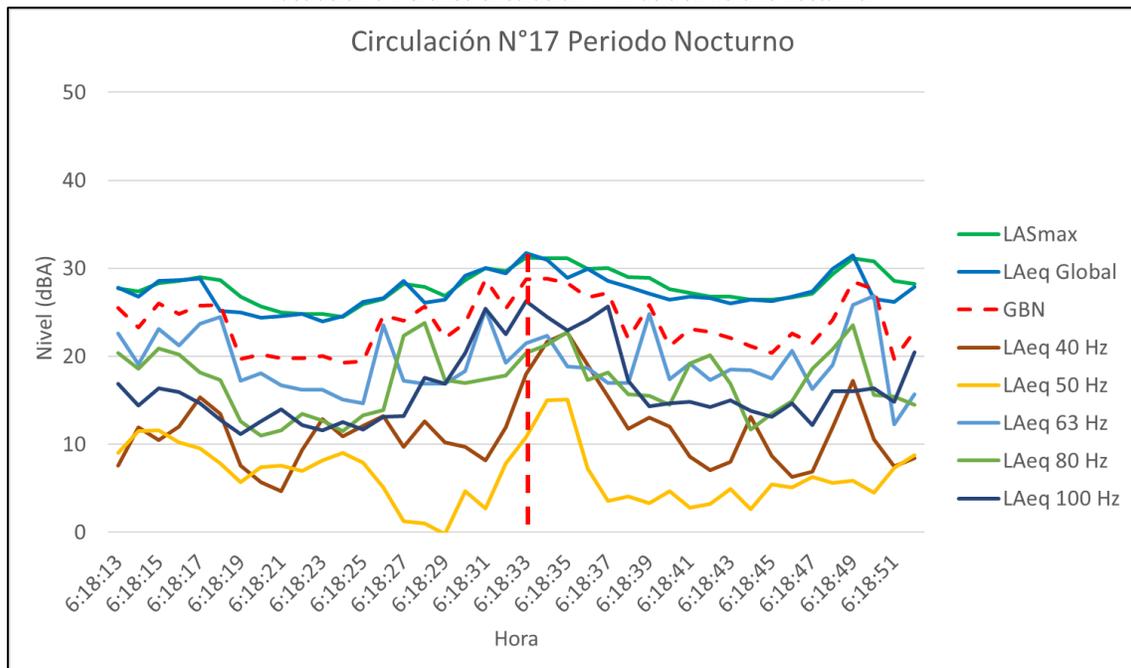
Circulación 16

Ilustración 53. Gráfico circulación N°16 de tren horario nocturno.



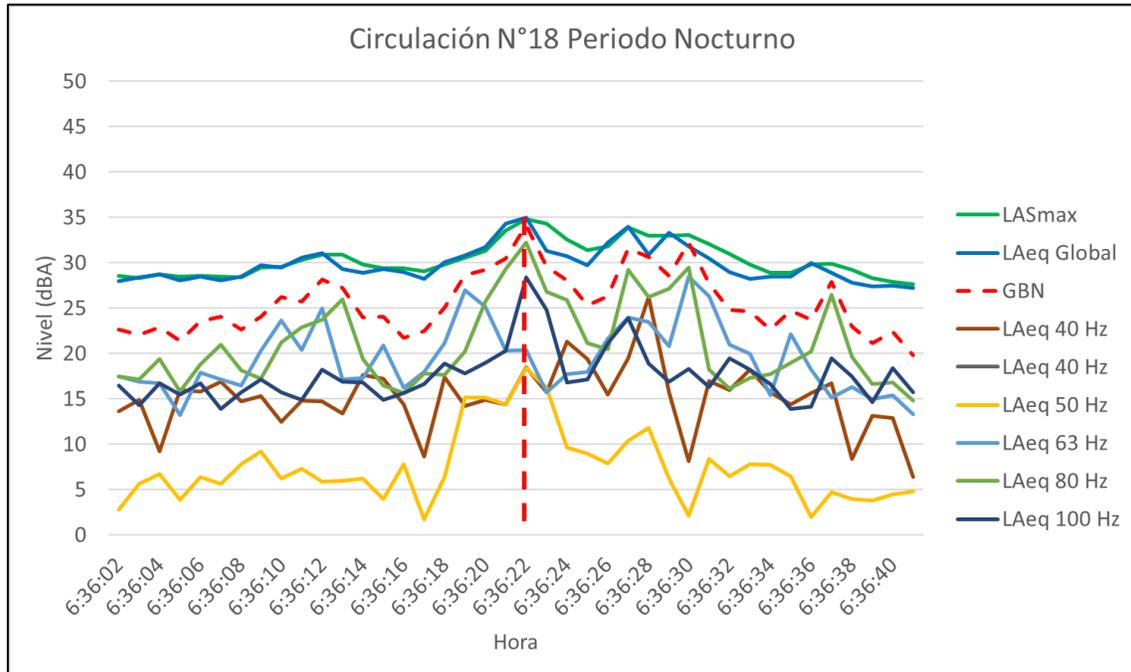
Circulación 17

Ilustración 54. Gráfico circulación N°17 de tren horario nocturno.



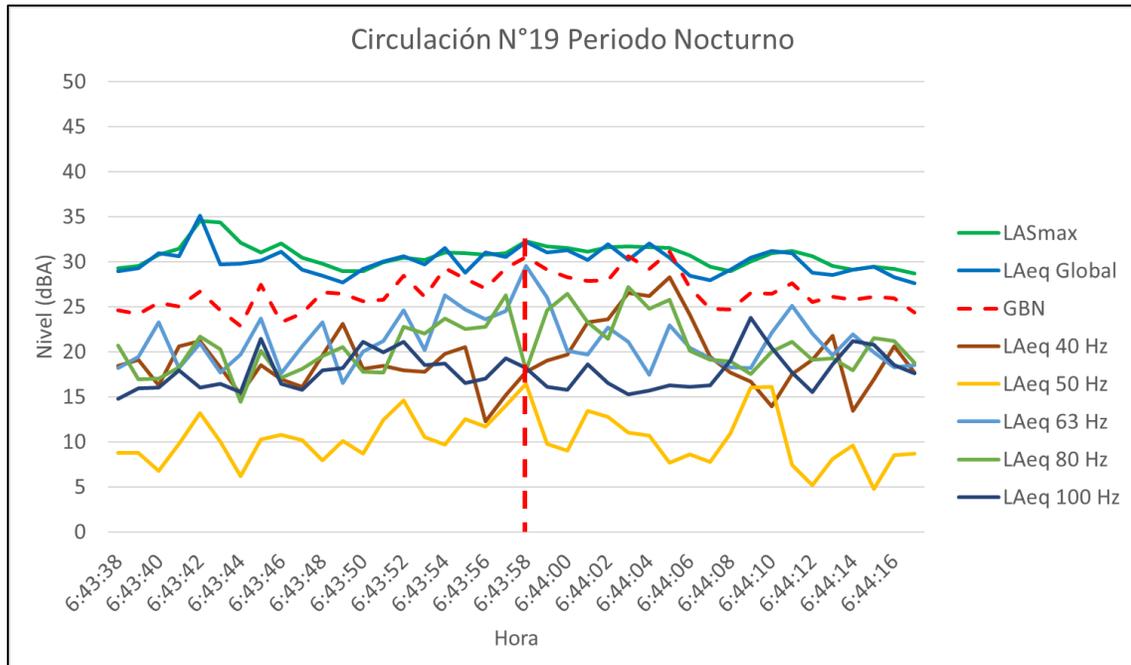
Circulación 18

Ilustración 55. Gráfico circulación N°18 de tren horario nocturno.



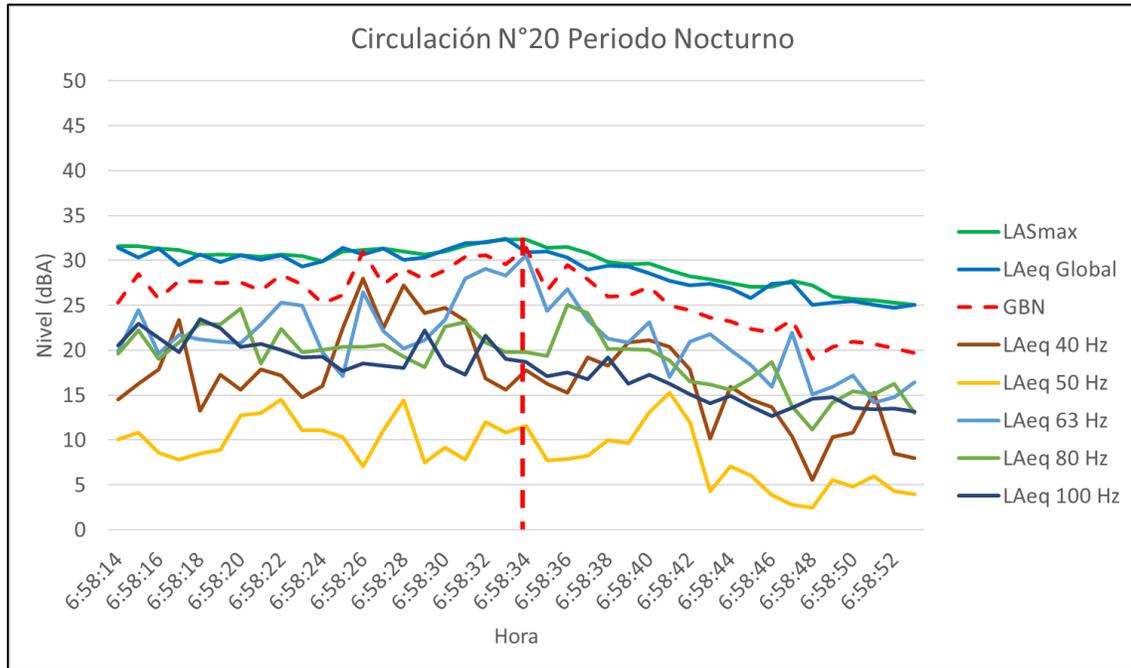
Circulación 19

Ilustración 56. Gráfico circulación N°19 de tren horario nocturno.



Circulación 20

Ilustración 57. Gráfico circulación N°20 de tren horario nocturno.



8 EVALUACIÓN DE NORMATIVA.

A continuación, se presenta la evaluación de los niveles de ruido inducido registrados al interior del recinto para cada circulación de tren en horario diurno y nocturno según lo establecido en la norma FTA Report N°0123:2018 y la guía EPA Australiana 2013

8.1 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN NORMA FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 11. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
21-08-2023	11:11:11	34.9	34.5	32.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	13:38:22	34.7	34.3	32.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	15:20:28	32.8	31.5	30.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	15:41:31	33.9	32.8	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:10:54	33.0	32.3	32.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:17:54	33.7	33.8	33.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:19:35	33.6	32.8	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:42:44	33.1	32.6	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:17:04	34.9	34.6	35.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:31:43	31.7	32.2	30.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:45:21	34.7	34.0	34.5	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:53:27	34.1	34.1	34.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:16:22	32.9	33.1	29.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:21:24	32.2	32.2	32.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:36:07	29.9	30.0	29.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:06:30	32.8	33.6	31.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:14:59	30.8	30.9	29.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:19:48	31.5	31.7	30.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:21:37	33.8	34.0	29.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:29:18	34.2	34.6	33.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:31:43	30.8	30.3	29.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:33:04	29.3	29.4	26.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:53:27	31.4	31.5	28.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:56:59	34.1	34.7	33.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:58:25	34.4	34.7	32.6	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor LAmax según la norma FTA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según FTA N°0123:2018, el cual corresponde a 35 dBA para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 y eventos frecuentes.

Tabla 12. Evaluación según FTA N°0123:2018 para cada circulación de tren en horario nocturno.

Fecha	Hora	LAmax (slow) (dBA)	LAeq (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado FTA (Supera / no Supera / Nulo)
21-08-2023	22:08:58	31.9	31.7	30.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	22:23:16	33.0	33.4	31.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:05:08	28.8	28.4	26.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:06:38	30.6	31.1	27.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:10:35	31.9	32.0	29.5	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:16:20	29.5	29.4	27.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:17:00	31.5	29.9	30.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:26:20	30.4	30.6	30.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:28:16	29.9	28.9	29.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:30:15	31.0	31.3	30.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:33:58	30.3	30.3	29.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:44:18	31.1	31.0	29.6	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:04:17	31.5	31.9	29.0	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:05:26	27.0	27.2	24.9	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:07:00	33.4	30.9	32.0	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:11:56	27.9	26.9	24.7	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:18:13	31.2	31.7	28.8	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:36:02	34.8	35.0	34.2	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:43:38	32.3	32.2	30.6	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:58:14	32.3	30.9	31.4	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor LAmax la norma FTA.

8.2 EVALUACIÓN CIRCULACIONES SEGÚN GUÍA EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES DIURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período diurno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 40 dBA para el uso residencial.

Tabla 13. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Diurno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
21-08-2023	11:11:11	34.9	34.5	32.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	13:38:22	34.7	34.3	32.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	15:20:28	32.8	31.5	30.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	15:41:31	33.9	32.8	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:10:54	33.0	32.3	32.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:17:54	33.7	33.8	33.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:19:35	33.6	32.8	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	18:42:44	33.1	32.6	32.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:17:04	34.9	34.6	35.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:31:43	31.7	32.2	30.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:45:21	34.7	34.0	34.5	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	19:53:27	34.1	34.1	34.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:16:22	32.9	33.1	29.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:21:24	32.2	32.2	32.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	20:36:07	29.9	30.0	29.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:06:30	32.8	33.6	31.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:14:59	30.8	30.9	29.9	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:19:48	31.5	31.7	30.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:21:37	33.8	34.0	29.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:29:18	34.2	34.6	33.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:31:43	30.8	30.3	29.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:33:04	29.3	29.4	26.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:53:27	31.4	31.5	28.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:56:59	34.1	34.7	33.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	21:58:25	34.4	34.7	32.6	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones diurnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

EVALUACIÓN CIRCULACIONES NOCTURNAS

En la siguiente tabla se presentan los niveles de ruido inducido alcanzados para cada circulación de tren en período nocturno comparado con el nivel máximo permisible según EPA Australiana 2013, el cual corresponde a 35 dBA para el uso residencial.

Tabla 14. Evaluación según EPA – South Australia (2013) para cada circulación de tren en horario Nocturno.

Fecha	Hora	L _{Amax} (slow) (dBA)	L _{Aeq} (dBA)	GBN medido (40 Hz a 100 Hz)	Influencia RF	Predicción de GBN (RMS 1 seg.) (dBA)	Eje para predicción	Resultado EPA (Supera / no Supera / Nulo)
21-08-2023	22:08:58	31.9	31.7	30.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	22:23:16	33.0	33.4	31.2	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:05:08	28.8	28.4	26.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:06:38	30.6	31.1	27.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:10:35	31.9	32.0	29.5	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:16:20	29.5	29.4	27.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:17:00	31.5	29.9	30.7	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:26:20	30.4	30.6	30.3	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:28:16	29.9	28.9	29.4	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:30:15	31.0	31.3	30.1	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:33:58	30.3	30.3	29.6	No	-	-	NO SUPERA
21-08-2023	23:44:18	31.1	31.0	29.6	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:04:17	31.5	31.9	29.0	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:05:26	27.0	27.2	24.9	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:07:00	33.4	30.9	32.0	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:11:56	27.9	26.9	24.7	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:18:13	31.2	31.7	28.8	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:36:02	34.8	35.0	34.2	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:43:38	32.3	32.2	30.6	No	-	-	NO SUPERA
22-08-2023	6:58:14	32.3	30.9	31.4	No	-	-	NO SUPERA

En base a lo anterior, según los valores obtenidos para las circulaciones nocturnas las cuales no están influenciadas por el ruido de fondo, ninguna circulación sobrepasa el nivel máximo permisible para el descriptor L_{Amax} según la guía EPA.

9 CONCLUSIÓN

A partir de los datos medidos en terreno y su posterior análisis de los niveles de ruido inducido (Ground-borne Noise o GBN) registrados al interior del recinto ubicado en Loreley N°17, Comuna de La Reina, originados producto de la operación de la Línea 3 de Metro S.A. en la interestación Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco, se concluye que:

Todas las circulaciones de tren en horario diurno y todas las circulaciones de tren en horario nocturno cumplen con el nivel de evaluación máximo permitido para recintos del tipo residencial con uso de suelo en categoría 2 para eventos frecuentes establecido en 35 dBA, según criterio normativo FTA 0123:2018, con una holgura de -0.1 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno y una holgura de -0.2 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

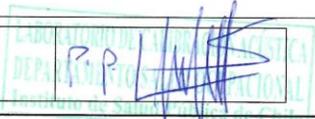
De igual forma, todas las circulaciones de tren en horario diurno y todas las circulaciones de tren en horario nocturno cumplen con el nivel de evaluación máximo estipulado en el capítulo 2.2 de la guía EPA – South Australia (2013) establecido en 40 dBA para el horario diurno y 35 dBA para el horario nocturno. Con una holgura de -5.1 dBA en la circulación de tren más alta en horario diurno y una holgura de -0.2 dBA en la circulación de tren más alta en horario nocturno.

10 REFERENCIAS

- Criterio Normativo FTA Report 0123:2018. “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*” de la Federal Transit Administration (FTA) – EEUU (2018).
- Criterio Normativo EPA. “*Guidelines for the Assessment of Noise from Rail Infrastructure*” de la Environment Protection Authority (EPA) – South Australia (2013).
- Norma ISO 14837-1:2005 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General Guidance*”.
- Norma ISO/TS 14837-31:2017 “*Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 31: Guideline on field measurements for the evaluation of human exposure in buildings*”.

11 ANEXOS

11.1 Anexo – Certificado de Calibración Sonómetro NTI XL2-TA

	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Código: SON20210136 LCA – Laboratorio de Calibración Acústica. Página 1 de 7 páginas
<u>DATOS DEL SONÓMETRO</u>	
FABRICANTE SONÓMETRO	: NTI AUDIO
MODELO SONÓMETRO	: XL2 - TA
NÚMERO SERIE SONÓMETRO	: A2A - 13728 - E0
MARCA MICRÓFONO	: NTI Audio
MODELO MICRÓFONO	: MC230A
NÚMERO SERIE MICRÓFONO	: A16350
<u>DATOS DEL CLIENTE</u>	
CLIENTE	: CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN	: ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.
<u>DATOS DE LA CALIBRACIÓN</u>	
LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN	: 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN	: 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME	: 06/12/2021
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"><div data-bbox="375 1472 846 1549" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Juan Carlos Valenzuela Illanes Encargado Laboratorio de Calibración Acústica</div><div data-bbox="948 1451 1263 1570" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"></div></div>	
<p>Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo</p> <p>Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.</p>	
<p>Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile Tel: (56 – 2) 2575 55 61. www.ispch.cl</p>	

Código: SON20210136

Página 2 de 7 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 21,6 °C H.R. = 48,3 % P = 94,7 kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME-512 03-001 Calibración de Sonómetros Según Norma Técnica IEC 61672-3:2006 de Sonómetros.
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en la Norma IEC 61672-3:2006 de Sonómetros. Dichas tolerancias son las indicadas para un grado de precisión del instrumento Clase 1.
- **INCERTIDUMBRE**
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

▪ **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartado de la especificación petrológica (Ref. IEC 61672-3:2006)		Resultado
Indicación a la frecuencia de comprobación de la calibración (Apartado 9)		POSITIVO
Ruido intrínseco (Apartado 10)	Micrófono Instalado	N/A
	Dispositivo de entrada eléctrica	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales acústicas (Apartado 11)	Ponderación frecuencial A	N/A
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
Ponderación frecuencial con señales eléctricas (Apartado 12)	Ponderación frecuencial A	POSITIVO
	Ponderación frecuencial C	POSITIVO
	Ponderación frecuencial lineal	N/A
Ponderación frecuencial Z	Ponderación frecuencial Z	POSITIVO
	Ponderaciones temporales y frecuenciales a 1 kHz (Apartado 13)	Ponderaciones frecuenciales
	Ponderaciones temporales	POSITIVO
Linealidad de nivel en el margen de nivel de referencia (Apartado 14)		POSITIVO
Linealidad de nivel incluyendo el selector de márgenes de nivel (Apartado 15)		POSITIVO
Respuesta a tren de ondas (Apartado 16)	Ponderación temporal Fast	POSITIVO
	Ponderación temporal Slow	POSITIVO
	Nivel promediado en el tiempo	POSITIVO
Nivel de sonido con ponderación C de pico (Apartado 17)		POSITIVO
Indicación de sobrecarga (Apartado 18)		POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metroológica aplicada
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metroológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

▪ **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:**

Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de Laboratorios nacionales acreditados por el INN o por Laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Generador Multifrecuencia	BRUEL & KJAER	4226	2692339	20LAC20652F01	LACAINAC
Modulo de presion Barometrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	09040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FHA646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile

Marathon 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile.

Tel: (56 – 2) 2575 55 61.

www.ispch.cl

Código: SON20210136

Página 3 de 7 páginas

INDICACIÓN A LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Ajustado	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.01	1000	0	0.0	NO	94.07	94.01	0.06	0.20	1.1	-1.1

RUIDO INTRÍNSECO

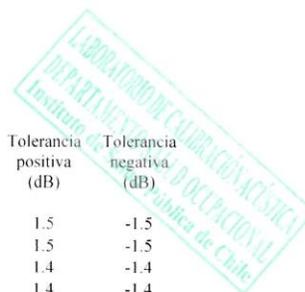
Dispositivo de Entrada Eléctrica

Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	U (dB)	Especificación Fabricante (dB)
A	17.90	0.058	18.00
C	16.70	0.058	17.00
Z	20.40	0.058	21.00

PONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.05	63	-0.8	0	93.37	93.36	0.01	0.23	1.5	-1.5
94.02	125	-0.2	0	94.02	93.93	0.09	0.28	1.5	-1.5
93.99	250	0	0	94.12	94.10	0.02	0.28	1.4	-1.4
93.98	500	0	0.0	94.12	94.09	0.03	0.28	1.4	-1.4
94.01	1000	0	0.0	94.12	-	-	-	-	-
93.99	2000	-0.2	0.3	93.87	93.60	0.27	0.23	1.6	-1.6
93.93	4000	-0.8	0.7	92.97	92.54	0.43	0.23	1.6	-1.6
94.08	8000	-3	2.6	87.92	88.59	-0.67	0.28	2.1	-3.1
94.11	12500	-6.2	6	80.87	82.02	-1.15	0.40	3	-6



Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 4 de 7 páginas

PONDERACIÓN FRECUENCIAL

Ponderación Frecuencial A

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
101.20	63	-26.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
91.10	125	-16.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
83.60	250	-8.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
78.20	500	-3.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
73.80	2000	1.2	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
74.00	4000	1	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
76.10	8000	-1.1	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
81.60	16000	-6.6	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.80	63	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.20	125	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.20	2000	-0.2	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.80	4000	-0.8	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
78.00	8000	-3	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
83.50	16000	-8.5	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial Z

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
75.00	63	0	0	74.90	75.00	-0.10	0.18	1.5	-1.5
75.00	125	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
75.00	250	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	500	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
75.00	1000	0	0	75.00	-	-	-	-	-
75.00	2000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	4000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
75.00	8000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
75.00	16000	0	0	75.00	75.00	0.00	0.18	3.5	-17

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136
Página 5 de 7 páginas

LINEALIDAD

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
126.10	8000	125.00	125.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
125.10	8000	124.00	124.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
124.10	8000	123.00	123.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
123.10	8000	122.00	122.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
122.10	8000	121.00	121.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
121.10	8000	120.00	120.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
120.10	8000	119.00	119.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
119.10	8000	118.00	118.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
118.10	8000	117.00	117.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
117.10	8000	116.00	116.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
116.10	8000	115.00	115.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
115.10	8000	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
110.10	8000	109.00	109.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
105.10	8000	104.00	104.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
100.10	8000	99.00	99.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.10	8000	94.00	-	-	-	-	-
90.10	8000	89.00	89.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
85.10	8000	84.00	84.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
80.10	8000	79.00	79.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
75.10	8000	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
70.10	8000	69.00	69.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
65.10	8000	64.00	64.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
60.10	8000	59.00	59.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
55.10	8000	54.00	54.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
50.10	8000	49.00	49.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
45.10	8000	44.00	44.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
40.10	8000	39.10	39.00	0.10	0.14	1.1	-1.1
35.10	8000	34.20	34.00	0.20	0.14	1.1	-1.1
30.10	8000	29.40	29.00	0.40	0.14	1.1	-1.1
29.10	8000	UNDER-RANGE	28.00	-	-	1.1	-1.1

LINEALIDAD SELECTOR MARGENES DE NIVEL

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Rango	Rango (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	Ref	20 - 120	94.00	-	-	-	-	-
74.00	1000	R1	0 - 100	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.00	1000	R1	0 - 100	95.00	95.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
114.00	1000	R2	40 - 140	114.00	114.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
135.00	1000	R2	40 - 140	135.00	135.00	0.00	0.14	1.1	-1.1

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrología aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa

Código: SON20210136
Página 6 de 7 páginas

DIFERENCIA DE INDICACIÓN

Ponderaciones Temporales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Temporal	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	NPS Fast	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	NPS Slow	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3
94.00	1000	Leq	94.00	94.00	0.00	0.082	0.3	-0.3

Ponderaciones Frecuenciales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
94.00	1000	A	94.00	-	-	-	-	-
94.00	1000	C	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
94.00	1000	Z	94.00	94.00	0.00	0.082	0.4	-0.4

RESPUESTA A TREN DE ONDAS

Ponderación temporal Fast

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	0.125	115.90	116.02	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	0.125	98.90	99.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	0.125	89.80	90.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Ponderación temporal Slow

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t_exp (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	1	109.50	109.58	-0.08	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	1	89.90	90.01	-0.11	0.082	1.3	-3.3

Nivel promediado en el tiempo

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
116.00	4000.00	-	117.00	-	-	-	-	-
116.00	4000.00	200	109.89	110.01	-0.12	0.082	0.8	-0.8
116.00	4000.00	2	89.92	90.01	-0.09	0.082	1.3	-1.8
116.00	4000.00	0.25	80.82	80.98	-0.16	0.082	1.3	-3.3

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Código: SON20210136

Página 7 de 7 páginas

NIVEL DE SONIDO CON PONDERACIÓN C DE PICO

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Número de Ciclos	Lcpeak-Lc	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	8000	-	-	126.90	-	-	-	-	-
127.00	500	-	-	127.00	-	-	-	-	-
130.00	8000	Uno	3.4	129.60	130.30	-0.70	0.082	2.4	-2.4
127.00	500	Semiciclo positivo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4
127.00	500	Semiciclo negativo	2.4	129.20	129.40	-0.20	0.082	1.4	-1.4

INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Margen Superior (dB)	Frecuencia (Hz)	Señal de Entrada	Nivel Sobrecarga (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
140	4000	Semiciclo positivo	141.20	-	-	-	-	-
140	4000	Semiciclo negativo	141.20	141.20	0.00	0.14	1.8	-1.8

Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.2 Anexo – Certificado de Calibración Calibrador Larson Davis



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20210122
LCA – Laboratorio de Calibración Acústica.

Página 1 de 1 páginas (más un anexo de 2 hojas)

DATOS DEL CALIBRADOR

FABRICANTE CALIBRADOR : LARSON DAVIS
MODELO : CAL200
NÚMERO DE SERIE : 11831

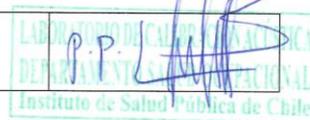
DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : CONTADOR Y CAMPOS INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN : ITALIA N°01133, LA CISTERNA, SANTIAGO, REGIÓN METROPOLITANA.

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN : 01/12/2021
FECHA CALIBRACIÓN : 06/12/2021
FECHA EMISIÓN INFORME : 06/12/2021

Juan Carlos Valenzuela Illanes
Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo

Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathón 1000 – Nuñoa – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 1 de 2 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 21,6 °C H.R. = 44,9 % P = 94,7 kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME 512 03 002 Calibración de Calibradores Acústicos Según Norma Técnica UNE-EN 60942:2005.
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 1.
- **INCERTIDUMBRE:**
La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.
- **RESUMEN DE RESULTADOS:**

Apartados de la especificación metrológica Norma UNE-EN 60942:2005	Prueba	Resultado
Niveles de presión acústica (Apartados 5.2.2 y 5.2.3 – Tabla 1)	Valor nominal	POSITIVO
	Estabilidad	POSITIVO
Distorsión total (Apartado 5.5 – Tabla 6)		POSITIVO
Frecuencia (Apartado 5.3.2 – Tabla 3)	Valor nominal	POSITIVO

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **NEGATIVO** significa que el instrumento no cumple con la especificación metrológica aplicada.
- Resultado **N/A** significa que el ensayo no es aplicable al instrumento.

- **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN**
Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de laboratorios nacionales acreditados por el INN o por laboratorios internacionales acreditados.

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	20-JG-CA-06800	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	1247199	00294 LCPN ME 2021-04	UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	9040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FH A646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK2100129	BRUEL&KJAER

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile
Marathon 1000 – Nuiña – Santiago – Chile
Tel.: (56 – 2) 2575 55 61.
www.ispch.cl



Anexo Certificado de Calibración
Código: CAL20210122
Página 2 de 2 páginas

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Valor nominal del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia Positiva (dB)	Tolerancia Negativa (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	94.00	0.00	0.40	-0.40	± 0.14
114.00	1000.00	113.99	-0.01	0.40	-0.40	± 0.14

Estabilidad del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058
114.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.10	± 0.0058

DISTORSIÓN

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Leída (%)	Distorsión Esperada (%)	Desviación (%)	Tolerancia (%)	Incertidumbre (%)
94.00	1000.00	0.378	0.000	0.378	3.000	± 0.10
114.00	1000.00	0.449	0.000	0.449	3.000	± 0.12

FRECUENCIA

Valor nominal de la Frecuencia

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Frecuencia Exacta (Hz)	Frecuencia Leída (Hz)	Desviación (Hz)	Tolerancia Positiva (Hz)	Tolerancia Negativa (Hz)	Incertidumbre (Hz)
94.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50
114.00	1000.00	1000.00	1000.22	0.22	10.00	-10.00	± 0.50

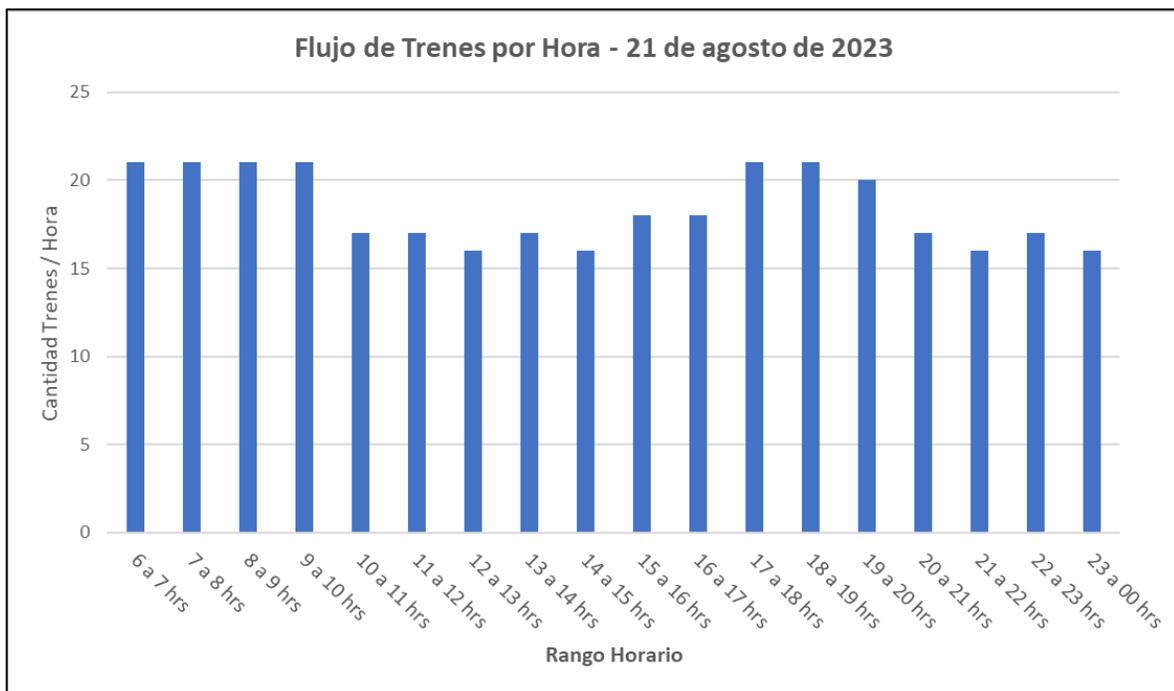
Si a la izquierda de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metroológica aplicada. Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

11.3 Anexo – Registro Circulación Trenes Línea 3 Tramo Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (PZE)

El presente anexo da cuenta de información referente a las circulaciones de trenes los días 21 y 22 de agosto de 2023, en los cuales se realizaron las mediciones solicitadas en edificaciones del tramo PZE-FCV de Línea 3.

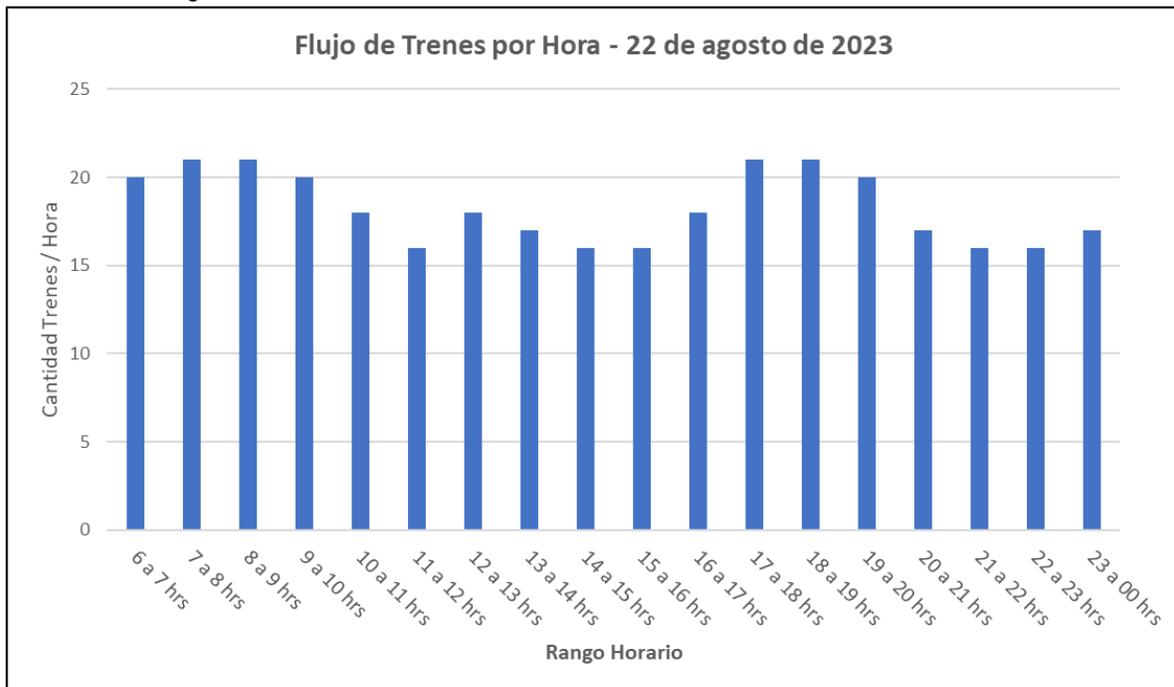
Se presenta un resumen diario, así como el detalle horario de todas las circulaciones que se efectuaron los días indicados, separando esta por vía 1 (desde PZE hacia FCV) y por vía 2 (desde FCV hacia PZE).

- 21 de agosto de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
6 a 7 hrs	21
7 a 8 hrs	21
8 a 9 hrs	21
9 a 10 hrs	21
10 a 11 hrs	17
11 a 12 hrs	17
12 a 13 hrs	16
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	16
15 a 16 hrs	18
16 a 17 hrs	18
17 a 18 hrs	21
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	20
20 a 21 hrs	17
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	17
23 a 00 hrs	16

- 22 de agosto de 2023



Tramo Horario	Cantidad Trenes / Hora
6 a 7 hrs	20
7 a 8 hrs	21
8 a 9 hrs	21
9 a 10 hrs	20
10 a 11 hrs	18
11 a 12 hrs	16
12 a 13 hrs	18
13 a 14 hrs	17
14 a 15 hrs	16
15 a 16 hrs	16
16 a 17 hrs	18
17 a 18 hrs	21
18 a 19 hrs	21
19 a 20 hrs	20
20 a 21 hrs	17
21 a 22 hrs	16
22 a 23 hrs	16
23 a 00 hrs	17

- Detalle del total de circulaciones 21 y 22 de agosto de 2023.

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
6:00:21	6:03:56	6:00:09	6:05:14
6:06:19	6:09:26	6:03:14	6:18:00
6:11:48	6:18:00	6:08:38	6:26:34
6:14:56	6:27:03	6:14:05	6:35:08
6:20:22	6:35:24	6:20:23	6:43:41
6:24:21	6:43:42	6:22:59	6:52:16
6:29:01	6:52:16	6:28:57	7:00:49
6:32:32	7:00:50	6:31:53	7:09:23
6:37:29	7:09:24	6:37:30	7:17:58
6:40:53	7:17:58	6:40:43	7:26:32
6:46:03	7:26:31	6:46:03	7:35:05
6:49:19	7:35:06	6:49:19	7:43:39
6:54:37	7:43:40	6:54:37	7:52:13
6:57:56	7:52:14	6:57:57	8:00:48
7:03:12	8:00:48	7:03:13	8:09:21
7:06:31	8:09:38	7:06:33	8:17:56
7:11:46	8:17:55	7:11:44	8:27:55
7:14:57	8:26:46	7:14:57	8:35:04
7:20:20	8:35:04	7:20:19	8:43:39
7:23:41	8:44:18	7:23:37	8:53:30
7:28:52	8:52:12	7:28:54	9:01:29
7:32:21	9:00:45	7:32:11	9:09:20
7:37:26	9:09:57	7:37:28	9:17:54
7:40:46	9:17:54	7:40:43	9:26:28
7:46:03	9:26:28	7:46:02	9:35:51
7:49:29	9:35:01	7:49:23	9:43:35
7:54:35	9:43:36	7:54:36	9:52:09
7:58:01	9:52:10	7:57:54	10:05:28
8:03:10	10:03:53	8:03:10	10:14:14
8:06:51	10:13:58	8:06:24	10:25:15
8:11:44	10:25:24	8:11:43	10:36:10
8:15:01	10:35:46	8:15:17	10:47:47
8:20:43	10:46:57	8:22:27	10:57:33

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
8:23:48	10:57:34	8:25:19	11:08:27
8:28:51	11:08:28	8:29:54	11:19:21
8:32:15	11:19:21	8:32:08	11:30:25
8:37:26	11:30:27	8:37:25	11:41:09
8:41:36	11:41:10	8:40:41	11:52:04
8:46:14	11:52:04	8:45:59	12:02:57
8:49:29	12:02:58	8:50:53	12:13:52
8:54:33	12:14:02	8:55:29	12:24:45
8:57:52	12:24:46	8:58:52	12:35:40
9:03:07	12:35:40	9:03:25	12:46:34
9:07:14	12:46:34	9:06:20	12:51:35
9:11:54	12:57:27	9:11:40	12:57:27
9:14:59	13:09:45	9:14:52	13:08:21
9:20:16	13:19:15	9:20:16	13:19:16
9:23:33	13:30:09	9:23:31	13:30:10
9:28:49	13:41:04	9:28:49	13:41:04
9:32:12	13:51:57	9:33:14	13:51:22
9:37:23	14:02:51	9:37:46	14:02:52
9:40:43	14:13:45	9:40:40	14:13:45
9:45:58	14:24:39	9:45:57	14:24:40
9:49:24	14:35:33	9:49:10	14:35:33
9:54:16	14:46:28	9:55:42	14:46:28
9:57:34	14:57:21	10:02:51	14:57:22
10:01:11	15:08:15	10:07:25	15:10:01
10:06:35	15:19:10	10:11:21	15:19:19
10:11:05	15:30:03	10:17:29	15:30:04
10:17:29	15:40:58	10:19:35	15:40:58
10:22:42	15:49:10	10:22:38	15:51:51
10:28:24	15:54:07	10:28:24	16:02:45
10:32:39	16:02:45	10:33:33	16:13:40
10:39:17	16:13:40	10:39:34	16:27:32
10:44:16	16:24:33	10:45:09	16:35:27
10:50:11	16:35:27	10:50:12	16:45:12
10:54:39	16:45:28	10:54:50	16:53:46
11:01:05	16:53:45	11:01:05	17:02:19

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
11:05:23	17:02:35	11:05:34	17:10:53
11:11:58	17:10:53	11:11:59	17:19:44
11:16:27	17:19:52	11:16:29	17:28:02
11:22:55	17:28:02	11:22:53	17:36:36
11:27:15	17:36:52	11:27:25	17:45:10
11:33:47	17:45:10	11:33:48	17:53:44
11:38:16	17:53:44	11:38:18	18:02:17
11:44:41	18:02:18	11:44:41	18:10:52
11:49:13	18:10:52	11:49:10	18:19:42
11:55:34	18:19:25	11:55:34	18:28:16
11:59:56	18:27:59	12:00:02	18:36:27
12:06:28	18:36:34	12:06:28	18:45:07
12:11:00	18:45:08	12:10:51	18:53:42
12:17:23	18:53:58	12:17:25	19:02:15
12:21:50	19:02:32	12:21:51	19:10:50
12:28:16	19:11:06	12:28:17	19:19:24
12:32:41	19:21:02	12:32:54	19:27:57
12:39:10	19:28:14	12:39:11	19:36:32
12:43:44	19:36:48	12:43:43	19:45:05
12:50:05	19:45:21	12:49:05	19:53:39
12:54:22	19:53:56	12:54:33	20:05:31
13:00:58	20:04:50	13:01:00	20:15:28
13:05:25	20:15:44	13:05:32	20:26:51
13:11:52	20:26:38	13:11:54	20:37:16
13:16:27	20:37:16	13:16:25	20:48:34
13:22:47	20:49:45	13:22:46	20:59:04
13:27:22	20:59:03	13:27:19	21:09:58
13:33:42	21:10:14	13:33:40	21:20:51
13:38:04	21:21:08	13:38:17	21:32:43
13:44:37	21:31:46	13:44:36	21:43:55
13:49:05	21:42:56	13:49:02	21:54:23
13:55:28	21:53:34	13:55:29	22:04:28
13:59:46	22:04:28	13:59:58	22:15:21
14:06:24	22:15:22	14:06:22	22:26:16
14:10:50	22:26:16	14:10:53	22:37:26

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
14:17:18	22:37:10	14:17:18	22:48:46
14:21:44	22:51:00	14:21:50	23:00:11
14:28:12	22:58:32	14:28:11	23:05:39
14:32:35	23:05:09	14:32:35	23:11:34
14:39:05	23:10:41	14:39:08	23:16:44
14:43:27	23:16:21	14:43:33	23:22:12
14:49:58	23:22:09	14:50:00	23:27:37
14:54:31	23:27:59	14:54:22	23:33:04
15:00:53	23:32:32	15:00:54	23:38:33
15:05:15	23:37:39	15:07:25	23:50:02
15:11:47	23:41:56	15:13:30	
15:16:18		15:22:41	
15:22:41		15:27:03	
15:27:01		15:33:35	
15:33:35		15:38:13	
15:37:57		15:44:30	
15:44:29		15:49:06	
15:51:25		15:55:23	
15:56:04		15:59:57	
15:59:58		16:06:20	
16:06:17		16:10:50	
16:10:42		16:17:13	
16:17:13		16:24:55	
16:21:47		16:29:30	
16:28:05		16:32:40	
16:32:27		16:38:58	
16:39:00		16:42:32	
16:42:31		16:47:33	
16:47:33		16:51:05	
16:50:55		16:56:06	
16:56:07		16:59:27	
16:59:44		17:04:42	
17:04:42		17:07:59	
17:07:54		17:13:17	
17:13:15		17:17:03	

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
17:17:10		17:21:48	
17:21:51		17:25:03	
17:25:13		17:30:24	
17:30:23		17:33:38	
17:34:10		17:38:57	
17:38:57		17:42:27	
17:42:17		17:47:30	
17:47:33		17:50:48	
17:50:52		17:56:05	
17:56:05		17:59:29	
17:59:29		18:04:40	
18:04:39		18:07:58	
18:07:57		18:13:13	
18:13:14		18:16:55	
18:16:39		18:21:47	
18:21:47		18:25:27	
18:25:17		18:30:21	
18:30:21		18:33:41	
18:33:47		18:38:54	
18:38:56		18:42:16	
18:42:14		18:47:30	
18:47:29		18:50:46	
18:51:08		18:56:03	
18:56:03		18:59:26	
18:59:39		19:04:37	
19:04:37		19:08:06	
19:08:12		19:13:11	
19:13:11		19:16:35	
19:18:21		19:21:45	
19:22:59		19:25:00	
19:25:31		19:30:19	
19:30:19		19:33:34	
19:33:54		19:38:53	
19:38:52		19:42:26	
19:42:30		19:47:27	

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
19:47:27		19:50:45	
19:51:09		19:57:10	
19:57:12		20:02:55	
20:01:53		20:08:06	
20:08:06		20:12:34	
20:12:56		20:18:58	
20:18:59		20:24:15	
20:23:50		20:29:52	
20:29:54		20:34:21	
20:34:31		20:40:47	
20:40:46		20:45:58	
20:47:09		20:51:41	
20:51:43		20:56:04	
20:56:12		21:02:35	
21:02:36		21:07:08	
21:07:16		21:13:30	
21:13:30		21:18:00	
21:18:13		21:24:22	
21:25:04		21:30:06	
21:29:01		21:35:51	
21:35:17		21:41:17	
21:40:03		21:47:38	
21:46:11		21:51:47	
21:50:41		21:57:05	
21:57:05		22:01:26	
22:01:22		22:07:59	
22:08:00		22:12:35	
22:12:29		22:18:52	
22:18:53		22:23:18	
22:23:20		22:29:47	
22:29:46		22:34:40	
22:34:04		22:40:41	
22:40:40		22:45:27	
22:45:11		22:52:06	
22:53:32		22:57:32	

lunes, 21 de agosto de 2023		martes, 22 de agosto de 2023	
Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)	Hora Salida Vía 1 (hacia FCV)	Hora Salida Vía 2 (hacia PZE)
22:55:56		23:02:28	
23:01:55		23:08:57	
23:07:39		23:14:07	
23:13:20		23:19:35	
23:19:07		23:25:00	
23:24:58		23:30:28	
23:29:30		23:35:57	
23:34:36		23:41:22	
23:38:25			

12 EQUIPO DE TRABAJO

Aldo Campos Pérez – Ing. en Control de Vibración y Ruido (U. Austral de Chile); Mg. Ing. Estructural y Geotecnia (P.U.C.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.
- Validación de documento.

Francisco Gutiérrez Alvarado – Ing. en Sonido y Acústica (U.D.L.A.):

- Mediciones en Terreno.
- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Edgar Céspedes Silva – Ing. en Sonido (A.I.E.P.):

- Análisis y procesamiento de datos.
- Evaluación normativa.

Rodrigo Contador Villagra – Instalador Eléctrico Clase D (Fundación Cades):

- Asistente en Terreno.