

ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO

MODERNIZACIÓN ESTADIO SAN CARLOS DE APOQUINDO

REGIÓN METROPOLITANA

PREPARADO PARA:



PROYECTO N° 4778					
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN
A	26.11.2020	Elaboración inicial	MJS - PPS		
B	27.11.2020	Observaciones mandante	BMM - PPS		
C	01.12.2020	Observaciones mandante	BMM - PPS		
D	02.12.2020	Observaciones mandante	BMM - PPS		
E	20.04.2021	Observaciones ICSARA	BMM – FML - JSC	MGD	

SANTIAGO, ABRIL DE 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	5
2	Objetivos	5
2.1	Objetivo general.....	5
2.2	Objetivos específicos.....	5
3	Normativas y guías de referencia.....	6
3.1	Decreto Supremo N° 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente (D.S. N° 38/11 del MMA).....	6
3.1	FTA - Tránsito vehicular	7
3.2	FTA - Vibraciones.....	10
4	Área de estudio y puntos de medición.....	11
4.1	Área de influencia	11
4.2	Puntos de medición y evaluación	14
4.3	Máximos permitidos y de referencia	17
4.3.1	Receptores Humanos - D. S. N° 38/2011 del MMA.....	17
4.3.2	Flujo vehicular, según FTA.....	18
5	Metodología.....	19
5.1	Metodología de modelación.....	19
5.2	Proyección de vibraciones.....	20
6	Datos de entrada al modelo predictivo	23
6.1	Fase de construcción.....	23
6.2	Fase de operación	28
6.2.1	Partido de Fútbol.....	28
6.2.1.1	Público	28
6.2.1.2	Jugadores en cancha	31
6.2.2	Concierto.....	31
6.2.3	Eventos en salones.....	32
6.2.4	Flujo vehicular de operación	34
7	Resultados y evaluación.....	36
7.1	Fase construcción.....	36
7.1.1	Ruido por maquinaria. Construcción	36

7.1.2	Ruido por flujo vehicular, según FTA. Construcción	38
7.1.3	Ruido por maquinaria. Ensanchamiento de calle	40
7.2	Fase operación	42
7.2.1	Ruido operación	42
7.2.1.1	Partido de Futbol	42
7.2.1.2	Concierto	44
7.2.1.3	Eventos en salones	47
7.2.2	Ruido por flujo vehicular, según FTA. Operación	48
7.3	Vibraciones	51
8	Medidas de control	52
8.1	Medidas de control de ruido para construcción	52
8.2	Medidas de control de ruido para vibraciones	55
9	Resultados y evaluación con medidas de control	56
9.1	Fase de construcción	56
9.2	Proyección de vibraciones	59
10	Conclusiones	60
11	Bibliografía	61
12	Profesionales participantes	61
13	Glosario	61
ANEXO I	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Criterio de impacto de ruido (<i>Noise Impact Criteria</i>) según FTA	7
Ilustración 2: Tipo de impacto del proyecto según incremento de los niveles y ruido existente.	8
Ilustración 3: Área de Influencia	13
Ilustración 4: Ubicación de los puntos de medición, receptores humanos. Vista general	14
Ilustración 5: Ubicación de punto de medición y límite predial. Escuela italiana – Puntos R5, R5', R5''	16
Ilustración 6: Ubicación de punto de medición y límite predial. Colegio Cumbres – Punto R7	17
Ilustración 7: Ejemplo de situación más desfavorable de propagación de vibraciones según distancia entre maquinaria y receptor	23
Ilustración 8: Distribución de maquinaria. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 1	27
Ilustración 9: Distribución de maquinaria. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2	28
Ilustración 10: Simulación en software Insul de termo panel normal	34
Ilustración 11: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción	36
Ilustración 12: Mapa de propagación sonora construcción. Flujo vehicular	38
Ilustración 13: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 1	40
Ilustración 14: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2	41
Ilustración 15: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, partido de futbol	43
Ilustración 16: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, concierto.	45

Ilustración 17: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, eventos en salones.....	47
Ilustración 18: Mapa de propagación sonora. Flujo vehicular.....	49
Ilustración 19: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle y mitigación. Escenario 1.....	57
Ilustración 20: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle y mitigación. Escenario 2.....	58
Ilustración 21: Medición de NPS a minicargador en operación.....	65
Ilustración 22: Lw Motoniveladora.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de tipos de zonas según el D.S. N° 38/2011 MMA.....	6
Tabla 2: Máximos permisibles NPC según el D.S. N° 38/2011 del MMA.....	6
Tabla 3: Categorías definidas por la FTA según uso de suelo.....	8
Tabla 4: Nivel de exposición de proyecto, $L_{eq(h)}$ o L_{DN} en [dBA].....	9
Tabla 5: Criterio de molestia según nivel de impacto de vibraciones. Extracto FTA.....	10
Tabla 6: Criterio de daño a edificaciones. Extracto FTA.....	11
Tabla 7: Ubicación y descripción de receptores.....	14
Tabla 8: Ubicación y descripción de receptores adicionales ICSARA. Fase construcción, ensanchamiento de calle.....	15
Tabla 9: Niveles máximos permisibles de NPC, según el D.S. N° 38/2011 del MMA.....	17
Tabla 10: Niveles máximos permisibles de NPC, según el D.S. N° 38/2011 del MMA. Receptores adicionales ICSARA abril 2021.....	18
Tabla 11: Niveles máximos permitidos de LDN, según FTA. Flujo vehicular.....	18
Tabla 12: Resumen de entradas y salidas en el proceso de cálculo del modelo SoundPLAN.....	19
Tabla 13: Indicadores de vibración de distintas maquinarias, medidos a 25 [ft] de distancia.....	21
Tabla 14: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Asfaltado Calle.....	24
Tabla 15: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Auxiliar en terreno.....	24
Tabla 16: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Carga de combustible.....	24
Tabla 17: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Demolición.....	24
Tabla 18: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Excavación.....	25
Tabla 19: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Hormigón in situ.....	25
Tabla 20: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Humectación de terreno.....	25
Tabla 21: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Iluminación nocturna.....	25
Tabla 22: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Reubicación relleno.....	25
Tabla 23: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Ensanchamiento de calle.....	26
Tabla 24: Potencias acústicas por m ² de público.....	29
Tabla 25: Potencias acústicas por m ² de jugadores en cancha.....	31
Tabla 26: Potencias acústicas de sistema de altavoces <i>Line Array</i>	32
Tabla 27: Índice de directividad altavoces <i>Line Array</i>	32
Tabla 28: Nivel L_i (interior) de salones de eventos.....	32
Tabla 29: Flujo vehicular operación.....	34
Tabla 30: Flujo vehicular considerado en operación.....	35
Tabla 31: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción.....	36
Tabla 32: Evaluación de ruido de flujo vehicular (LDN) según norma FTA.....	39
Tabla 33: Evaluación preliminar de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 1.....	41
Tabla 34: Evaluación preliminar de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2.....	42
Tabla 35: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, partido de futbol.....	43
Tabla 36: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, concierto.....	45
Tabla 37: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, eventos en salones.....	47
Tabla 38: Evaluación de ruido de flujo vehicular (LDN) según norma FTA. Operación.....	49
Tabla 39: Nivel de vibración proyectado para la fase de construcción.....	51
Tabla 40: Características barreras acústicas propuesta para la fase de construcción.....	52
Tabla 41: Datos de entrada proyección de nivel de vibración rodillo vibratorio.....	55
Tabla 42: Valores PPV Proyectados y Evaluación de Cumplimiento. Criterio de Molestia FTA – Rodillo vibratorio*.....	56
Tabla 43: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción.....	56
Tabla 44: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción. Ensanchamiento de calle. Escenario 1.....	57
Tabla 45: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción. Ensanchamiento de calle. Escenario 2.....	58
Tabla 46: Valores PPV Proyectados y Evaluación de Cumplimiento. Criterio de Molestia FTA – Rodillo vibratorio*.....	59

Tabla 47: Niveles de presión sonora. minicargador en operación.....	65
Tabla 48: Niveles de potencia acústica, minicargador en operación.....	65
Tabla 49: Ficha resumen de obtención de nivel de potencia acústica a partir de medición de nivel de presión sonora. Motoniveladora.....	67
Tabla 50: Niveles de potencia acústica, Motoniveladora en operación.....	68

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento, elaborado por Gerard Ingeniería Acústica SpA., corresponde al estudio de impacto acústico del proyecto “Modernización Estadio San Carlos De Apoquindo”, (en adelante, proyecto), el cual se ubicará en las comunas de Las Condes, Región Metropolitana.

La operación del Proyecto conlleva actividades emisoras de ruido que eventualmente podrían generar impacto acústico y/o vibratorio en los receptores cercanos a su emplazamiento. En relación a lo anterior, se identificaron sectores habitados que podrían verse afectados por un aumento en el nivel de ruido y vibraciones.

El estudio consistió en la estimación de niveles de ruido utilizando un modelo predictivo asistido por el software de modelación SoundPLAN, con el cual se caracterizó físicamente la Planta actual, las inmediaciones del Proyecto, su entorno inmediato y las fuentes de ruido involucradas.

Las proyecciones obtenidas a partir de las modelaciones del ruido de maquinarias e instalaciones para cada punto de evaluación se compararon con los niveles máximos permitidos por el D.S. 38/2011 del MMA, de manera de verificar el cumplimiento del mismo.

Por su parte, los niveles de vibraciones obtenidos se compararon con los máximos de referencia indicados en la Norma americana de la U.S. Federal Transit Administration (FTA) Report N°0123, “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*”, la cual establece límites de inmisión para diferentes usos de suelo o grados de sensibilidad.

En la presente versión RevE se presentan los adicionales solicitados por la Autoridad en fase ICSARA del Proyecto de abril 2021.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el eventual impacto acústico y vibratorio que generará el Proyecto en los receptores cercanos a su emplazamiento, lo anterior de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos en la normativa nacional vigente o en ausencia de esta en la normativa de referencia aplicable.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar proyecciones de ruido y vibraciones en los receptores identificados como receptores con potencial riesgo de ser afectados dentro del área de influencia del Proyecto.
- Establecer los valores máximos permitidos o de referencia estipulados para cada punto en base a las diferentes directrices utilizadas para la evaluación.

- Verificar que los niveles de ruido y vibraciones estimados para la fase de construcción del proyecto no superen los máximos permitidos o de referencia considerando las normativas aplicables, normas o guías de referencia.
- En el caso de superar los estándares establecidos, proponer las medidas necesarias para el cumplimiento normativo.

3 NORMATIVAS Y GUÍAS DE REFERENCIA

Con la finalidad de evaluar los riesgos generados por actividades generadoras de ruido, y sus posibles efectos adversos, se deberá considerar lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes en Chile y en ausencia de estándar alguna normativa de referencia.

3.1 Decreto Supremo N° 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente (D.S. N° 38/11 del MMA)

El objetivo de esta normativa es proteger la salud de la comunidad mediante el establecimiento de niveles máximos de inmisión de ruido generados por las fuentes emisoras de ruido definidas en su Artículo N°6, punto 13.

Los límites máximos permitidos por la normativa están asociados a la zonificación acorde con el Instrumento de Planificación Territorial (IPT) respectivo. Los tipos de zonas se definen como:

Tabla 1: Descripción de tipos de zonas según el D.S. N° 38/2011 MMA.

Tipo de Zona	Descripción
Zona I	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite exclusivamente uso de suelo Residencial o bien este uso de suelo y alguno de los siguientes usos de suelo: Espacio Público y/o Área Verde.
Zona II	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además los usos de la Zona I, Equipamiento a cualquier escala.
Zona III	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona II, Actividades Productivas y/o de Infraestructura.
Zona IV	Aquella zona definida en el IPT respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite sólo usos de suelo de Actividades Productivas y/o de Infraestructura.
Zona Rural	Aquella ubicada al exterior del límite urbano establecido en el IPT respectivo.

Los Niveles de Presión Sonora Corregidos (NPC) que se obtengan no podrán exceder los valores de la siguiente tabla:

Tabla 2: Máximos permisibles NPC según el D.S. N° 38/2011 del MMA.

Tipo de Zona	NPC Máximo Permitido [dB(A)]	
	Periodo Diurno 7:00 a 21:00 horas	Periodo Nocturno 21:00 a 7:00 horas
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70
Zona Rural	Menor nivel entre el Nivel de Ruido de Fondo +10 [dB] y el NPC máximo permitido para Zona III.	

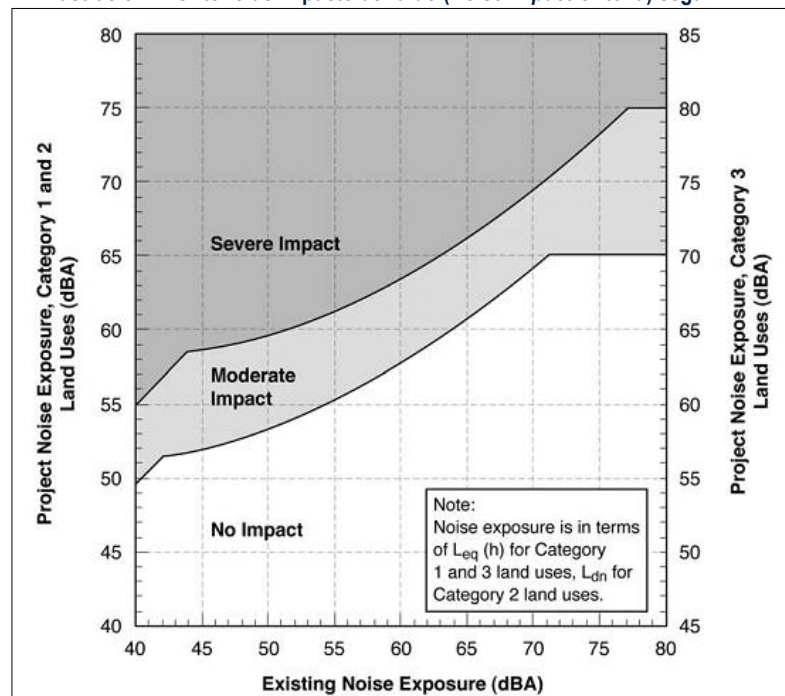
El criterio para zona rural se aplicará en periodo diurno y nocturno de manera independiente.

3.1 FTA - Tránsito vehicular

La Administración Federal de Tránsito de los Estados Unidos (*Federal Transit Administration* o FTA), establece las regulaciones y políticas para el cuidado del medioambiente en cuanto a los posibles impactos que pudiesen causar los sistemas de transporte. Entre dichas regulaciones, se encuentran los niveles máximos de ruido para los distintos medios de transportes, tales como ferrocarriles, buses y automóviles.

En la siguiente ilustración se muestra el criterio de impacto de ruido (*Noise Impact Criteria*) establecido por la FTA, para tres tipos de categorías (1, 2 y 3), y para dos tipos de impactos del proyecto de transportes (moderado y severo),

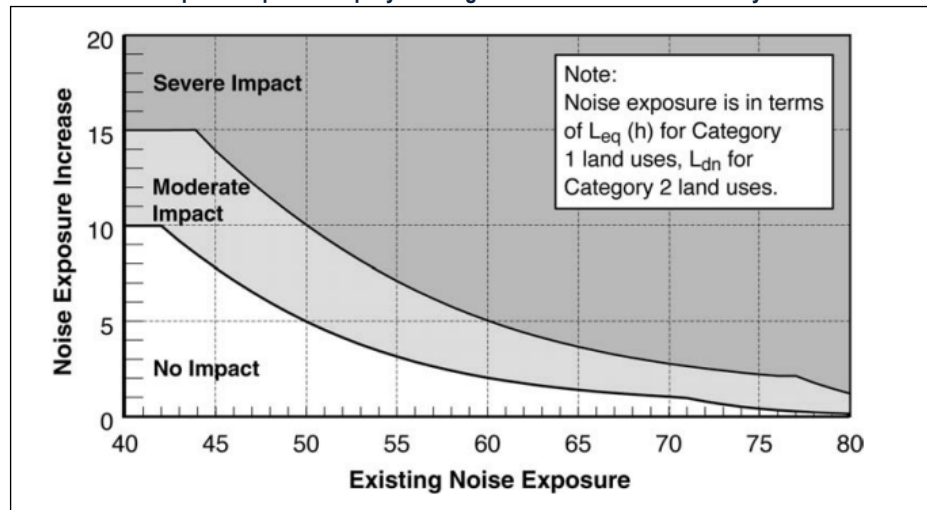
Ilustración 1: Criterio de impacto de ruido (*Noise Impact Criteria*) según FTA.



Fuente: FTA.

Otra forma de visualizar este criterio es analizando los potenciales incrementos de niveles frente al ruido existentes, como lo indica la siguiente figura.

Ilustración 2: Tipo de impacto del proyecto según incremento de los niveles y ruido existente.



Fuente: FTA.

Se observa que, para niveles elevados de ruido de fondo, el incremento permitido en los niveles de ruido por la operación del proyecto es mínimo. En contraste, para sectores donde los niveles de ruido existentes sin proyecto sean bajos, se permite un mayor incremento.

En relación a las categorías, estas se definen según el uso de suelo, el cual se detalla a continuación:

Tabla 3: Categorías definidas por la FTA según uso de suelo.

Categoría según uso de suelo	Unidad de medida, en [dB(A)]	Descripción
1	L_{eq} (h)	Sectores donde bajos niveles de ruido sean indispensables para las actividades a desarrollar. (Teatros, salas de concierto, estudios de grabación, entre otros)
2	L_{DN}	Sectores con construcciones que la gente utiliza normalmente para dormir. (Viviendas, hospitales y hoteles)
3	L_{eq} (h)	Suelo con uso institucional, utilizados principalmente en los períodos de día y tarde. Esta categoría incluye escuelas, bibliotecas e iglesias donde es importante evitar la interferencia con actividades como el habla, meditación y la concentración en la lectura. Edificios donde es importante la tranquilidad en su interior, tales como consultorios médicos, salas de conferencias, estudio de grabación y salas de conciertos. Zonas de meditación o estudio asociados a cementerios, monumentos, museos. Algunos sitios de valor histórico, parques infraestructura de recreación también se incluyen en la categoría.

L_{eq} (h) para la hora más ruidosa, relacionadas con el tránsito durante las horas de sensibilidad al ruido.

Fuente: FTA. Traducción por Control Acústico SpA.

Para calcular los incrementos máximos permitidos para cada caso, se pueden utilizar las ecuaciones definidas por la FTA o valores tabulados mostrados en la misma norma. A continuación, se presenta un extracto de la tabla que permite determinar el nivel criterio (Sin impacto, Impacto moderado e Impacto Severo) respecto a los niveles de exposición existentes. Esta será utilizada para determinar el criterio en cada uno de los receptores seleccionados.

Tabla 4: Nivel de exposición de proyecto, $L_{eq(h)}$ o L_{DN} en [dBA].

Nivel de exposición existente $L_{eq(h)}$ o L_{DN}	Categoría 1 o 2			Categoría 3		
	Sin impacto	Impacto moderado	Impacto Severo	Sin impacto	Impacto moderado	Impacto severo
<43	< Ambiente+10	Ambiente + 10 a 15	> Ambiente+15	< Ambiente+15	Ambiente + 15 a 20	> Ambiente+20
43	<52	52-58	>58	<57	57-63	>63
44	<52	52-58	>58	<57	57-63	>63
45	<52	52-58	>58	<57	57-63	>63
46	<53	53-59	>59	<58	58-64	>64
47	<53	53-59	>59	<58	58-64	>64
48	<53	53-59	>59	<58	58-64	>64
49	<54	54-59	>59	<59	59-64	>64
50	<54	54-59	>59	<59	59-64	>64
51	<54	54-60	>60	<59	59-65	>65
52	<55	55-60	>60	<60	60-65	>65
53	<55	55-60	>60	<60	60-65	>65
54	<55	55-61	>61	<60	60-66	>66
55	<56	56-61	>61	<61	61-66	>66
56	<56	56-62	>62	<61	61-67	>67
57	<57	57-62	>62	<62	62-67	>67
58	<57	57-62	>62	<62	62-67	>67
59	<58	58-63	>63	<63	63-68	>68
60	<58	58-63	>63	<63	63-68	>68
61	<59	59-64	>64	<64	64-69	>69
62	<59	59-64	>64	<64	64-69	>69
63	<60	60-65	>65	<65	65-70	>70
64	<61	61-65	>65	<66	66-70	>70
65	<61	61-66	>66	<66	66-71	>71
66	<62	62-67	>67	<67	67-72	>72
67	<63	63-67	>67	<68	68-72	>72
68	<63	63-68	>68	<68	68-73	>73
69	<64	64-69	>69	<69	69-74	>74
70	<65	65-69	>69	<70	70-74	>74
71	<66	66-70	>70	<71	71-75	>75
72	<66	66-71	>71	<71	71-76	>76
73	<66	66-71	>71	<71	71-76	>76
74	<66	66-72	>72	<71	71-77	>77
75	<66	66-73	>73	<71	71-78	>78
76	<66	66-74	>74	<71	71-79	>79
77	<66	66-74	>74	<71	71-79	>79
>77	<66	66-75	>75	<71	71-80	>80

Fuente: FTA.

3.2 FTA - Vibraciones

Esta normativa, de la FTA de los Estados Unidos, regula los sistemas de transporte y establece un criterio para evaluar los niveles de vibración asociados construcción y al tránsito vehicular, ferroviario superficial o subterráneo. Los indicadores de evaluación utilizados se basan en la velocidad de vibración RMS, la cual ha mostrado una mejor correlación respecto a la sensibilidad de la vibración en el cuerpo humano. Los niveles de velocidad de vibración (L_v) son expresados en unidades de decibeles [dB] referenciados a 1 [$\mu\text{in/s}$]¹ o con una V antepuesta a dB [VdB].

Esta norma identifica dos (2) tipos de impacto por vibración. El primero de ellos hace referencia al criterio de molestia, mientras que el segundo al criterio de daño. El criterio de molestia está relacionado con los niveles de vibración transmitidos por suelo cuya influencia y percepción puedan generar molestia en los humanos influenciados.

Los indicadores de evaluación para el criterio de molestia se presentan en la Tabla 5. Allí se establecen diferentes límites según tipos de usos de suelo, los cuales se clasifican en: altamente sensibles, residencial e institucional. Adicionalmente, el criterio general de FTA considera la cantidad de eventos vibratorios diarios y los clasifica en eventos frecuentes, ocasionales e infrecuentes.

Tabla 5: Criterio de molestia según nivel de impacto de vibraciones. Extracto FTA.

Categoría uso de suelo	Nivel de impacto de vibraciones [L_v] (VdB Ref: 1 [$\mu\text{in/s}$])		
	Eventos frecuentes ^a	Eventos ocasionales ^b	Eventos infrecuentes ^c
Categoría 1: Edificios donde son esenciales bajos ambientes de vibración para operaciones internas (Instrumental hospitalario, laboratorios de investigación, etc.)	65 ^d	65 ^d	65 ^d
Categoría 2: Residencias o edificaciones donde normalmente duerme gente.	72	75	80
Categoría 3: Usos de suelo institucionales prioritariamente diurno (Escuelas, Iglesias, etc)	75	78	83
Notas:			
^a “Eventos frecuentes” se define como los eventos que ocurren más de 70 eventos/día ^b “Eventos ocasionales” se definen entre 30 y 70 eventos/día ^c “Eventos infrecuentes” se definen como eventos con una ocurrencia menor a 30 eventos/día. ^d Este criterio está basado en niveles límites que son aceptables para equipamientos moderadamente sensibles como microscopios ópticos. Edificaciones manufactureras sensibles a la vibración deberán ser evaluadas con un análisis más detallado de niveles. Asegurar bajos niveles de vibraciones dentro de la misma edificación requiere un diseño especial de sistemas de ventilación y extracción.			

Fuente: FTA.

Por su parte, la evaluación de la vibración generada por actividades con maquinaria pesada según el criterio general de daño se detalla en la siguiente tabla:

¹ in: Abreviación de la unidad pulgadas o *inches*.

Tabla 6: Criterio de daño a edificaciones. Extracto FTA.

Categoría de edificación	PPV [in/s]	Lv aproximado [VdB] ^e
I. Concreto reforzado con madera o acero (sin enlucido)	0.5	102
II. Diseño de ingeniería de hormigón y mampostería	0.3	98
III. Madera y mampostería sin diseño de ingeniería	0.2	94
IV. Edificio muy susceptible al daño por vibraciones	0.12	90
^e Velocidad RMS en decibeles [VdB] referencia 1 [µin/s].		

Fuente: FTA.

4 ÁREA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE MEDICIÓN

4.1 Área de influencia

Ruido

El área de influencia se establece en función de la existencia de asentamientos humanos y/o fauna nativa, que potencialmente pueden ser afectados por un aumento en los niveles de presión sonora, de acuerdo a los máximos permitidos establecidos por el D.S N°38/2011 del MMA.

El área considerada se determina realizando un cálculo simple de atenuación sonora debido a divergencia geométrica (propagación por distancia), a partir de un nivel de emisión acústica máximo posible de las actividades con maquinaria pesada que se desarrollará en el Proyecto, representativas de la condición más crítica (mayor emisión de ruido).

Por otro lado, y según lo indicado en la “Guía para la predicción y evaluación de impactos de ruido y vibraciones en el SEIA”, para determinar el área de influencia del Proyecto y su entorno cercano, al emplazarse fuera de los límites urbanos de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial (IPT) aplicables, se consideró el nivel máximo permitido de 45 [dB(A)], correspondiente al máximo permitido en horario nocturno para zona I.

La fórmula de cálculo utilizada viene dada de la siguiente expresión:

$$NPS = NWS - 20\text{Log}(r) - 8 \text{ [dB(A)]} \quad \text{(Ecuación 1)}^2$$

² Samir N.Y Gerges. “Ruido, Fundamentos y Control”

Donde:

NPS: Nivel de presión sonora en dB(A),
NWS: Nivel de potencia sonora en dB(A) y
r: Distancia entre la fuente y el receptor.

Tomando como referencia el nivel *NWS* (o L_w) de la maquina crítica del frente “Asfaltado”, el “Camión Mixer” con un nivel de potencia de 108 [dB(A)], el nivel de 45 [dB(A)] se obtiene como resultado un área de extensión para una distancia fuente-receptor de 560 [m] desde el área del Proyecto, siendo dicha distancia, el radio (*r*) que define el área de influencia para el componente ruido.

Es importante destacar que todos los cálculos determinan la condición más crítica de propagación, no considerando atenuación acústica debido a obstáculos topográficos, ni tampoco absorción de aire y suelo, como también considera la totalidad de la potencia acústica en un punto, lo cual no ocurrirá en la realidad.

Vibraciones

En forma análoga, para la componente vibración se determinó que el área de influencia corresponde a la cual los niveles proyectados se igualan al nivel típico de un área residencial correspondiente a un L_v de 50 [VdB]. Para efectos de proyección se utilizó la expresión matemática que describe la (Ecuación 2), definida por la normativa de referencia antes señalada.

$$L_v(D) = L_v(25 ft) - 30 \cdot \log_{10} \left(\frac{D}{25} \right) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

$L_v(D)$: Es el nivel de velocidad en [VdB] proyectado en el receptor.
 $L_v(25 ft)$: Es el nivel de velocidad de referencia en [VdB] medido a 25 [pies].
D : Distancia (en pies) entre el receptor y la fuente.

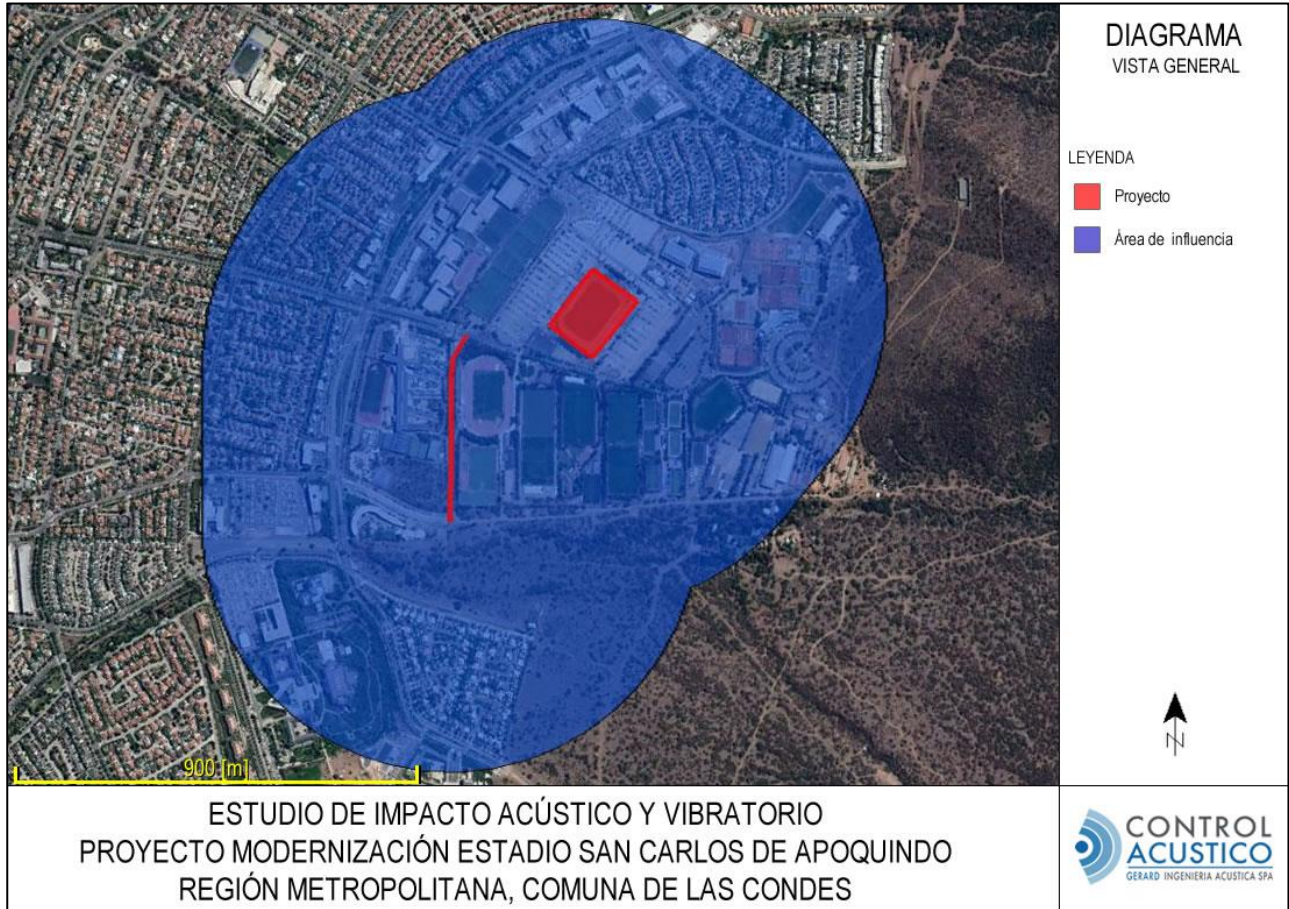
De esta forma, considerando un “Rodillo vibratorio” (94 [VdB] a 25 [ft]³ de distancia), el AI asociada a la componente vibración abarca una extensión de 223 [m] (aproximadamente 696 [ft]) alrededor de las actividades de Proyecto.

A partir de lo anterior, el AI definido para los componentes ruido y vibración queda definida por el mayor de los contornos anteriormente definidos, el cual está dado para ruido, y abarca un radio de 560 [m] alrededor de las actividades de Proyecto.

La siguiente ilustración presenta una gráfica de la extensión del AI antes definida, según los criterios presentados anteriormente:

³ Pie (del inglés *foot*).

Ilustración 3: Área de Influencia.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

4.2 Puntos de medición y evaluación

A continuación, se presenta la ubicación y descripción de los puntos de medición de ruido, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a su cercanía con las futuras fuentes generadoras de ruido del proyecto.

Ilustración 4: Ubicación de los puntos de medición, receptores humanos. Vista general.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 7: Ubicación y descripción de receptores.

Punto	Descripción	Altura receptor [m]	Uso efectivo	Coordenadas UTM	
				Datum WGS 84 Huso 19 H	
				Este	Norte
R1	Vivienda 2 pisos, ubicada en Monseñor Álvaro del Portillo #13117	1.5 – 4.0	Residencial	360177	6303104
R2	Duoc UC, ubicado en Avenida Plaza con Camino Al Alba	1.5 – 9.0	Educacional	359855	6303392
R3	Vivienda 2 pisos, ubicado en Calle Santa Teresita Jornet de Ibars #1496	1.5 – 4.0	Residencial	359794	6303419

Punto	Descripción	Altura receptor [m]	Uso efectivo	Coordenadas UTM	
				Datum WGS 84 Huso 19 H	
				Este	Norte
R4	Edificio 4 pisos, ubicado en Circunvalación Las Flores con Av Plaza	1.5 – 9.0	Residencial	359889	6303753
R5	Escuela Italiana, ubicado en Circunvalación Las Flores #12707	1.5 – 9.0	Educacional	360017	6303760
R6	Edificio 4 pisos, ubicado en Avenida Plaza	1.5 – 9.0	Residencial	359956	6303915
R7	Colegio Cumbres, medición realizada desde predio Estadio San Carlos de Apoquindo	1.5 – 6.5	Educacional	360223	6303914
R8	Universidad del Desarrollo, edificio 4 pisos, Ubicada en Republica de Honduras #12590	1.5 – 9.0	Educacional	360244	6304156
R9	Vivienda 2 pisos, ubicada en calle Cremona #2512	1.5 – 4.0	Residencial	360599	6304022
R10	Vivienda 2 pisos, ubicada en calle Genova #2342	1.5 – 4.0	Residencial	360421	6304110
R11	Vivienda 3 pisos, ubicada en Republica de Hondura #12580	1.5 – 6.5	Residencial	360124	6304196

Para el caso del punto R5, se agregan dos receptores adicionales (R5' y R5''), los cuales tiene por finalidad representar los sectores de salas de clases (R5') y gimnasio (R5''), que potencialmente puedan estar afectador por los componentes ruido y vibraciones.

Por otro lado, la Ilustración 5 e Ilustración 6 corresponden a figuras donde se observa con mayor detalle los receptores Escuela Italiana y Colegio Cumbres, respectivamente. Se identifica punto de medición, límite predial y distancia al Proyecto. De esta forma se da respuesta a observación generada por la Autoridad en fase ICSARA de marzo 2021.

De igual forma, en la Tabla 8 se indican los receptores adicionales considerados en fase ICSARA para dar respuesta a observación sobre trabajos de ensanchamiento de calle General Blanche (Capítulo 7.1.3).

Tabla 8: Ubicación y descripción de receptores adicionales ICSARA. Fase construcción, ensanchamiento de calle.

Punto	Descripción	Altura receptor [m]	Uso efectivo	Coordenadas UTM	
				Datum WGS 84 Huso 19 H	
				Este	Norte
A1	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358729	6302978
A2	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358779	6302991
A3	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358822	6303002
A4	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358852	6303010
A5	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358861	6302952
A6	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358816	6302964
A7	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358768	6302949
A8	Vivienda 1 piso	1.5	Residencial	358736	6302943

Ilustración 5: Ubicación de punto de medición y límite predial. Escuela italiana – Puntos R5, R5', R5''



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Ilustración 6: Ubicación de punto de medición y límite predial. Colegio Cumbres – Punto R7



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

4.3 Máximos permitidos y de referencia

4.3.1 Receptores Humanos - D. S. N° 38/2011 del MMA

En el presente acápite se presentan los límites máximos definidos para todos los receptores, siendo los puntos en que aplica el D.S. 38/2011 del MMA. En la siguiente tabla se entregan los máximos permitidos para cada punto de interés.

Tabla 9: Niveles máximos permisibles de NPC, según el D.S. N° 38/2011 del MMA.

Punto	Zonificación según D.S. N° 38/2011 del MMA	NPC Máximo permitido [dB(A)]	
		Periodo diurno	Periodo nocturno
R1	Zona I	55	45
R2	Zona II	60	45
R3	Zona I	55	45

Punto	Zonificación según D.S. N° 38/2011 del MMA	NPC Máximo permitido [dB(A)]	
		Periodo diurno	Periodo nocturno
R4	Zona I	55	45
R5	Zona II	60	45
R6	Zona I	55	45
R7	Zona II	60	45
R8	Zona II	60	45
R9	Zona I	55	45
R10	Zona I	55	45
R11	Zona I	55	45

Tabla 10: Niveles máximos permisibles de NPC, según el D.S. N° 38/2011 del MMA. Receptores adicionales ICSARA abril 2021.

Punto	Zonificación según D.S. N° 38/2011 del MMA	NPC Máximo permitido [dB(A)]	
		Periodo diurno	Periodo nocturno
A1	Zona II	60	45
A2	Zona II	60	45
A3	Zona II	60	45
A4	Zona II	60	45
A5	Zona II	60	45
A6	Zona II	60	45
A7	Zona II	60	45
A8	Zona II	60	45

4.3.2 Flujo vehicular, según FTA

De acuerdo a lo estipulado en la norma los receptores están dentro de la categoría 2, a continuación los máximos permitidos para cada receptor de acuerdo al registrado medido en terreno.

Tabla 11: Niveles máximos permitidos de LDN, según FTA. Flujo vehicular

Receptor	Leq hora*	LDN**	LDN Máximo permitido. Categoría 2		
			Sin impacto	Impacto moderado	Impacto Severo
R1	54	52	<55	55-60	>60
R2	59	57	<57	57-62	>62
R3	59	57	<57	57-62	>62
R4	64	62	<59	59-64	>64
R5	62	60	<58	58-63	>63
R6	62	60	<58	58-63	>63
R7	45	43	<52	52-58	>58
R8	54	52	<55	55-60	>60
R9	56	54	<55	55-61	>61
R10	59	57	<57	57-62	>62
R11	59	57	<57	57-62	>62

*Valor redondeado al entero más cercano

** Estimación de acuerdo a lo descrito por la guía FTA, para determinar el nivel LDN a partir de mediciones de Leq hora.

5 METODOLOGÍA

5.1 Metodología de modelación

La modelación de ruido se basa en la normativa ISO 9613, que utiliza los principios de atenuación divergente junto a atenuación extra introducida por obstáculos y propagación a través del aire. Las variables de entrada al modelo de ruido son principalmente las potencias sonoras de las fuentes de ruido que contempla el proyecto.

El software de simulación computacional corresponde a SoundPLAN, el cual permite incorporar una serie de variables físicas del medio y características acústicas de las fuentes sonoras.

La temperatura se fijó en 10 [°C] y la humedad relativa del aire en 70[%], constituyendo un escenario desfavorable por la baja atenuación de la propagación de la onda sonora debido a estos efectos meteorológicos. Además, la norma de cálculo utilizada considera siempre la velocidad del viento entre 1 y 5 [m/s]⁴, en dirección desde las fuentes de ruido hacia los receptores, es decir, a favor de la propagación. De acuerdo con lo anterior, el escenario modelado representa una estacionalidad climática crítica.

Tabla 12: Resumen de entradas y salidas en el proceso de cálculo del modelo SoundPLAN.

	Ítem	Descripción	
Entradas (Input)	Topografía	Cotas de terreno	
	Ubicación de fuentes de ruido	Puntos, áreas o líneas de emisión	
	Ubicación de receptores	Puntos de evaluación	
	Obstáculos	Existentes	Cotas de Terreno
		Introducidos	-
Algoritmo de cálculo	ISO 9613, parte 1 y 2		
Salidas (Output)	Niveles de Presión Sonora modelados	Mapas de propagación sonora	
		Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión (Receptores)	

El plano del proyecto (otorgado por el mandante) fue ingresado en el modelo acústico, el cual se ubica sobre un entorno escalado y georreferenciado, de manera que permite exactitud en lo que respecta a distancia y orientación entre las fuentes de ruido y los receptores en estudio.

Por otro lado, para la modelación del flujo vehicular, el cálculo se efectúa de acuerdo al estándar técnico alemán RLS-90, la que se divide en dos partes. La primera de ellas se refiere al descriptor principal de la línea de emisión de una carretera, llamado LME_{25} , y que corresponde al nivel de inmisión producido por una carretera en un punto situado a 25 [m] del eje central y a 4 [m] sobre el nivel del suelo.

La predicción de este descriptor (LME_{25}) utiliza como variables básicas la cantidad de vehículos livianos y pesados, la velocidad de los mismos y el tipo de superficie por el que circulan.

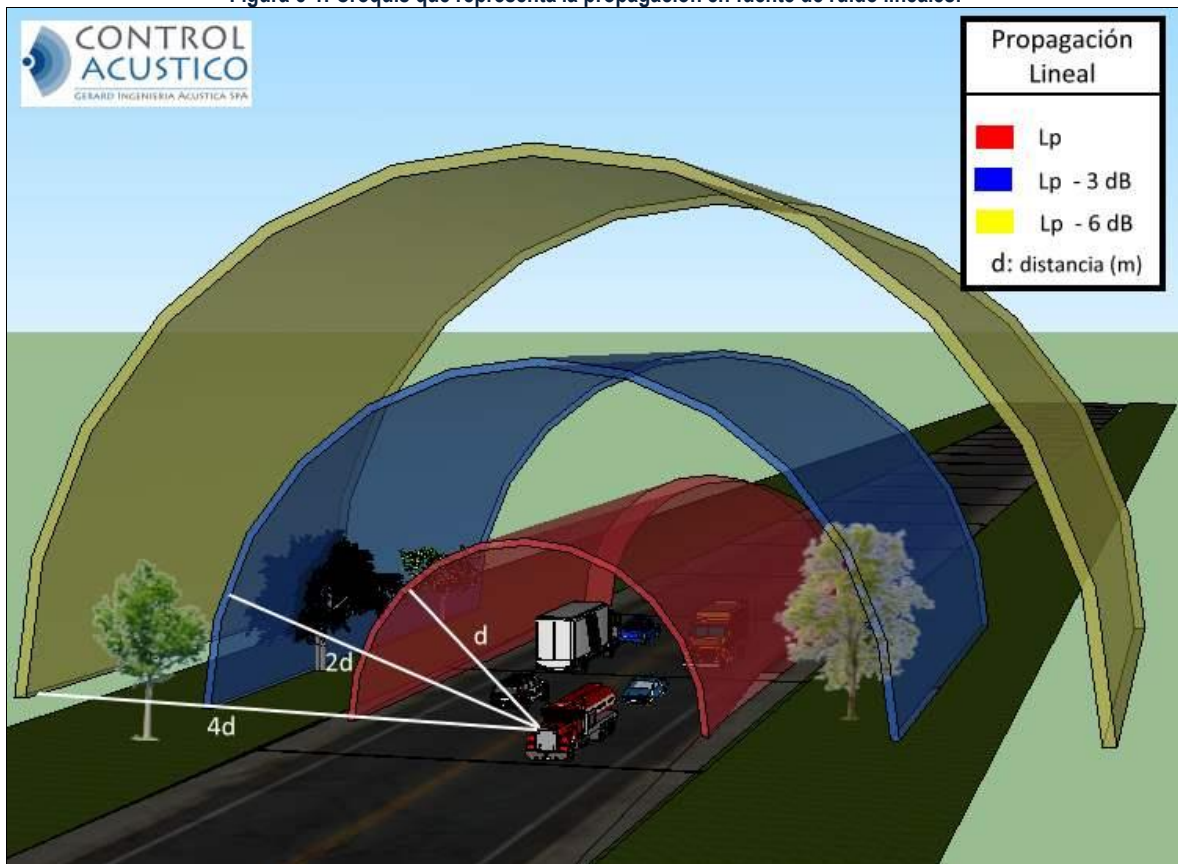
⁴ ISO 9613-2:1996, Meteorological conditions, page 3.

La segunda parte de la norma se refiere al cálculo de propagación sonora desde la línea de emisión, utilizando el LME_{25} como dato de entrada, el cual es calculado según la primera parte de la norma.

El estándar técnico RLS-90 fragmenta la línea de emisión como pequeños segmentos, tomando cada uno de ellos como una fuente puntual. Esto permite emular el comportamiento de una fuente lineal mediante varias fuentes puntuales.

La siguiente ilustración contienen croquis que ejemplifican la propagación de una línea de emisión en conjunto con las atenuaciones en [dB] que se generan al incrementar la distancia entre fuente – receptor.

Figura 5-1: Croquis que representa la propagación en fuente de ruido lineales.



Fuente: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

5.2 Proyección de vibraciones

Vibraciones generadas por maquinaria pesada

Las actividades de construcción y cierre pueden generar variados grados de vibración, dependiendo de la maquinaria utilizada y de los métodos constructivos empleados, considerando además que la operación de las maquinarias genera ondas vibratorias que disminuyen en intensidad con la distancia.

Las edificaciones cercanas a estas actividades pueden verse afectadas a las vibraciones, cuyos efectos varían desde niveles casi imperceptibles, como ruido de baja frecuencia con percepción moderada, hasta daños en las estructuras o en alguna parte de éstas.

Generalmente, las vibraciones generadas por actividades constructivas no suelen causar daño en las estructuras, sin embargo, pueden alcanzar rangos audibles y sensitivos en sectores con edificaciones cercanas al sitio de faena. Una excepción a lo anterior, puede darse en edificaciones frágiles, en donde se debe tener cuidado para no generar daños.

Con el fin de predecir y evaluar el impacto producido por las vibraciones que se generarán durante la construcción y cierre del Proyecto, se utilizará la metodología de predicción y evaluación dispuesta en la norma norteamericana “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*”, elaborada por la FTA, la cual establece valores de daño sobre estructuras a partir del descriptor PPV en [in/s].

En dicha normativa, se especifican niveles de vibración referenciales para diferentes tipos de maquinaria, los cuales fueron medidos a 25 [ft]⁵ de distancia (8 [m] aproximadamente). Los valores especificados en la norma para el caso del presente proyecto se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 13: Indicadores de vibración de distintas maquinarias, medidos a 25 [ft] de distancia.

Velocidad peak de partícula y niveles de vibración		
Maquinaria	PPV [in/s] a 25 [ft]	L _v [VdB] a 25 [ft]
Rodillo vibratorio	0.210	94

Fuente: Federal Transit Administration (FTA) – “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual*”.

Para la estimación del impacto producido por la actividad de construcción, se definen las siguientes ecuaciones:

Velocidad Peak de Partícula VPP o PPV

$$PPV_{equip} = PPV_{ref} \cdot \left(\frac{25}{D}\right)^{1.5} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

PPV_{equip} : Es la velocidad peak de partícula proyectada en el receptor.

⁵ Pie (del inglés foot).

PPV_{ref} : Es la vibración de referencia en [in/s] medida a 25 [ft].
 D : Distancia (en pies) entre el receptor y la fuente.

Nivel de velocidad L_v

$$L_v(D) = L_v(25 ft) - 30 \cdot \log_{10} \left(\frac{D}{25} \right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

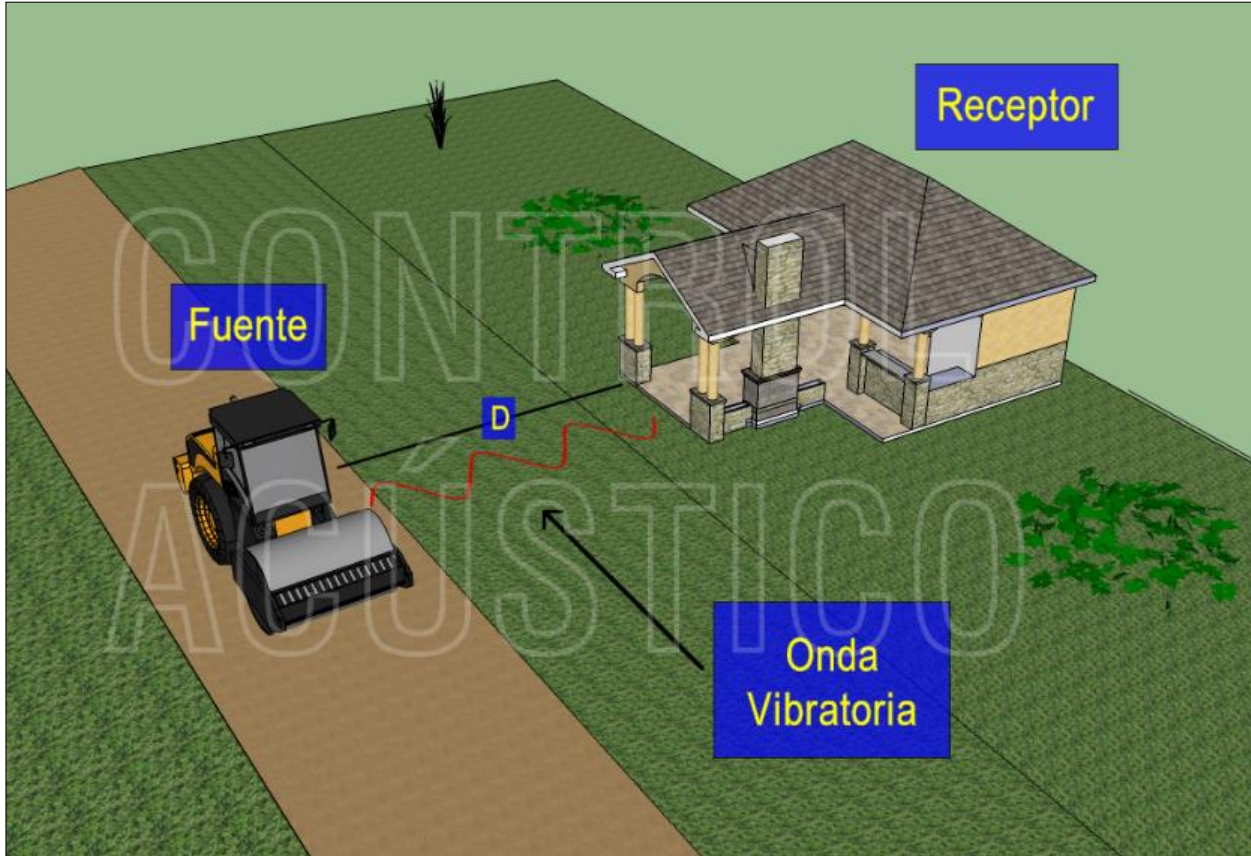
$L_v(D)$: Es el nivel de velocidad en [VdB] proyectado en el receptor.
 $L_v(25 ft)$: Es el nivel de velocidad de referencia en [VdB] medido a 25 [ft].
 D : Distancia (en pies) entre el receptor y la fuente.

En virtud de las ecuaciones anteriormente definidas, se realizan proyecciones de las vibraciones en todos los receptores evaluados.

Fase de construcción

El análisis consideró la maquinaria de mayor emisión con la finalidad de representar y evaluar el cumplimiento normativo para un escenario crítico. Además, la distancia Fuente – Receptor (D) correspondió a la separación mínima entre la ubicación del punto de evaluación y el punto más cercano posible a la extensión de las faenas.

Ilustración 7: Ejemplo de situación más desfavorable de propagación de vibraciones según distancia entre maquinaria y receptor.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Considerando la maquinaria proyectada para esta fase (según lo declarado en el capítulo descripción de Proyecto), y según los niveles de emisión L_v que indica la Tabla 13, la proyección de vibraciones consideró para todos los casos la ejecución de la maquinaria "Rodillo vibratorio" (94 [VdB]), como peor condición.

6 DATOS DE ENTRADA AL MODELO PREDICTIVO

6.1 Fase de construcción

A continuación, se presentan las fuentes de ruido contempladas para la generación del modelo de propagación sonora correspondiente a la fase de construcción.

Las potencias acústicas asignadas a la maquinaria de construcción se obtuvieron a partir de los valores contenidos en el anexo C de la norma británica BS 5228-1:2009, *Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites*, además de literatura específica, según lo declarado por el documento.

A continuación, se describen las fuentes de ruido en sus respectivos frentes de trabajos.

Asfaltado Calle

Tabla 14: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Asfaltado Calle.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Asfaltadora	1	74	89	93	97	99	99	96	87	105	BS 5228 Tabla 5, N°31

* C: Cantidad.

Auxiliar en terreno

Tabla 15: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Auxiliar en terreno.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Brazo Articulado	6	80	88	81	88	88	88	87	76	95	BS 5228 Tabla 4, N°57
Grúa	4	84	89	99	101	94	95	85	77	104	BS 5228 Tabla 4, N°48
Lw total		92	98	105	107	101	102	96	86	111	

* C: Cantidad.

Carga de combustible

Tabla 16: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Carga de combustible.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Excavadora	2	82	95	95	98	100	99	98	93	106	BS 5228 Tabla 2, N° 3
Lw total		85	98	98	101	103	102	101	96	109	

* C: Cantidad.

Demolición

Tabla 17: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Demolición.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Minicargador	4	86	89	93	96	101	95	91	84	104	Fuente propia**
Lw total		92	95	99	102	107	101	97	90	110	

* C: Cantidad.

**Ver Anexo III

Excavación

Tabla 18: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Excavación.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Retroexcavadora	4	76	78	83	89	91	89	88	77	96	BS 5228 Tabla 2, N° 8
Lw total		82	84	89	95	97	95	94	83	102	

* C: Cantidad.

Hormigón in situ

Tabla 19: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Hormigón in situ.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Bomba hormigón	4	84	94	91	96	97	97	91	81	103	BS 5228 Tabla 3, N° 26
Mixer 6 m3	2	85	86	85	94	98	107	89	82	108	BS 5228 Tabla 4, N°20
Lw total		92	100	98	103	105	111	98	89	113	

* C: Cantidad.

Humectación de terreno

Tabla 20: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Humectación de terreno.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Camión Aljibe	2	73	84	86	95	92	95	90	83	100	Environmental Noise Monitoring**
Lw total		76	87	89	98	95	98	93	86	103	

* C: Cantidad.

**Ver Anexo I

Iluminación nocturna

Tabla 21: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Iluminación nocturna.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Grupo electrógeno	1	72	74	81	82	81	81	77	68	88	BS 5228 Tabla 4, N°77

* C: Cantidad.

Reubicación relleno

Tabla 22: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Reubicación relleno.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Motoniveladora	3	93	96	100	100	97	95	92	87	106	Fuente propia**
Rodillo Dynapac	4	92	94	92	97	98	94	88	81	103	BS 5228 Tabla 5, N°20

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Lw total		101	103	106	107	106	103	99	93	113	

* C: Cantidad.

**Anexo III

Con la finalidad de representar una situación conservadora en el área de Proyecto, se simuló el funcionamiento de todo el equipamiento asociado al frente de mayor emisión sonora. De esta forma, se consideraron las maquinarias correspondientes al frente “Reubicación relleno” (Lw = 113 [dB(A)]). La maquinaria se distribuye dentro del área del Proyecto y a lo largo de ésta, ubicándose a la mínima distancia de los receptores considerados en la evaluación.

Flujo vehicular

Para la evaluación de flujo vehicular, el total de viajes durante la etapa de construcción es de 3866 viajes. Considerando que se contemplen 18 meses de trabajo de lunes a viernes (20 días al mes), con un horario de 8:00 a 18:00 horas (10 horas laborales), se consideró un total de 1.1 vehículos pesados por hora asociados a la construcción del proyecto. Esto basado en información entregada por el mandante.

Ensanchamiento de calle

De acuerdo a las observaciones ICSARA en abril 2021, se incorporan las obras del ensanchamiento de la calle General Blanche, entre Camino Otoñal y Francisco Bulnes Correa en la presente evaluación. A continuación, se describen las fuentes de ruido para la realización de este trabajo,

Tabla 23: Potencias acústicas de la maquinaria utilizada en la construcción. Ensanchamiento de calle.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]								Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Rodillo compactador	1	92	94	92	97	98	94	88	81	103	BS 5228 Tabla 5, N°20
Cargador frontal	1	89	94	96	103	101	99	93	84	107	BS 5228 Tabla 2, N°26
Camión tolva	1	82	88	92	95	97	95	92	85	102	BS 5228 Tabla 2, N° 33
Camión mixer	1	82	81	85	95	99	98	93	85	103	BS 5228 Tabla 4, N°18
Camión aljibe	1	73	84	86	95	92	95	90	83	100	Environmental Noise Monitoring*
Lw total		94	98	99	105	105	104	99	91	111	

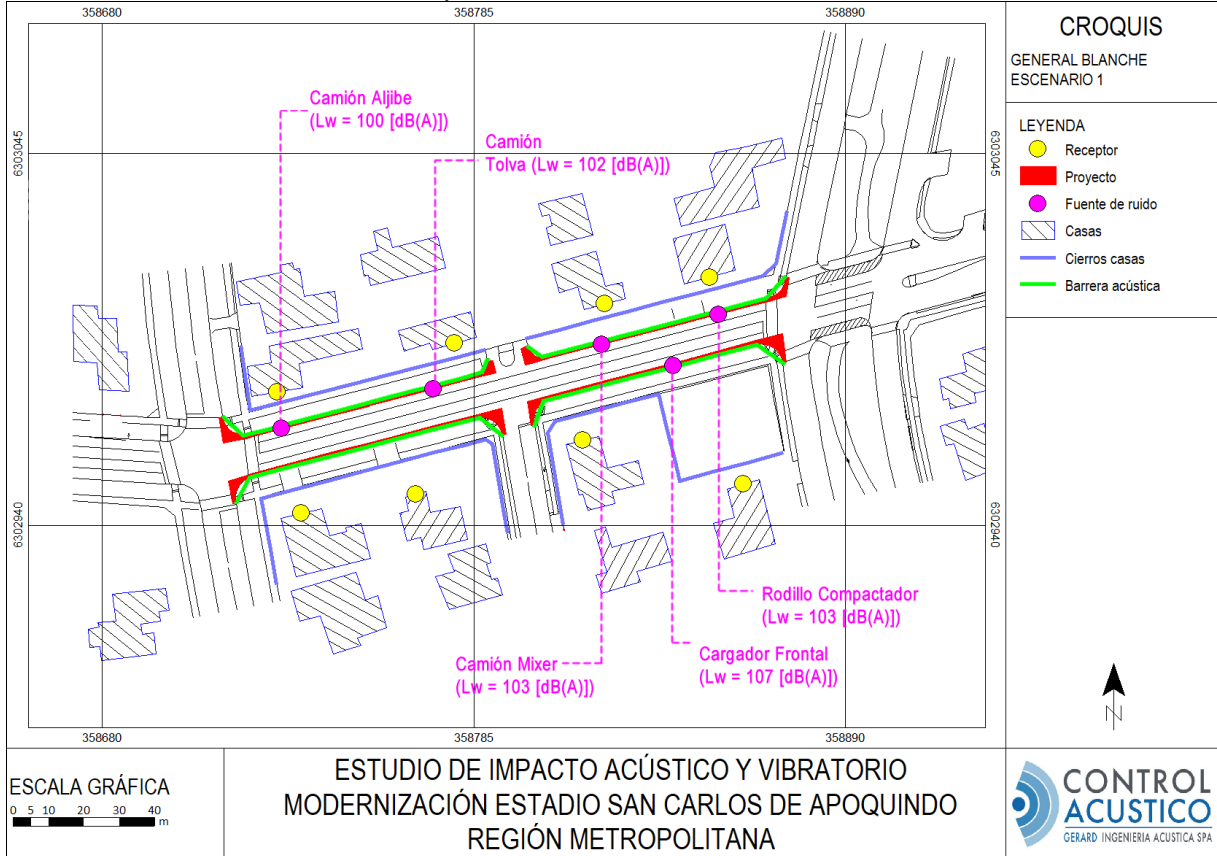
* C: Cantidad.

**Anexo III

Para efectos de la modelación, se distribuye la maquinaria del frente “Ensanchamiento de calle” con potencia acústica total de 111 [dB(A)] sobre el layout del Proyecto. Esta maquinaria se ubica a la mínima distancia de los receptores más cercanos, estableciendo dos (2) escenarios críticos de evaluación. Los escenarios se denominan 1 y 2 y se diferencian a la distribución de la maquinaria, las cuales se definen en las dos siguientes ilustraciones.

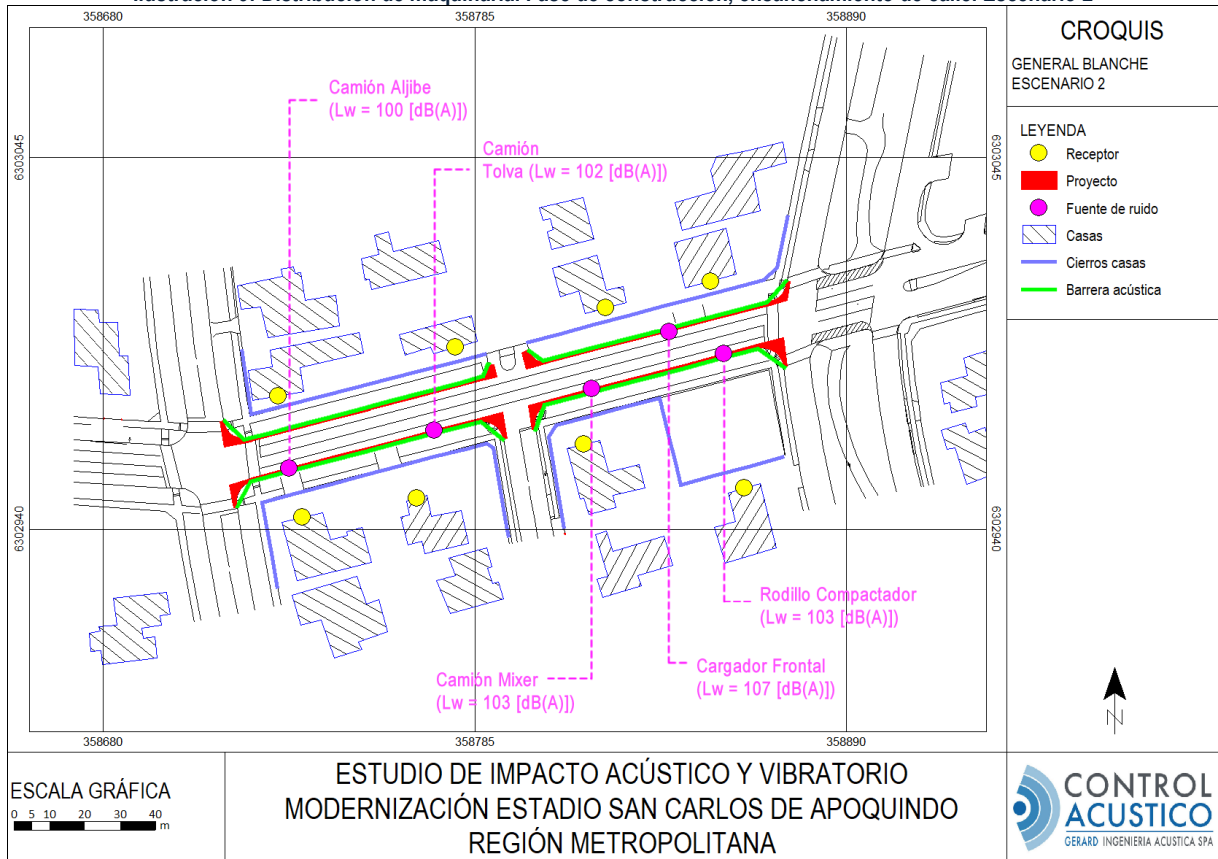
En las ilustraciones siguientes se indica la distribución de los focos de ruido considerados en el modelo.

Ilustración 8: Distribución de maquinaria. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 1



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Ilustración 9: Distribución de maquinaria. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

6.2 Fase de operación

En el caso de la fase de operación, se contemplaron 3 escenarios que pueden generar niveles relevantes de ruido, los cuales corresponde a un partido de fútbol, un concierto y eventos en los salones privados. A continuación, se detalla la información entrada contemplada para cada uno. Se considera que los sectores abiertos del estadio, como codos, estarán cerrados para efectos de los eventos masivos, esto considerando materialidad con una densidad superficial superior a los 10 [kg/m²].

6.2.1 Partido de Fútbol

6.2.1.1 Público

Para el caso de la determinación del nivel de ruido del público, se utiliza la normativa VDI 3770⁶: *Characteristic noise emission values of sound sources - Facilities for recreational and sporting activities*. La cual indica la siguiente ecuación para determinar el nivel de potencia acústica del público.

$$L_w = 80 + 10 * \log(n) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

n : Cantidad de público.

En el caso del estadio, se contempla un aforo total de 20.000 personas, por lo tanto, se considera un nivel de potencia acústica total $L_w = 123$ [dB(A)]. La superficie total aproximada del estadio es de 10.200 [m²]. Considerando que los espectadores se distribuyen en esa superficie total, para el modelo de ruido se consideró una potencia por metro cuadrado $L_w = 82.9$ [dB(A)/m²].

A continuación, se entrega la información es espectro y cálculo realizado para esta potencia acústica.

Tabla 24: Potencias acústicas por m² de público.

Fuente de Ruido	Público
Nivel L_w en [dB(A)] por m ² .	82.9
100Hz	44.7
125Hz	45.3
160Hz	47.7
200Hz	51.8
250Hz	61.3
315Hz	62.2
400Hz	64.5
500Hz	67.6
630Hz	71.5
800Hz	79.5
1kHz	72.6
1.25kHz	71.9
1.6kHz	72.8
2kHz	70.5
2.5kHz	68.9
3.15kHz	66.2
4kHz	62.2
5kHz	57.9
6.3kHz	52.8
8kHz	46.2
10kHz	40.3
Referencia	VDI 3770 : Characteristic noise emission values of sound sources - Facilities for recreational and sporting Zuschauer während der Spieldauer

⁶ <https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/homevdi-3770-characteristic-noise-emission-values-of-sound-sources-facilities-for-recreational-and-sporting-activities>

	<p>(Espectadores durante el juego)</p> <p>Espectro en frecuencia de fuente "Eishockeyspiel"</p> <p>Determination of sound emissions and sound immissions of leisure and sporting facilities, Statement of the stood of technology, Technically Monitoring Society North Germany, In the order of the Secretary of the Environment Niedersachsen (Sport und Umwelt - Ermittlung von Schallemissionen und Schallimmissionen von Sport- und Freizeitanlagen, Feststellung des Standes der Technik, Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e.V., im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministers), 1987</p> <p>Base de datos Software SoundPLAN</p>
--	---

6.2.1.2 Jugadores en cancha

A continuación, se presenta el nivel de ruido por m² producido por lo jugadores en la cancha.

Tabla 25: Potencias acústicas por m² de jugadores en cancha.

Fuente de Ruido	Jugadores de futbol en cancha
Nivel Lw en [dB(A)] por m ² .	62.0
100Hz	40.1
125Hz	41.5
160Hz	41.8
200Hz	42.3
250Hz	42.8
315Hz	44.7
400Hz	45.8
500Hz	46.7
630Hz	49.5
800Hz	52.4
1kHz	52.0
1.25kHz	51.2
1.6kHz	53.9
2kHz	48.4
2.5kHz	50.5
3.15kHz	54.7
4kHz	49.8
5kHz	41.2
6.3kHz	39.2
8kHz	36.1
10kHz	34.2
Referencia	<p>Fußballspiel</p> <p>Determination of sound emissions and sound immissions of leisure and sporting facilities, Statement of the stood of technology, Technically Monitoring Society North Germany, In the order of the Secretary of the Environment Niedersachsen (Sport und Umwelt - Ermittlung von Schallemissionen und Schallimmissionen von Sport- und Freizeitanlagen, Feststellung des Standes der Technik, Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e.V., im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministers), 1987</p> <p>Base de datos Software SoundPLAN</p>

6.2.2 Concierto

Para el caso del concierto, la principal fuente de ruido corresponde al sistema de altavoces (line array) en la cancha.

A continuación, se detallan los niveles de potencia sonora de un sistema *Line Array* tipo de acuerdo a información proporcionada por el mandante.

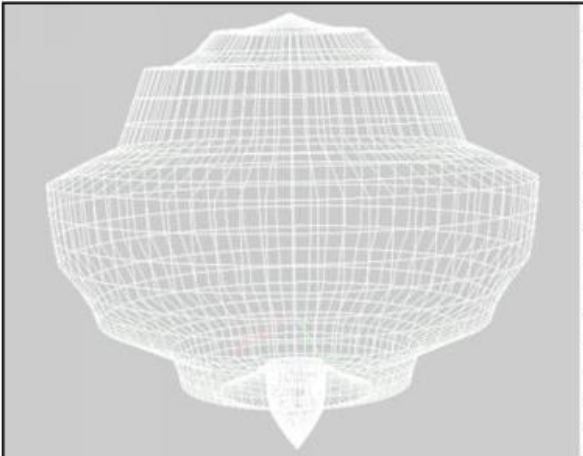
Tabla 26: Potencias acústicas de sistema de altavoces *Line Array*.

Fuente de ruido	C*	Lw en [dB(A)] en bandas de octava de frecuencia [Hz]							Lw [dB(A)] c/u	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k		
<i>Altavoces Line array</i>	2	88,8	100,9	109,4	112,8	110	109,2	108	117,3	Información del mandante
Lw total		91,8	103,9	112,4	115,8	113	112,2	111	120,3	

* C: Cantidad.

A continuación, se detalla el índice de directividad de los altavoces tipo *Line Array*.

Tabla 27: Índice de directividad altavoces *Line Array*.



Theta (°)	Directivity (dB) rotationally symmetrical								
	Frequency (Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	-0.4	3.7	-3.2	-5.9	-5.8	0.3	3.2	-7.5	-1.9
30	-0.3	-0.4	-3.0	-6.1	-4.7	-1.8	-4.7	-6.6	5.6
45	-0.8	0.4	-5.3	-5.7	-9.1	-5.1	-2.8	-6.0	0.3
60	-1.1	-0.2	-3.8	-4.7	-9.4	-1.5	-0.8	-5.9	4.4
75	-1.3	-1.6	-6.7	-11.4	-11.2	-6.6	-4.8	-5.3	3.2
90	-1.7	-1.7	-3.4	-7.0	-11.6	-10.4	-6.4	-7.4	-5.7
105	-2.4	-3.4	-8.5	-14.0	-11.8	-15.5	-18.9	-21.5	-22.1
120	-4.0	-2.8	-6.4	-12.5	-15.9	-9.7	-13.7	-22.7	-27.2
135	-7.1	-2.2	-8.8	-12.5	-26.9	-16.6	-19.0	-25.3	-24.3
150	-9.4	-5.0	-11.8	-13.9	-20.6	-19.4	-19.6	-25.8	-28.9
165	-6.7	-2.4	-8.7	-17.4	-20.4	-20.2	-24.6	-30.3	-30.7
180	-3.9	-1.3	-7.3	-8.1	-19.6	-25.4	-25.3	-26.4	-30.8

6.2.3 Eventos en salones

En el caso de los salones privados para eventos, los cuales serán considerados como salas cerradas con música en su interior. A continuación, se entregan los niveles de ruido al interior de un recinto de acuerdo a la revisión bibliográfica.

Tabla 28: Nivel Li (interior) de salones de eventos.

Fuente de Ruido	Salones de eventos
Nivel Li en [dB(A)]	85.0
100Hz	58.8
125Hz	61.3
160Hz	66.1
200Hz	69.8
250Hz	67.9
315Hz	70.9
400Hz	72.6
500Hz	76.2
630Hz	79.2
800Hz	77.5
1kHz	74.4

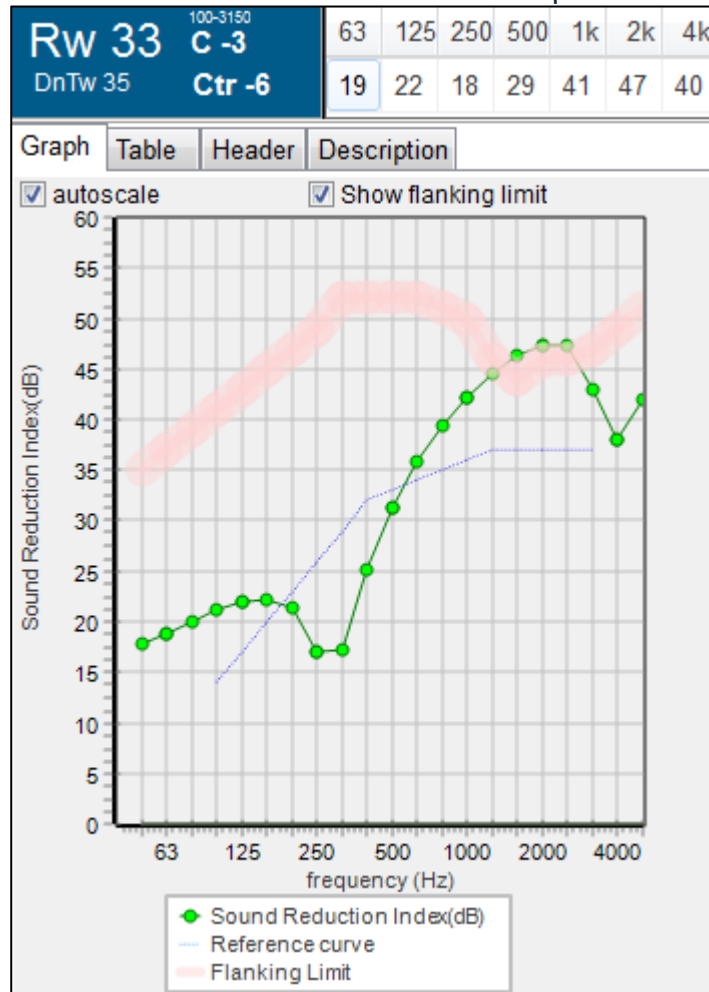
1.25kHz	73.4
1.6kHz	73.0
2kHz	67.3
2.5kHz	64.3
3.15kHz	62.6
4kHz	61.2
5kHz	54.1
6.3kHz	37.9
8kHz	36.4
10kHz	36.4
Referencia	<p>Discobetrieb</p> <p>Determination of sound emissions and sound immissions of leisure and sporting facilities, Statement of the stood of technology, Technically Monitoring Society North Germany, In the order of the Secretary of the Environment Niedersachsen (Sport und Umwelt - Ermittlung von Schallemissionen und Schallimmissionen von Sport- und Freizeitanlagen, Feststellung des Standes der Technik, Technischer Überwachungs-Verein Norddeutschland e.V., im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministers), 1987</p> <p>Base de datos Software SoundPLAN</p>

Estos salones corresponden a recintos cerrados, en los cuales el sector que entrega una menor atenuación al ruido corresponde a las ventanas tipo termo panel. Por este motivo, se considera este elemento como el más débil frente a la atenuación de ruido y por tanto una peor condición para la modelación de ruido.

Se considera un termo panel configurado por un primer vidrio de 4 mm de espesor, una cámara de aire de 10 mm de espesor y un segundo vidrio de 4 mm de espesor. Simulando la configuración descrita en el software Insul (Sound Insulation Prediction), la predicción arroja un R_w resultante igual a 33 dB.

A continuación, la Ilustración 10 presenta los resultados de la simulación digital de la configuración de termo panel normal.

Ilustración 10: Simulación en software Insul de termo panel normal.



6.2.4 Flujo vehicular de operación

De acuerdo a la información proporcionada por el mandante, a continuación, se entrega el detalle del flujo vehicular para cada escenario a considerar, basado en la cantidad de estacionamiento disponibles dentro del recinto.

Tabla 29: Flujo vehicular operación.

	Tipo de evento en operación		
	Partidos	Conciertos	Eventos en salones
Cantidad de vehículos	2348	2348	400

Como se aprecia en la tabla anterior, los Partidos y Conciertos representan la mayor cantidad de vehículos, Por este motivo se considerará en la modelación de ruido el escenario de Partido.

Como supuesto, se distribuirá dicho flujo en 2 horas, considerando 1 hora de llegada al evento y 1 hora de salida del evento. La primera parte (llegada) se modelará en periodo diurno (19:00 a 20:00) y la segunda parte (salida) se modelada en periodo nocturno (22:00 a 23:00).

Para el caso de los distintos accesos, la distribución de ingreso de los vehículos se estima de la siguiente manera.

Tabla 30: Flujo vehicular considerado en operación.

Camino de Acceso	Porcentaje de vehículos estimado	Vehículos por hora
El Alba	20%	470
Las Flores	34%	798
Honduras	46%	1080
Total		3348

7 RESULTADOS Y EVALUACIÓN

7.1 Fase construcción

7.1.1 Ruido por maquinaria. Construcción

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del modelo predictivo representativo del aporte de energía acústica de las faenas constructivas del proyecto, proyectados hacia los receptores.

Los resultados se entregan mediante valores tabulados y mapas de propagación sonora cuya coloración está referida a una altura de 1.5 [m] del suelo.

Ilustración 11: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción.

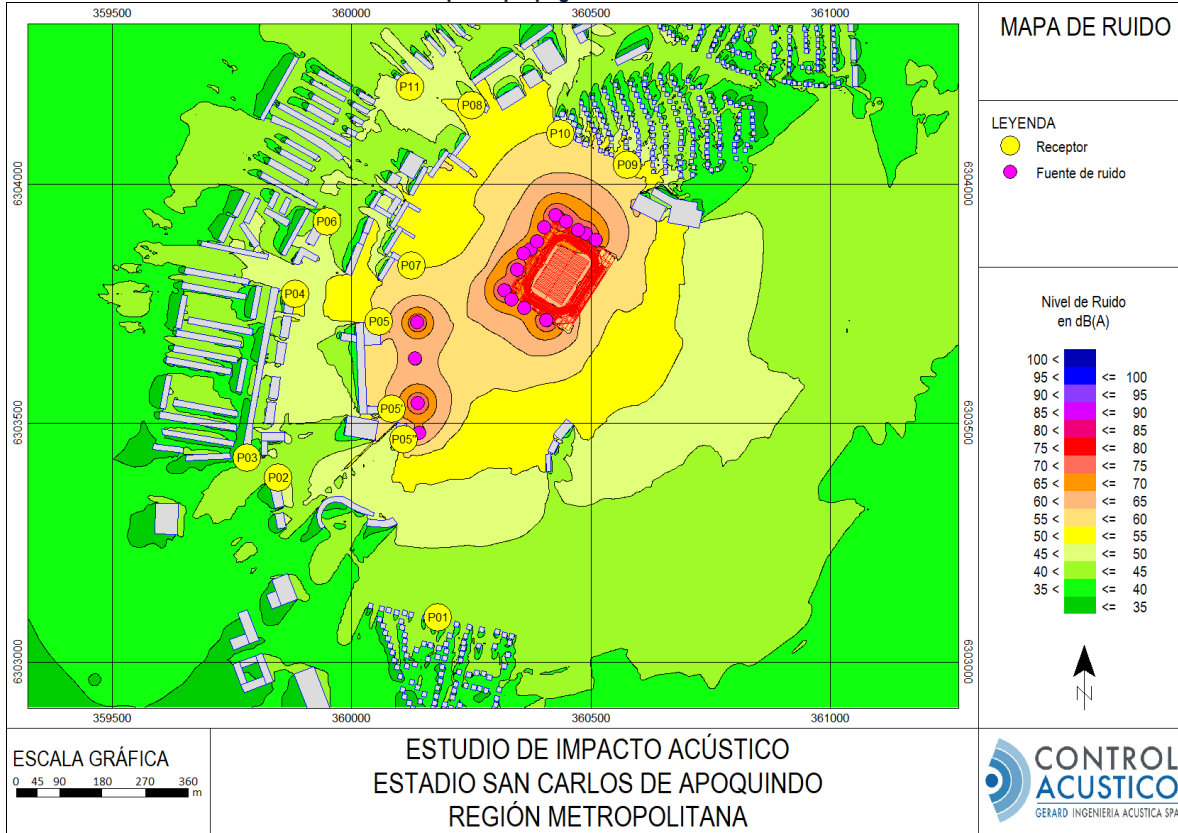


Tabla 31: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción.

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R01	1	42	55	Cumple

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R01	2	42	55	Cumple
R02	1	44	60	Cumple
R02	2	44	60	Cumple
R02	3	44	60	Cumple
R02	4	44	60	Cumple
R03	1	26	55	Cumple
R03	2	27	55	Cumple
R04	1	48	55	Cumple
R04	2	48	55	Cumple
R04	3	48	55	Cumple
R04	4	48	55	Cumple
R05	1	53	60	Cumple
R05	2	54	60	Cumple
R05	3	58	60	Cumple
R05	4	58	60	Cumple
R05'	1	62	60	Excede
R05'	2	63	60	Excede
R05'	3	63	60	Excede
R05'	4	63	60	Excede
R05''	1	60	60	Cumple
R05''	2	60	60	Cumple
R05''	3	60	60	Cumple
R05''	4	60	60	Cumple
R06	1	45	55	Cumple
R06	2	46	55	Cumple
R06	3	46	55	Cumple
R06	4	46	55	Cumple
R07	1	54	60	Cumple
R07	2	55	60	Cumple
R07	3	55	60	Cumple
R08	1	50	60	Cumple
R08	2	51	60	Cumple
R08	3	51	60	Cumple
R08	4	51	60	Cumple
R09	1	53	55	Cumple
R09	2	55	55	Cumple
R10	1	55	55	Cumple
R10	2	55	55	Cumple
R11	1	46	60	Cumple
R11	2	46	60	Cumple
R11	3	46	60	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

De la tabla anterior se observa que se cumple a cabalidad con los máximos permitidos de acuerdo al D.S. N°38/2011 del MMA en la mayoría de los puntos. En el caso del receptor R5' se observa una superación, por lo que es necesario establecer medidas de control a las faenas cercanas a este lugar.

7.1.2 Ruido por flujo vehicular, según FTA. Construcción

A continuación, se presentan el nivel de inmisión acústica estimado en los receptores producto del flujo vehicular total proyectado. Los valores se presentan en un mapa general de propagación sonora cuya altura de coloración está referida a 1.5 [m] del suelo.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

A continuación, se presenta el nivel L_{DN} proyectado y su evaluación.

Tabla 32: Evaluación de ruido de flujo vehicular (LDN) según norma FTA.

Punto de evaluación	Piso	LDN Construcción	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo
			Menos de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]			
R01	1	4	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R01	2	4	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R02	1	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	2	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	3	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	4	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R03	1	0	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R03	2	0	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R04	1	24	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R04	2	25	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R04	3	28	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R04	4	28	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R05	1	24	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	2	24	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	3	24	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	4	25	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	1	12	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	2	14	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	3	14	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	4	14	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	1	8	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	2	8	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	3	12	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	4	12	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	1	14	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	2	15	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	3	16	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	4	18	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R07	1	20	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R07	2	20	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R07	3	22	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R08	1	9	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	2	9	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	3	9	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	4	10	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R09	1	6	55	55-61	61	Cumple	Cumple	Cumple
R09	2	6	55	55-61	61	Cumple	Cumple	Cumple
R10	1	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R10	2	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R11	1	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R11	2	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R11	3	9	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple

Color verde: sin impacto, color rojo: con impacto.

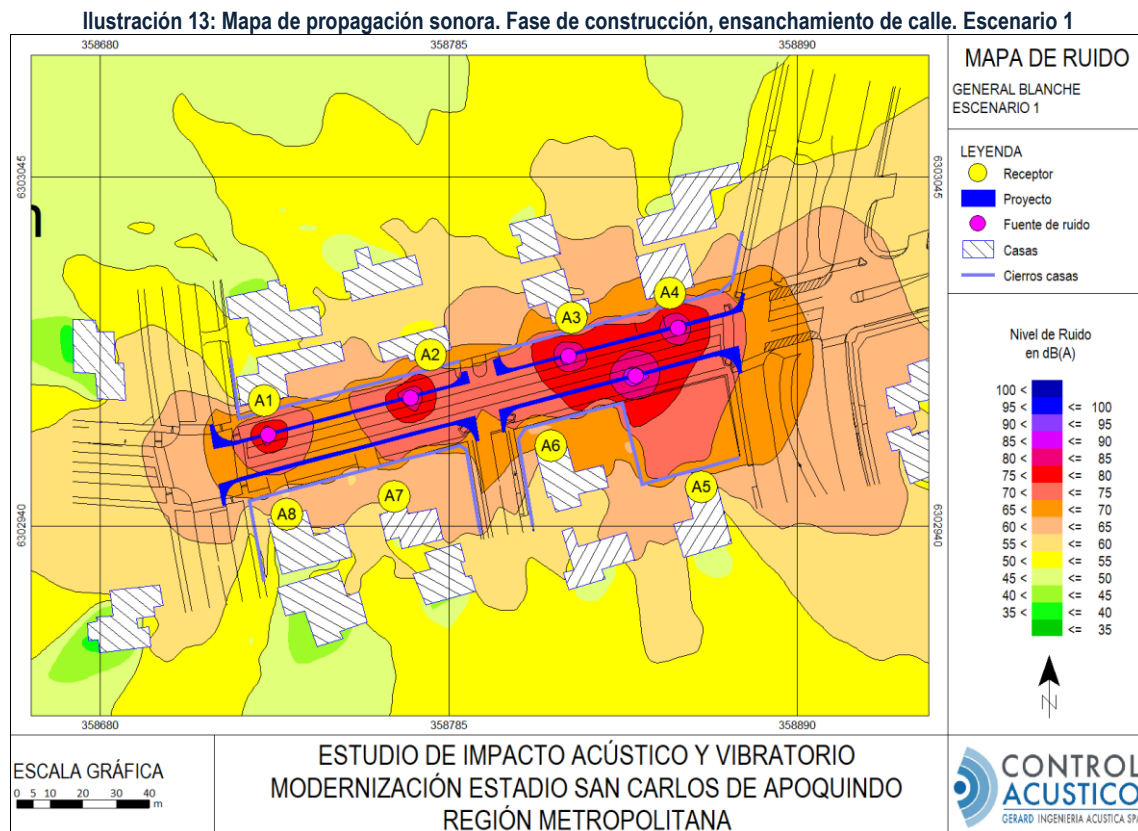
De acuerdo a lo anterior, se verifica, que los niveles de presión sonora L_{DN} asociados al flujo vehicular por rutas externas cumple con el criterio sin Impacto en todos los casos.

7.1.3 Ruido por maquinaria. Ensanchamiento de calle.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del modelo predictivo representativo del aporte de energía acústica de las faenas constructivas del proyecto sin medidas de control de ruido, proyectados hacia los receptores cercanos, para el caso de ensanchamiento de calle descrito en el capítulo 6.1. La evaluación preliminar se efectúa para determinar la envergadura de las medidas de control de ruido que se incorporan al proyecto.

Los resultados se entregan mediante valores tabulados y mapas de propagación sonora cuya coloración está referida a una altura de 1.5 [m] del suelo.

Escenario 1



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 33: Evaluación preliminar de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 1

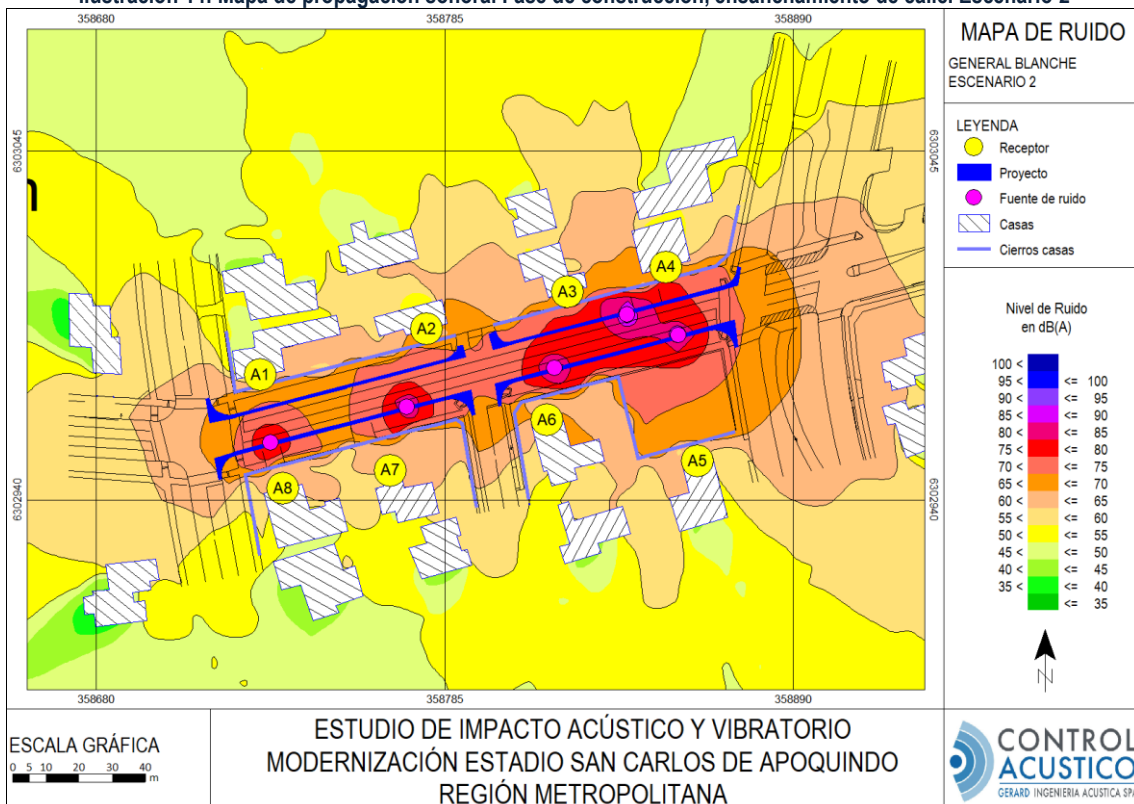
Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
A1	1	62	60	Supera en 2 [dB(A)]
A2	1	64	60	Supera en 4 [dB(A)]
A3	1	64	60	Supera en 4 [dB(A)]
A4	1	66	60	Supera en 6 [dB(A)]
A5	1	59	60	Cumple
A6	1	63	60	Supera en 3 [dB(A)]
A7	1	59	60	Cumple
A8	1	59	60	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

De la tabla anterior se observa que los valores proyectados superan de forma preliminar los máximos permitidos de acuerdo al D.S. N°38/2011 del MMA para receptores A1, A2, A3, A4 y A6, por lo que es necesario establecer medidas de control sobre la maquinaria considerada.

Escenario 2

Ilustración 14: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 34: Evaluación preliminar de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción, ensanchamiento de calle. Escenario 2

Punto*	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]**	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
A1	1	60	60	Cumple
A2	1	62	60	Supera en 2 [dB(A)]
A3	1	64	60	Supera en 4 [dB(A)]
A4	1	66	60	Supera en 6 [dB(A)]
A5	1	58	60	Cumple
A6	1	64	60	Supera en 4 [dB(A)]
A7	1	60	60	Cumple
A8	1	60	60	Cumple

*Puntos adicionales A1 a A8 se zonifican como Zona II según D.S. N°38/11 del MMA.

** Valor aproximado al entero más cercano.

De la tabla anterior se observa que los valores proyectados superan de forma preliminar los máximos permitidos de acuerdo al D.S. N°38/2011 del MMA para receptores A2, A3, A4 y A6, por lo que es necesario establecer medidas de control sobre la maquinaria considerada.

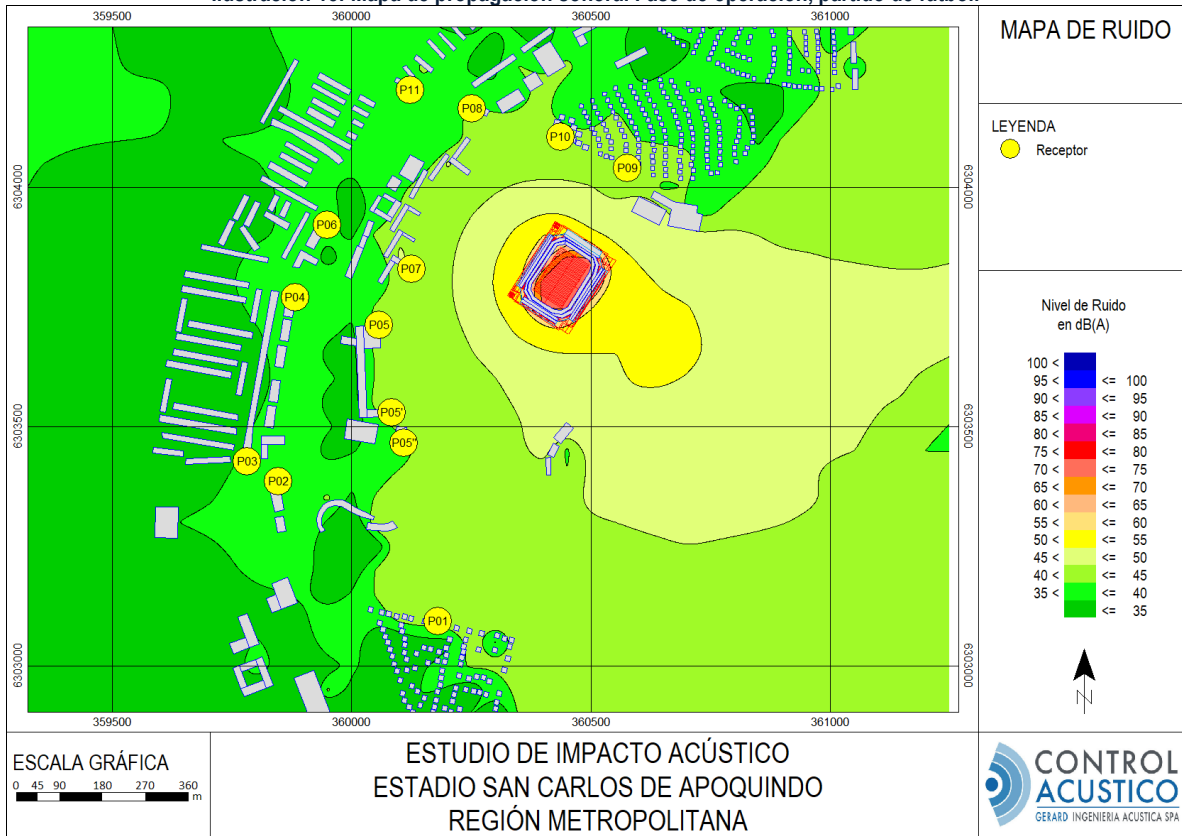
7.2 Fase operación

A continuación, se entregan los resultados para la fase de operación de acuerdo a los distintos escenarios indicados anteriormente. Estas evaluaciones se realizan bajo el escenario más crítico, correspondiente al periodo nocturno de acuerdo al D.S. 38/2011 del MMA.

7.2.1 Ruido operación

7.2.1.1 Partido de Fútbol

Ilustración 15: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, partido de fútbol.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 35: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, partido de fútbol.

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R01	1	42	45	Cumple
R01	2	42	45	Cumple
R02	1	32	45	Cumple
R02	2	38	45	Cumple
R02	3	39	45	Cumple
R02	4	39	45	Cumple
R03	1	29	45	Cumple
R03	2	29	45	Cumple
R04	1	39	45	Cumple
R04	2	39	45	Cumple
R04	3	39	45	Cumple
R04	4	39	45	Cumple
R05	1	41	45	Cumple
R05	2	41	45	Cumple
R05	3	41	45	Cumple

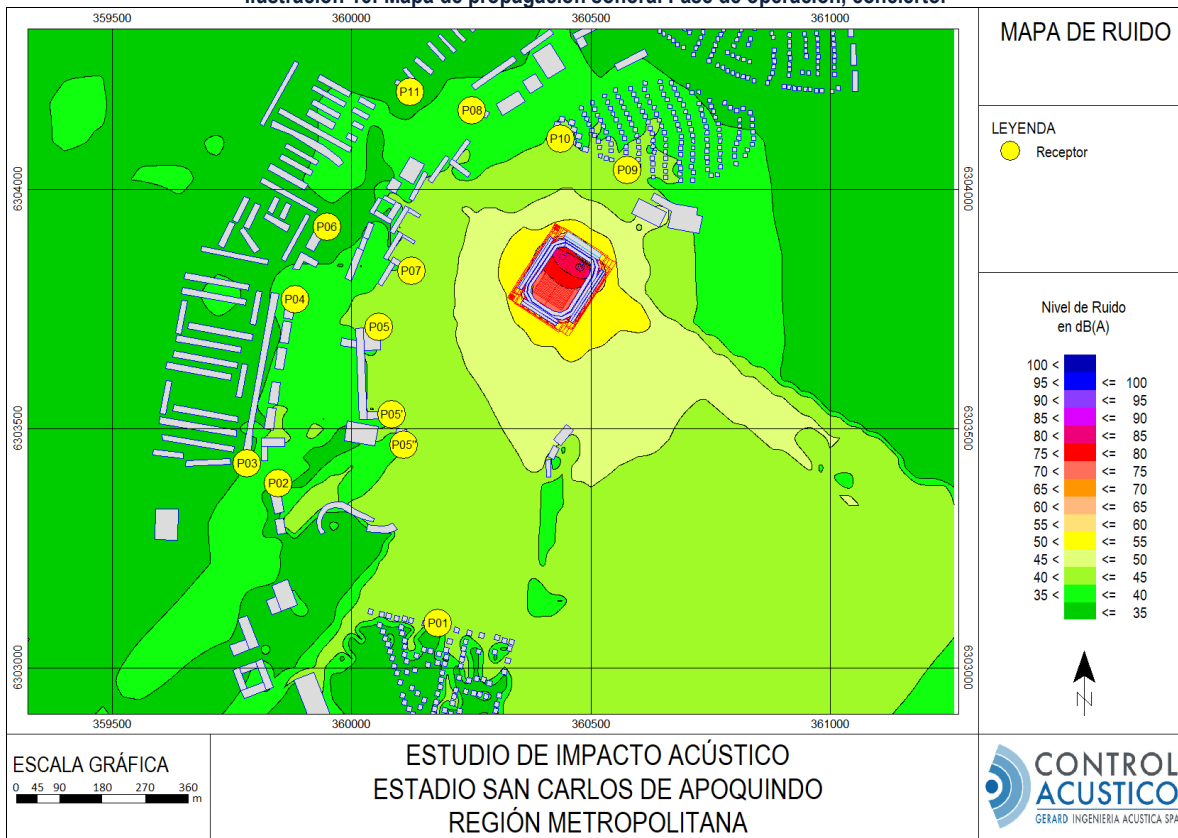
Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R05	4	41	45	Cumple
R05'	1	42	45	Cumple
R05'	2	43	45	Cumple
R05'	3	42	45	Cumple
R05'	4	42	45	Cumple
R05"	1	42	45	Cumple
R05"	2	42	45	Cumple
R05"	3	42	45	Cumple
R05"	4	43	45	Cumple
R06	1	34	45	Cumple
R06	2	34	45	Cumple
R06	3	39	45	Cumple
R06	4	39	45	Cumple
R07	1	42	45	Cumple
R07	2	43	45	Cumple
R07	3	43	45	Cumple
R08	1	40	45	Cumple
R08	2	40	45	Cumple
R08	3	40	45	Cumple
R08	4	41	45	Cumple
R09	1	43	45	Cumple
R09	2	43	45	Cumple
R10	1	42	45	Cumple
R10	2	42	45	Cumple
R11	1	39	45	Cumple
R11	2	39	45	Cumple
R11	3	39	45	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

Vemos que, en el caso del partido, se cumple con los máximos permitidos de acuerdo al D.S. 38/2011 del MMA para el periodo nocturno, siendo el periodo más crítico de la evaluación.

7.2.1.2 Concierto

Ilustración 16: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, concierto.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 36: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, concierto.

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R01	1	42	45	Cumple
R01	2	42	45	Cumple
R02	1	35	45	Cumple
R02	2	40	45	Cumple
R02	3	41	45	Cumple
R02	4	41	45	Cumple
R03	1	31	45	Cumple
R03	2	32	45	Cumple
R04	1	39	45	Cumple
R04	2	39	45	Cumple
R04	3	39	45	Cumple
R04	4	39	45	Cumple
R05	1	42	45	Cumple
R05	2	42	45	Cumple
R05	3	42	45	Cumple

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R05	4	42	45	Cumple
R05'	1	44	45	Cumple
R05'	2	44	45	Cumple
R05'	3	44	45	Cumple
R05'	4	43	45	Cumple
R05"	1	43	45	Cumple
R05"	2	43	45	Cumple
R05"	3	43	45	Cumple
R05"	4	43	45	Cumple
R06	1	33	45	Cumple
R06	2	33	45	Cumple
R06	3	39	45	Cumple
R06	4	39	45	Cumple
R07	1	42	45	Cumple
R07	2	43	45	Cumple
R07	3	42	45	Cumple
R08	1	36	45	Cumple
R08	2	37	45	Cumple
R08	3	36	45	Cumple
R08	4	36	45	Cumple
R09	1	41	45	Cumple
R09	2	41	45	Cumple
R10	1	40	45	Cumple
R10	2	41	45	Cumple
R11	1	35	45	Cumple
R11	2	35	45	Cumple
R11	3	35	45	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

Observamos que se cumple a cabalidad con los máximos permitidos establecidos por el D.S: 38/2011 del MMA, considerando el periodo nocturno.

7.2.1.3 Eventos en salones

Ilustración 17: Mapa de propagación sonora. Fase de operación, eventos en salones.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 37: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de operación, eventos en salones.

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R01	1	6	45	Cumple
R01	2	7	45	Cumple
R02	1	5	45	Cumple
R02	2	6	45	Cumple
R02	3	6	45	Cumple
R02	4	7	45	Cumple
R03	1	0	45	Cumple
R03	2	0	45	Cumple
R04	1	10	45	Cumple
R04	2	12	45	Cumple
R04	3	12	45	Cumple
R04	4	13	45	Cumple
R05	1	15	45	Cumple

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R05	2	17	45	Cumple
R05	3	17	45	Cumple
R05	4	18	45	Cumple
R05'	1	12	45	Cumple
R05'	2	14	45	Cumple
R05'	3	15	45	Cumple
R05'	4	15	45	Cumple
R05''	1	12	45	Cumple
R05''	2	14	45	Cumple
R05''	3	15	45	Cumple
R05''	4	16	45	Cumple
R06	1	8	45	Cumple
R06	2	9	45	Cumple
R06	3	9	45	Cumple
R06	4	10	45	Cumple
R07	1	16	45	Cumple
R07	2	18	45	Cumple
R07	3	19	45	Cumple
R08	1	14	45	Cumple
R08	2	15	45	Cumple
R08	3	16	45	Cumple
R08	4	16	45	Cumple
R09	1	19	45	Cumple
R09	2	20	45	Cumple
R10	1	19	45	Cumple
R10	2	20	45	Cumple
R11	1	9	45	Cumple
R11	2	9	45	Cumple
R11	3	10	45	Cumple

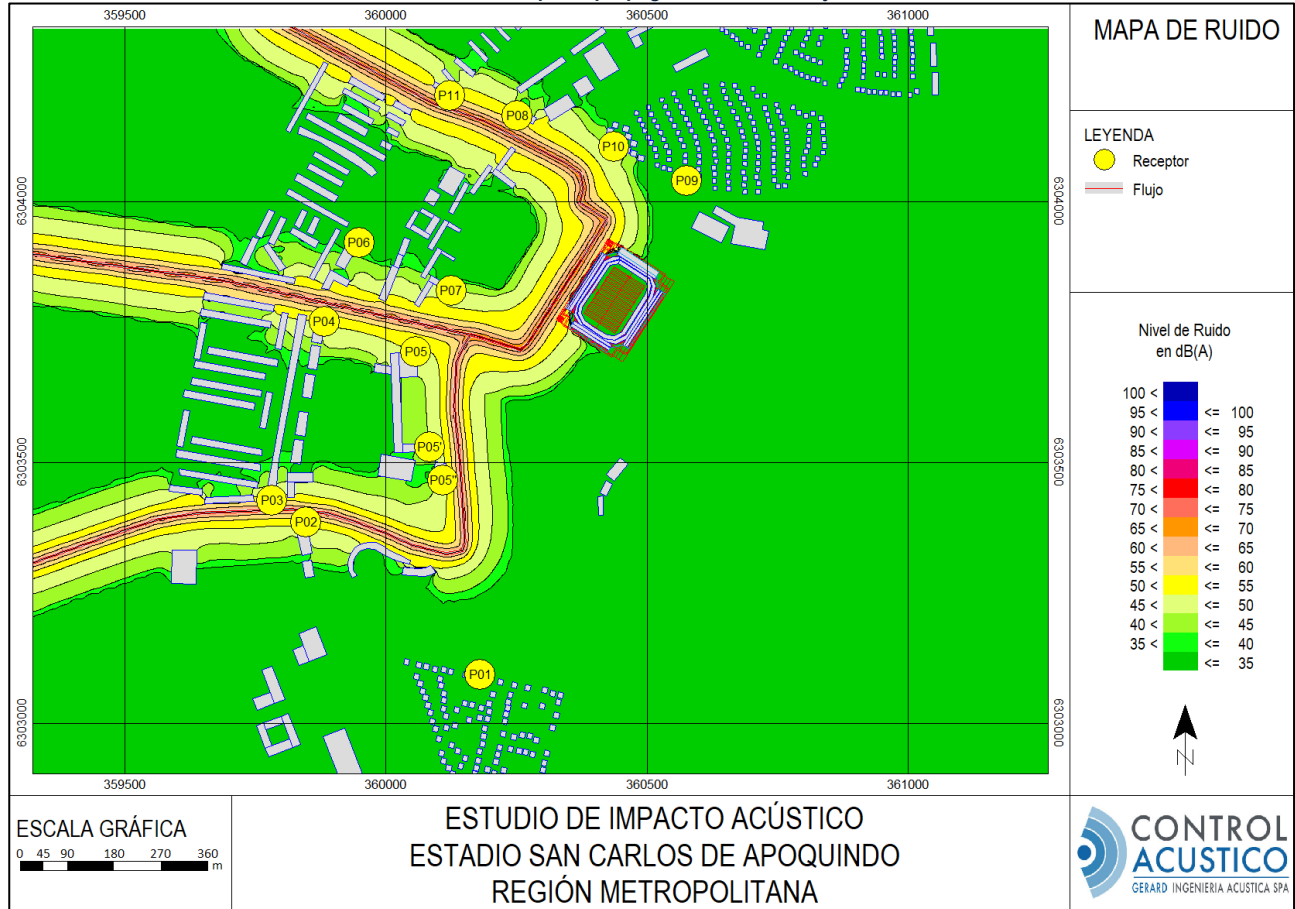
* Valor aproximado al entero más cercano.

Observamos que, para el caso de los eventos en salones, se cumple a cabalidad con los máximos permitidos establecidos por el D.S: 38/2011 del MMA, considerando el periodo nocturno.

7.2.2 Ruido por flujo vehicular, según FTA. Operación

A continuación, se presentan el nivel de inmisión acústica estimado en los receptores producto del flujo vehicular total proyectado.

Ilustración 18: Mapa de propagación sonora. Flujo vehicular



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

A continuación, se presenta el nivel LDN proyectado en cada receptor para cada receptor.

Tabla 38: Evaluación de ruido de flujo vehicular (LDN) según norma FTA. Operación.

Punto de evaluación	Piso	LDN Operación	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo
			Menos de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]			
R01	1	37	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R01	2	37	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R02	1	53	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	2	54	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	3	55	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R02	4	55	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R03	1	55	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R03	2	55	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R04	1	50	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R04	2	51	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple

Punto de evaluación	Piso	LDN Operación	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo	Sin Impacto	Impacto Moderado	Impacto Severo
			Menos de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]	Más de, en [dB(A)]			
R04	3	53	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R04	4	54	59	59-64	64	Cumple	Cumple	Cumple
R05	1	50	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	2	50	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	3	51	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05	4	52	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	1	47	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	2	48	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	3	49	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05'	4	49	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	1	50	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	2	51	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	3	52	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R05''	4	52	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	1	42	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	2	42	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	3	43	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R06	4	45	58	58-63	63	Cumple	Cumple	Cumple
R07	1	48	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R07	2	48	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R07	3	50	52	52-58	58	Cumple	Cumple	Cumple
R08	1	53	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	2	54	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	3	54	55	55-60	60	Cumple	Cumple	Cumple
R08	4	55	55	55-60	60	Supera criterio	Cumple	Cumple
R09	1	41	55	55-61	61	Cumple	Cumple	Cumple
R09	2	41	55	55-61	61	Cumple	Cumple	Cumple
R10	1	48	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R10	2	48	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R11	1	56	57	57-62	62	Cumple	Cumple	Cumple
R11	2	57	57	57-62	62	Supera criterio	Cumple	Cumple
R11	3	58	57	57-62	62	Supera criterio	Cumple	Cumple

De acuerdo a lo anterior, podemos observar que todos los receptores cumplen el criterio de Impacto Moderado. Para los casos específicos de los puntos R03, R08 y R011, se observa un valor mayor al criterio "Sin Impacto", Considerando esto, y en consecuencia con lo indica por la normativa FTA, no se espera que exista reacción de la comunidad, considerando que en dicho lugar ya existe un nivel de ruido de las calles cercanas, por lo tanto, no se plantean medidas de control en dicho sector.

7.3 Vibraciones

A continuación, se indican a través de las siguientes tablas los valores de PPV y L_v obtenidos para la fases de construcción del proyecto. Se estima que esta proyección contempla la mayor emisión de vibraciones esperada, debido a que la maquinaria de operación genera un nivel menor de vibraciones.

Considerando la maquinaria de la construcción se consideró el uso de “Rodillo Vibratorio” indicado por FTA, equivalente a un Rodillo compactador.

Tabla 39: Nivel de vibración proyectado para la fase de construcción.

Punto	Maquinaria	Distancia mínima a faenas [m]	Distancia mínima a faenas [ft]	PPV proyectado en [in/s]	L_v proyectado en [VdB]
R1	Rodillo vibratorio	232	761	< 0.01	49
R2		298	978	< 0.01	46
R3		360	1181	< 0.01	44
R4		262	860	< 0.01	48
R5		77	253	< 0.01	64
R5'		52	171	0.01	69
R5''		30	98	0.03	76
R6		274	899	< 0.01	47
R7		93	305	< 0.01	61
R8		313	1027	< 0.01	46
R9		188	617	< 0.01	52
R10	200	656	< 0.01	51	
R11	430	1411	< 0.01	41	

Tabla 54: Evaluación de daño para la fase de construcción. Criterio de daño.

Punto	PPV Proyectado [in/s]	PPV Máximo referencia [in/s]	Evaluación
R1	< 0.01	0.2	Cumple
R2	< 0.01	0.2	Cumple
R3	< 0.01	0.2	Cumple
R4	< 0.01	0.2	Cumple
R5	< 0.01	0.2	Cumple
R5'	0.01	0.2	Cumple
R5''	0.03	0.2	Cumple
R6	< 0.01	0.2	Cumple
R7	< 0.01	0.2	Cumple
R8	< 0.01	0.2	Cumple
R9	< 0.01	0.2	Cumple
R10	< 0.01	0.2	Cumple
R11	< 0.01	0.2	Cumple

Tabla 54: Evaluación de molestia para la fase de construcción. Criterio de molestia.

Punto	Lv Proyectado [VdB]	Lv Máximo referencia [VdB]	Evaluación
R1	49	72	Cumple
R2	46	72	Cumple
R3	44	72	Cumple
R4	48	72	Cumple
R5	64	72	Cumple
R5'	69	72	Cumple
R5''	76	72	No Cumple
R6	47	72	Cumple
R7	61	72	Cumple
R8	46	72	Cumple
R9	52	72	Cumple
R10	51	72	Cumple
R11	41	72	Cumple

En la tabla anterior se puede apreciar que los valores proyectados para el Proyecto, en Lv, se encuentran por sobre los máximos establecidos por la normativa en el punto 5'', el cual se encuentra a una distancia de la faena de 30 metros.

8 MEDIDAS DE CONTROL

Debido a los excesos evidenciados en el capítulo anterior, a continuación, se describen aquellas medidas de control de ruido que permitirán enmarcar la fase de construcción bajo los umbrales que define las normativas aplicadas.

8.1 Medidas de control de ruido para construcción

En el caso del punto R5', que corresponde a un área específica de la Scuola Italiana, cuyas faenas cercanas serán las construcción de caminos de acceso. Por este motivo, es relevante la implementación de medidas de control de ruido para dar cumplimiento con lo establecido por el D.S. 38/2011 del MMA. A continuación, se presenta la propuesta de materialidad para estas barreras acústicas.

Barreras acústicas

Esta solución consiste en la implementación de barreras acústicas, a ser ubicadas cercanas a las faenas de construcción que se desarrollen cercanas al punto en incumplimiento.

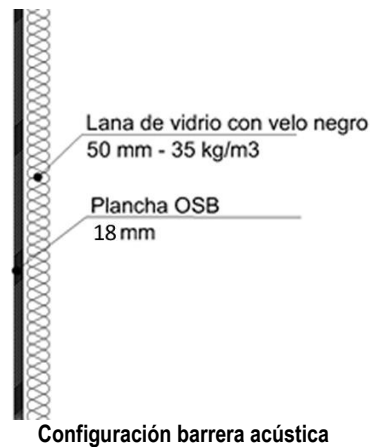
Las pantallas serán fabricadas en base a las características detalladas en la siguiente ficha técnica (Tabla 40).

Tabla 40: Características barreras acústicas propuesta para la fase de construcción.

FICHA TÉCNICA BARRERA ACÚSTICA
CARACTERÍSTICAS

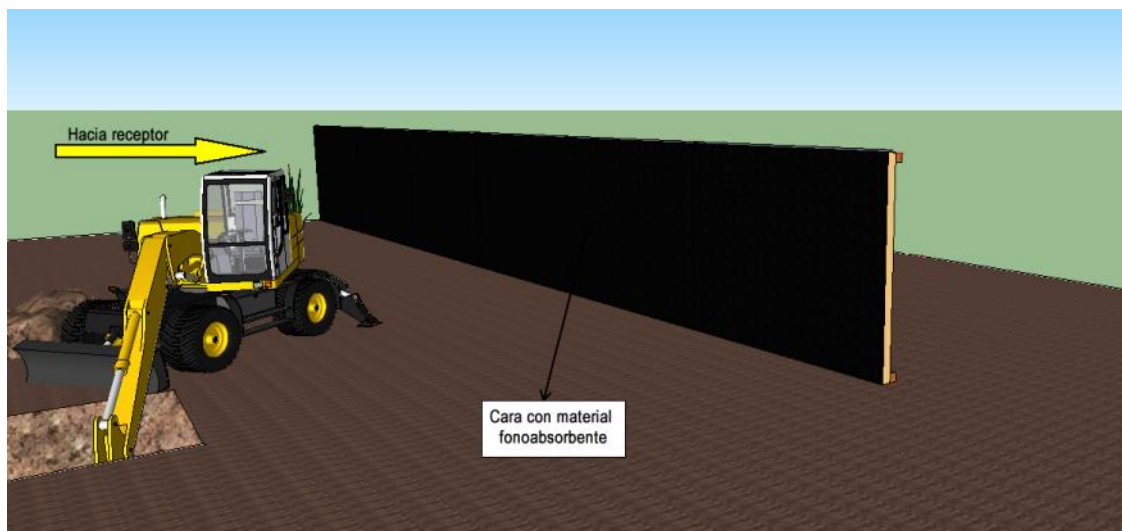
FICHA TÉCNICA BARRERA ACÚSTICA

La materialidad de los paneles debe contar con una densidad superficial igual o superior a $10 \text{ [Kg/m}^2\text{]}$, lo cual es posible conseguir mediante madera tipo OSB, de un espesor mínimo de 18 [mm] . Además, la cara interior del panel (en dirección a las fuentes de ruido) deberá incorporar lana de fibra de vidrio (o lana mineral) de 50 [mm] de espesor y un NRC de 0.7 o mayor o bien algún material con propiedades fonoabsorbentes de equivalencia técnica. La implementación de esta materialidad conforma una estructura apta para comportarse como barrera acústica, de acuerdo a lo establecido en la Norma ISO 9613-2.

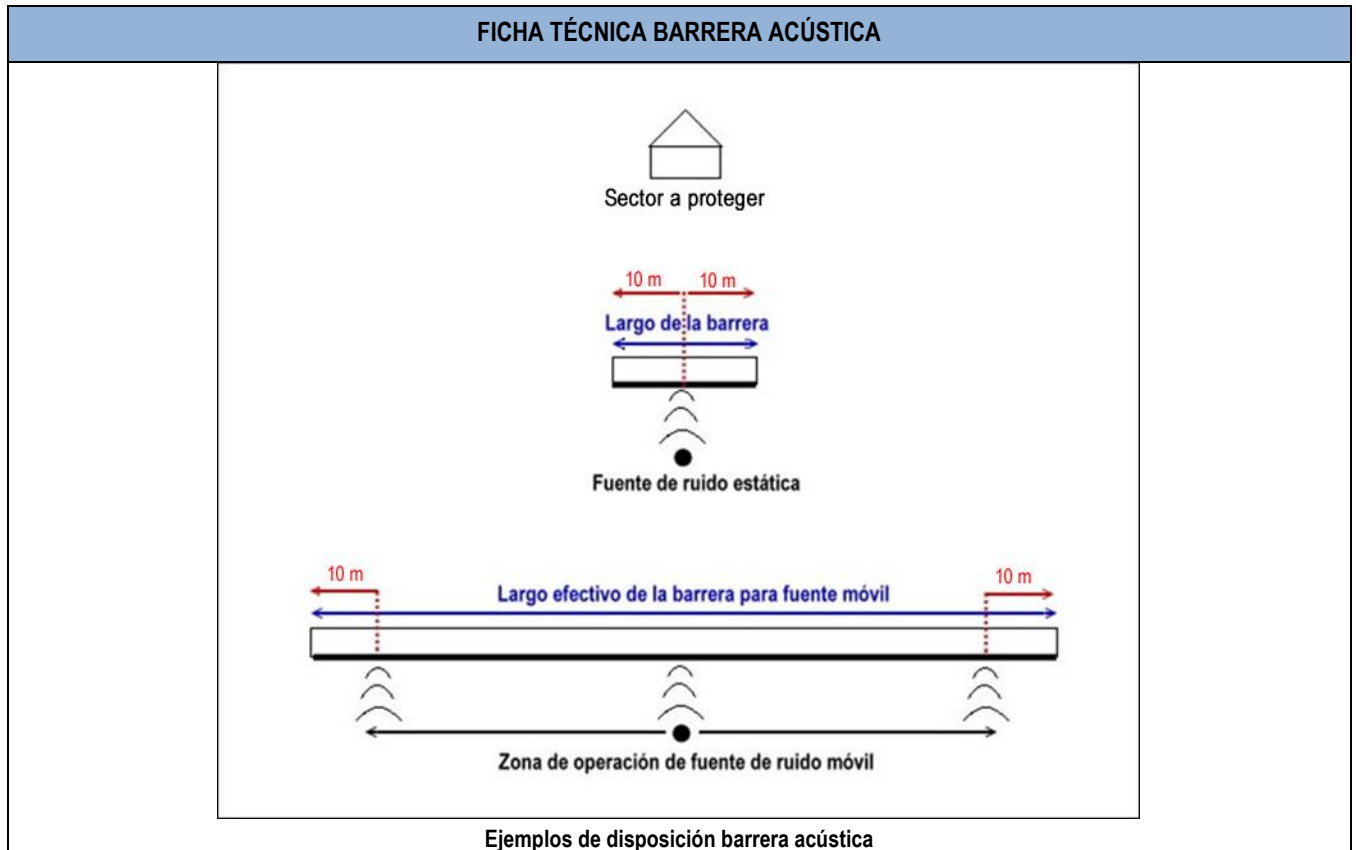


UBICACIÓN, DIMENSIONES Y DISTANCIAS

La barrera acústica deberá ubicarse de manera tal que bloquee la radiación directa desde la fuente de ruido hacia los receptores identificados, lo más cerca posible de las fuentes de ruido sin entorpecer el funcionamiento de las mismas o perjudicar la seguridad de sus operarios. Su altura deberá ser de al menos 2.4 [m] y su extensión dependerá del tamaño de las fuentes, abarcando al menos 10 [m] para cada lado (20 [m] en total) adicionales a la extensión del área que ocupan las mismas, dependiendo si éstas son estáticas o móviles.



FICHA TÉCNICA BARRERA ACÚSTICA



Ensanchamiento de calle

Debido a la cercanía de las faenas cercanas a distintos receptores para el ensanchamiento de calle General Blanche, es relevante también la implementación de medidas de control de ruido para dar cumplimiento con lo establecido por el D.S. 38/2011 del MMA. La propuesta de materialidad para estas barreras acústicas es la misma que se presentó anteriormente. Se deberá ubicar una barrera acústica de manera tal que bloquee la radiación directa desde la fuente de ruido hacia el receptor, como barrera perimetral. La altura de las barreras deberá ser de 3.6 [m] y su extensión dependerá del tamaño de las fuentes, abarcando al menos 10 [m] para cada lado (20 [m] en total) adicionales a la extensión del área que ocupan las mismas.

Restricción de maquinaria

De manera complementaria al uso de barreras acústicas perimetrales para el caso ensanchamiento de calle General Blanche se deberá restringir el uso de maquinaria pesada. El cargador frontal considerado con $L_w = 107$ [dB(A)] no deberá operar en paralelo a las cuatro (4) máquinas restantes del frente de trabajo.

8.2 Medidas de control de ruido para vibraciones

Como se mencionó en el acápite 7.3, se prevé superación del criterio de molestia en 1 punto evaluado del proyecto. Para este punto, y para cualquier estructura ubicada a una distancia menor a 40 metros de actividades con empleo de rodillo vibratorio, la medida de control consiste en emplear un rodillo vibratorio de menor tamaño (20.2 HP). Con esta condición, se realiza una proyección de un rodillo de menor tamaño, la cual se basa en información contenida en el estándar británico BS 5228-1-2009+A1-2014 “Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites - Part 2- Vibration”, del cual se realiza un extracto del modo de proyección para rodillos vibratorios.

Figura 2: Extracto normativa BS 5228-1 Part 2 Vibration

Operation	Prediction question	Scaling factors (and probability of predicted value being exceeded)	Parameter range
Vibratory compaction (steady state)	$v_{res} = k_1 \sqrt{n_d} \left[\frac{A}{x + L_d} \right]^{1.5}$	$k_1 = 75$ (50%) $k_1 = 143$ (33.3%) $k_1 = 276$ (5%)	$1 < n_d < 2$ $0.4 < A < 1.72$ mm $2 < x < 110$ m
Vibratory compaction (start up and run down)	$v_{res} = k_1 \sqrt{n_d} \left[\frac{A^{1.5}}{(x + L_d)^{3.3}} \right]$	$k_1 = 65$ (50%) $k_1 = 106$ (33.3%) $k_1 = 177$ (5%)	$0.75 < L_d < 2.2$ m
A	maximum amplitude of drum vibration, in millimetres (mm)	n_d	number of vibrating drums
L_d	vibrating roller drum width, in metres (m)	v_{res}	resultant PPV, in millimetres per second ($\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$)
L_p	room octave band sound pressure level, in decibels (dB)	x	distance measured along the ground surface, in metres (m)

Fuente: BS 5228-1-2009+A1-2014 Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites - Part 2- Vibration

En la Tabla 41 se muestra la información de entrada y el nivel PPV obtenido de acuerdo a la ecuación “Vibratory compaction (start up and run down)” y su equivalente en L_v , donde se utiliza como “Crest Factor7”, el valor de 4 indicado por la norma FTA “Transit Noise and Vibration Assessment Manual”. Como distancia se conservan los 25 [ft] (7.62 [m]) indicados como referencia por la FTA, a modo de aplicar las mismas ecuaciones antes declaradas (Acápite 5.2) para su proyección.

La ficha técnica del rodillo se encuentra en el Anexo III “Ficha Técnica Rodillo Vibratorio Pequeño” del presente documento.

Tabla 41: Datos de entrada proyección de nivel de vibración rodillo vibratorio

Parámetro	Valor	Unidades
kt	65	[%]
nd	1	[cantidad]
A	0.4	[mm]
x	7.62	[m]
L_d	1	[m]
Vres =	0.98	[mm/s]@7.62[m]
Vres =	0.04 / 80	[in/s]@25[ft] / [VdB] @25[ft]

$$7 \text{ Crest Factor} = \frac{V_{peak}}{V_{RMS}}$$

A continuación, se presentan los valores proyectados y la evaluación de cumplimiento para el criterio de molestia, utilizando un rodillo vibratorio pequeño:

Tabla 42: Valores PPV Proyectados y Evaluación de Cumplimiento. Criterio de Molestia FTA – Rodillo vibratorio*

Punto	Maquinaria	Distancia faena [m]	Distancia faena [ft]	Lv proyectado [VdB]	Lv Máximo permitido [VdB]	Observación
5''	Rodillo vibratorio*	35	115	61	72	Cumple

* De acuerdo a proyección de vibraciones según antecedentes de maquinaria y estándar BS 5228-1 Part 2- Vibration, presentados en Tabla 41.

De acuerdo a lo anterior, considerando un rodillo vibratorio de menor envergadura, sí cumple con el criterio de molestia para el punto 5'' y cualquier otra estructura ubicada a más de 13 [m] de actividades con esta maquinaria.

9 RESULTADOS Y EVALUACIÓN CON MEDIDAS DE CONTROL

9.1 Fase de construcción

En el presente capítulo se detallan los niveles de ruido generados durante la fase de construcción considerando la implementación de medidas de control de ruido indicadas en el capítulo anterior.

Tabla 43: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción.

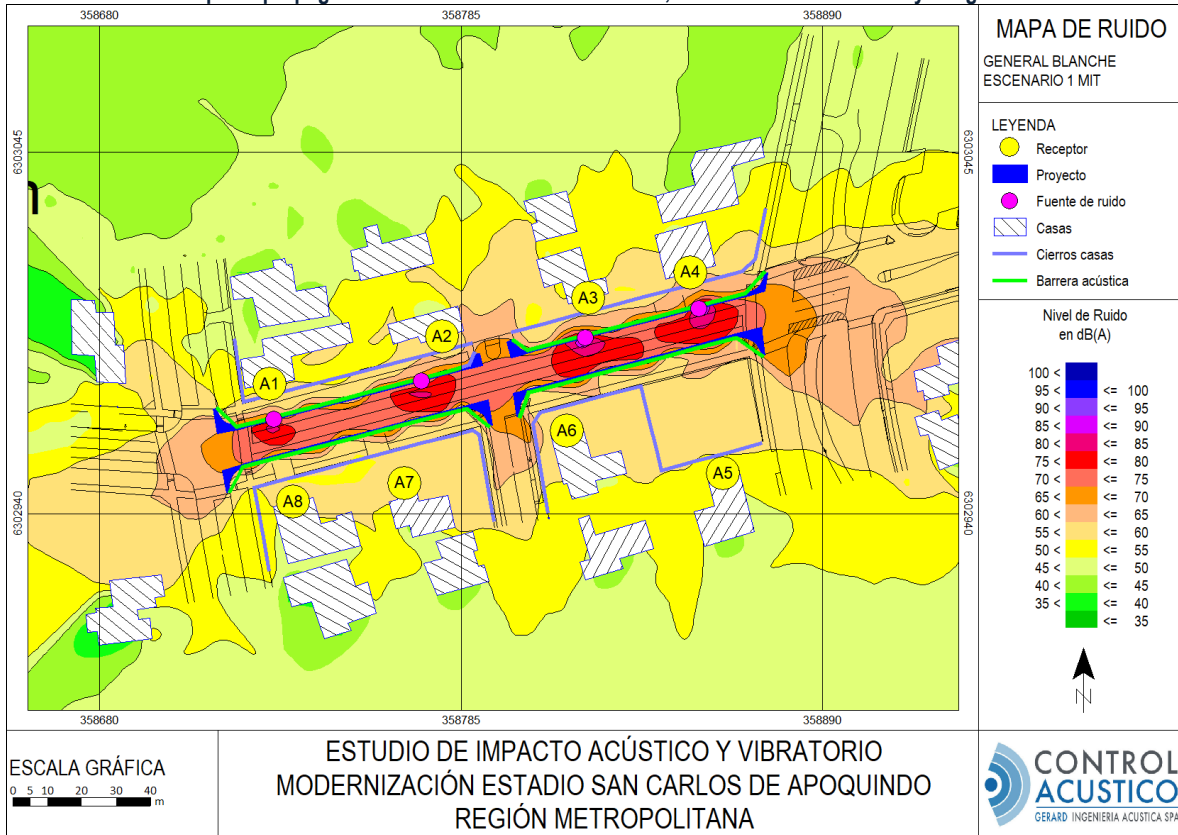
Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
R5'	1	54	60	Cumple
R5'	2	54	60	Cumple
R5'	3	54	60	Cumple
R5'	4	55	60	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

Se puede apreciar que con las medida de control propuesta de 2.4 [m] de altura, se cumple con los establecido por el D.S. N°38/2011 del MMA para el punto R5'.

Ensanchamiento de calle

Ilustración 19: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle y mitigación. Escenario 1



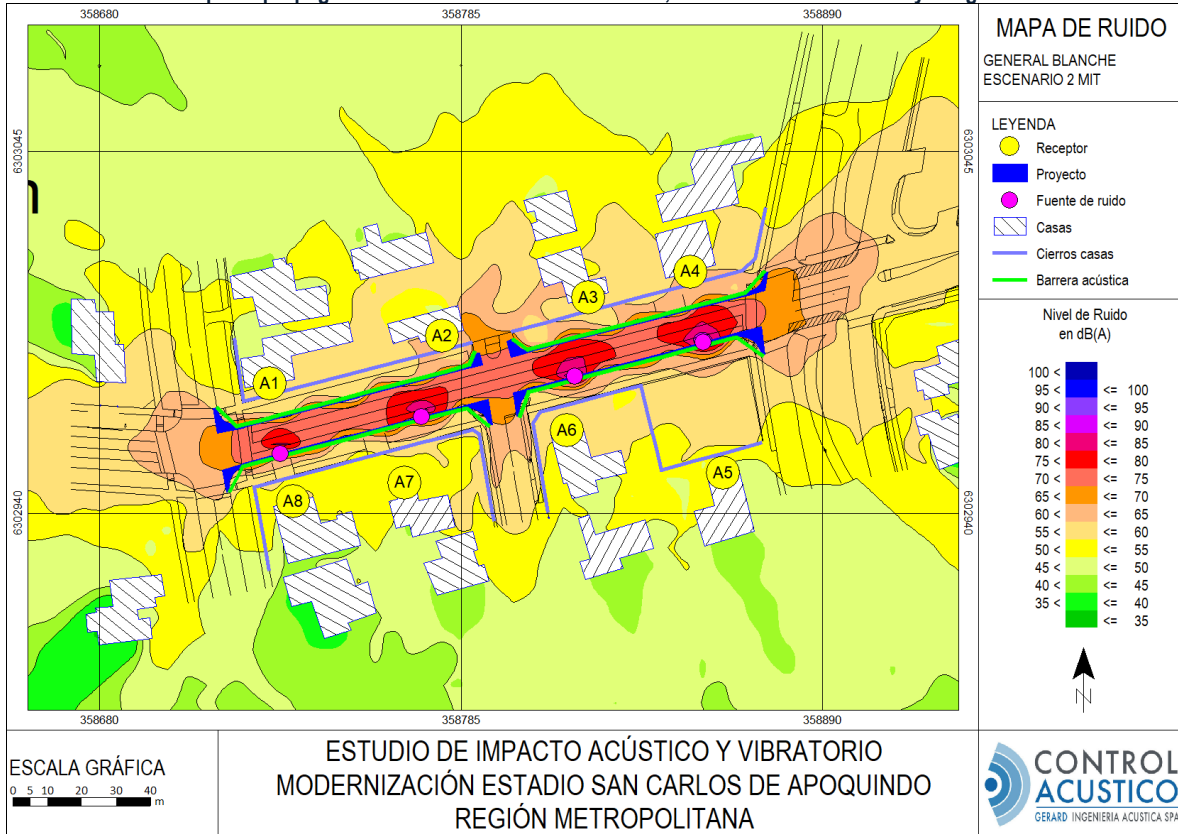
Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 44: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción. Ensanchamiento de calle. Escenario 1

Punto	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]*	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
A1	1	53	60	Cumple
A2	1	56	60	Cumple
A3	1	55	60	Cumple
A4	1	59	60	Cumple
A5	1	52	60	Cumple
A6	1	58	60	Cumple
A7	1	56	60	Cumple
A8	1	56	60	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

Ilustración 20: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción, ensanchamiento de calle y mitigación. Escenario 2



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2021.

Tabla 45: Evaluación de cumplimiento D.S. N° 38/2011 del MMA. Fase de construcción. Ensanchamiento de calle. Escenario 2

Punto*	Piso	NPS _{eq} Modelado [dB(A)]**	NPC Máximo permitido Periodo diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N°38/2011 del MMA
A1	1	55	60	Cumple
A2	1	58	60	Cumple
A3	1	56	60	Cumple
A4	1	59	60	Cumple
A5	1	49	60	Cumple
A6	1	56	60	Cumple
A7	1	53	60	Cumple
A8	1	54	60	Cumple

* Valor aproximado al entero más cercano.

Se puede apreciar que, con las medidas de control propuestas, se cumple con los máximos establecidos por el D.S. N°38/2011 del MMA para el ensanchamiento de calle General Blanche según escenario de evaluación 1 y 2.

9.2 Proyección de vibraciones

A continuación, se presentan los valores proyectados y la evaluación de cumplimiento para el criterio de molestia, utilizando un rodillo vibratorio pequeño:

Tabla 46: Valores PPV Proyectados y Evaluación de Cumplimiento. Criterio de Molestia FTA – Rodillo vibratorio*

Punto	Maquinaria	Distancia faena [m]	Distancia faena [ft]	Lv proyectado [VdB]	Lv Máximo permitido [VdB]	Observación
5"	Rodillo vibratorio*	35	115	61	72	Cumple

* De acuerdo a proyección de vibraciones según antecedentes de maquinaria y estándar BS 5228-1 Part 2- Vibration, presentados en Tabla 41.

De acuerdo a lo anterior, considerando un rodillo vibratorio de menor envergadura, sí cumple con el criterio de molestia para el punto 5" y cualquier otra estructura ubicada a más de 13 [m] de actividades con esta maquinaria.

10 CONCLUSIONES

El análisis acústico y vibratorio del proyecto se realizó mediante un modelo predictivo, donde fue posible representar las condiciones bajo las cuales se ejecutarán las actividades asociadas a las faenas de construcción del proyecto, estimando los niveles de ruido y vibración en los receptores identificados.

Los receptores cercanos fueron evaluados de acuerdo al máximo permitido por el D.S. N° 38/2011 del MMA, concluyendo que se cumplirá con los máximos permisibles tanto para las fases de construcción y operación del proyecto, considerando las medidas de control de ruido y vibraciones detalladas en el capítulo 8.

En virtud de todo lo anteriormente señalado, se asume que el proyecto “Modernización Estadio San Carlos De Apoquindo”, no generará un impacto acústico de carácter negativo en los receptores de interés considerando en la presente evaluación.

JOAQUÍN STEVENS CASTRO
INGENIERO CIVIL ACÚSTICO
JEFE DE PROYECTO
GERARD INGENIERÍA ACÚSTICA SPA.

MAX GLISSER DONOSO
INGENIERO CIVIL EN SONIDO Y ACÚSTICA
GERENTE TÉCNICO
GERARD INGENIERÍA ACÚSTICA SPA.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Decreto N° 38/2011 del MMA: *Establece Norma de Ruido generados para fuentes que indica*, elaborada a partir de la revisión del Decreto N° 146, de 1997, Ministerio Secretaria General de la República.
- Guía de evaluación ambiental: Componente Fauna Silvestre. D-PR-GA-01 publicada por el SAG del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile en 2016.
- Software Designers & Consulting Engineers for Noise Control & Environmental Protection *SoundPLAN* – User Manual.
- BS 5228: Part 1: 2009 - Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites.
- Transit Noise and Vibration Impact Assessment. Federal Transit Administration (FTA) – September 2018.

12 PROFESIONALES PARTICIPANTES

LISTADO DE PROFESIONALES	
Jefe de Proyectos	Joaquín Stevens Castro
Gerente de Proyectos	Claudio Salas Castro
Gerente Técnico	Max Glisser Donoso

13 GLOSARIO

- a) **Decibel [dB]:** Unidad adimensional usada para expresar 10 veces el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia.
- b) **Decibel A [dB(A)]:** Es la unidad adimensional usada para expresar el nivel de presión sonora, medido con el filtro de ponderación de frecuencias A.
- c) **Decibel C [dB(C)]:** Es la unidad adimensional usada para expresar el nivel de presión sonora, medido con el filtro de ponderación de frecuencias C.
- d) **Fuente emisora de ruido:** Toda actividad, proceso, operación o dispositivo que genere, o pueda generar, emisiones de ruido hacia la comunidad.
- e) **Ruido de fondo:** es aquel ruido que está presente en el mismo lugar y momento de medición de la fuente que se desea evaluar, en ausencia de ésta.
- f) **Nivel de Presión Sonora (NPS ó L_p):** Se expresa en decibeles [dB] y se define por la siguiente relación matemática:

$$NPS = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P} \right)$$

Donde:

P_1 : Valor efectivo de la presión medida

P : Valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijada en 2×10^{-5} [N/m²]

- g) **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq, ó Leg)**: Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.
- h) **Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS_{máx})**: Es el NPS más alto registrado durante el periodo de medición, con respuesta lenta.
- i) **Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS_{mín})**: Es el NPS más bajo registrado durante el periodo de medición, con respuesta lenta.
- j) **Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC)**: Es aquel nivel de presión sonora continuo equivalente, que resulte de aplicar el procedimiento de medición y las correcciones definidas en el D.S. N° 38/2011 del MMA.
- k) **Receptor**: Toda persona que habite, resida o permanezca en un recinto, ya sea un domicilio particular o en un lugar de trabajo, que esté o pueda estar expuesta al ruido generado por una fuente emisora de ruido externa.
- l) **Respuesta Lenta**: Es la respuesta temporal del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en [dB(A)] Lento.

ANEXO I NIVELES DE POTENCIA ACÚSTICA

Cálculo de potencias acústicas

El nivel de potencia acústica L_w (o NWS) se obtuvo a partir de mediciones de nivel de presión sonora a una distancia conocida desde la fuente de ruido y aplicando la expresión matemática que indica la Ecuación 6. Esta relación asume que la propagación de la onda diverge en forma de semi-esfera, simulando la ubicación de una fuente puntual sobre un plano reflectante donde la sección de propagación equivale a $2\pi r^2$:

$$NWS = NPS_{medido} + 20 \cdot \log_{10}(r) + 8 \quad 8 \quad \text{Ecuación 6}$$

Dónde:

- NWS : Nivel de Potencia Acústica (L_w o NWS).
 NPS_{medido} : Nivel de Presión Sonora (NPS) medido en [dB(A)] a una distancia r .
 r : Distancia en [m] a la cual se registró el NPS_{medido} .

⁸ Samir, Gerges. Fundamentos y Control de Ruido y Vibraciones.

- **Minicargador:**

Se midió un minicargador en operación, posicionando el sonómetro a una distancia de 3 [m] y a 1.5 [m] en su eje vertical del suelo, cuyo valor se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 47: Niveles de presión sonora. minicargador en operación.

DESCRIPCIÓN	NPS Bandas de frecuencia en [dB(A)]								NPS [dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Minicargador	65.5	71.5	74.5	76.5	75.5	72.5	68.5	59.5	81.8

Luego, reemplazando estos valores en la Tabla 48 encontraremos el nivel de potencia acústica NWS, el cual se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 48: Niveles de potencia acústica, minicargador en operación.

DESCRIPCIÓN	NWS Bandas de frecuencia en [dB(A)]								NWS [dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Minicargador	83.0	89.0	92.0	94.0	93.0	90.0	86.0	77.0	99.3

Como se puede apreciar en la Tabla 48, el nivel de potencia acústica Lw del minicargador es de 99.3 [dB(A)].

En la siguiente ilustración se muestra una fotografía de la medición para obtener el NPS del minicargador en operación.

Ilustración 21: Medición de NPS a minicargador en operación.



- **Camión Aljibe:**

El nivel de potencia acústica se obtuvo del estudio “Environmental Noise Monitoring” realizado por Umwelt (Australia) Pty Limited para Mackas Sand. El nivel de potencia acústica se puede apreciar a continuación destacado con amarillo.

period up until November 2010 when the mobile power screen was commissioned at Lot 220.

Table 4.1 – Noise Impact Assessment Modelled Sound Power Levels of Quarrying Operations at Lot 220

Equipment Description	Number of Machines modelled	Modelled SWL dB(A)	Total SWL dB(A)
Volvo 180F front-end loader (FEL)	4	108	114
Vibrating screen	1	113	113
Volvo A40 six-wheel articulated hauler	1	92	92
33-tonne road truck	1	102	102
Water cart	1	100	100
Sand processing plant/processing area	1	102	102
Total Modelled Sound Power Level (SWL) of equipment at Lot 220			117

Table 4.2 – Measured Sound Power Levels of Quarrying Operations at Lot 220 on 18 January 2011

Equipment Description	Number of Machines	Measured SWL dB(A)	Total SWL dB(A)
Volvo A350 six-wheel articulated hauler	2	110	113
Excavator, 3000kg SWL	1	95	95
Turbo Chieftain Mobile Power Screen	1	111	111
Total Measured Sound Power Level (SWL) of equipment at Lot 220			115

4.2.2 Road Traffic Noise Monitoring Results

Noise measurements of product trucks travelling to pick up and transport sand were conducted along the access road to the Mackas Sand and Soil Supplies site. A total of six truck movements associated with Mackas Sand were observed over the space of one hour. At the time of the attended noise monitoring program Mackas Sand was complying with the road traffic noise assessment criteria outlined in Table 2.2 with the LAeq, 1 hour from truck movements calculated to be 44 dB(A).

The EA indicated that during normal operations six laden trucks would typically leave the site per hour. Based on the monitoring of actual truck movements, 12 truck movements per hour (in plus out), Table 4.3 indicates this would equate to an LAeq, 1 hour of 47 dB(A), well below the day and night time criteria road traffic noise assessment criteria outlined in Table 2.2.

- **Motoniveladora:**

Para las modelaciones de la fase de construcción se utilizó la emisión indicada en un catálogo de una motoniveladora tipo. El nivel de potencia acústica se puede apreciar a continuación en el cuadro rojo.


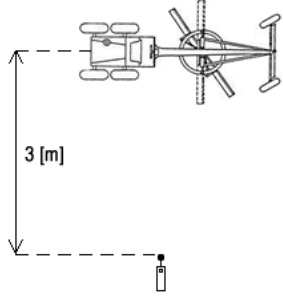
Ilustración 22: Lw Motoniveladora

120M2/120M2 AWD Motor Graders Specifications	
Weights – AWD	
Gross Vehicle Weight, Base	
Total	16 880 kg 37,214 lb
Front Axle	4435 kg 9,777 lb
Rear Axle	12 445 kg 27,438 lb
Gross Vehicle Weight, Maximum	
Total	22 220 kg 48,987 lb
Front Axle	7110 kg 15,675 lb
Rear Axle	15 110 kg 33,312 lb
Operating Weight, Typically Equipped	
Total	18 987 kg 41,859 lb
Front Axle	5268 kg 11,614 lb
Rear Axle	13 719 kg 30,244 lb
<ul style="list-style-type: none"> • Base operating weight calculated on standard machine configuration with 14.0R24 tires, full fuel tank, coolant, lubricants and operator. • Typically equipped operating weight is calculated with push block, rear ripper/scarifier, and other equipment. 	
Standards	
ROPS/FOPS	ISO 3471/ISO 3449
Steering	ISO 5010
Brakes	ISO 3450
Sound	ISO 6394; ISO 6395
<ul style="list-style-type: none"> • The static sound operator sound pressure level measured according to ISO 6394:2008 for a cab offered by Caterpillar, when properly installed, maintained and tested with doors and windows closed and engine cooling hydraulic fan at maximum speed is 70 dB(A). 	
<ul style="list-style-type: none"> • The dynamic spectator sound power level measured according to ISO 6395:2008 for the standard machine when equipped with optional sound suppression package and engine cooling hydraulic fan running at 70% of maximum speed, machine sound is 106 dB(A) for 120M2 and 120M2 AWD, complying with EU 2000/14/EC requirement. 	
Tires	
17.5 R25 Tire (14x25 Rim) Dimension Adjustments – Standard and AWD	
Height to Dimensions 1, 2, 8, 9, 10	-20 mm -0.8 in
Length Front Tire to Rear of Machine Dimension 6	-15 mm -0.6 in
Width to Tire Centerline Dimension 11	+103 mm +4.1 in
Width to Tire Front/Rear Tires Dimensions 12, 13	+192 mm +7.6 in
<ul style="list-style-type: none"> • Note: Dimension changes may vary by brand/type and inflation of tires. 	

Debido a que no se presentan los niveles por banda, para obtenerlos se realizó un ajuste de las bandas obtenidas de la medición de una motoniveladora en operación normal, posicionando el sonómetro a una distancia de 3 [m] y a 1.5 [m] en su eje vertical del suelo, cuyo valor se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 49: Ficha resumen de obtención de nivel de potencia acústica a partir de medición de nivel de presión sonora. Motoniveladora.

Fuente de ruido	Motoniveladora
Tipo de fuente	Puntual
Distancia de medición [m]	3.0

Fotografía de medición/ Croquis de medición									
Condiciones de operación	Motoniveladora DEERE 770 nivelando terreno, operando bajo condiciones normales.								
Método de medición	La medición se efectuó a 1.5 [m] del suelo, de acuerdo a las consideraciones señaladas en la normativa ISO 6395 "Earth-moving machinery -- Determination of sound power level -- Dynamic test conditions". La distancia de medición se determinó en función de las condiciones detectadas en terreno, de manera de obtener la contribución exclusiva de la maquinaria muestreada, no considerando fuentes externas presentes en su alrededor. El tiempo de muestreo fue representativo del ciclo de trabajo experimentado por la motoniveladora.								
	Bandas de octava de frecuencia [Hz]								[dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
NPS _{eq} medido [dB(A)]	75.5	77.5	81.5	82.5	79.5	77.5	74.5	69.5	87.7

El nivel de potencia acústica L_w aplicando la expresión matemática que indica la Ecuación 7. Esta relación asume que la propagación de la onda diverge en forma de semi-esfera, simulando la ubicación de una fuente puntual sobre un plano reflectante donde la sección de propagación equivale a $2\pi r^2$:

$$NWS = NPS_{medido} + 20 \cdot \log_{10}(r) + 8 \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

- NWS : Nivel de Potencia Acústica (L_w o NWS).
 NPS_{medido} : Nivel de Presión Sonora (NPS) medido en dB(A) a una distancia r .
 r : Distancia en [m] a la cual se registró el NPS.

El nivel de potencia acústica se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 50: Niveles de potencia acústica, Motoniveladora en operación.

DESCRIPCIÓN	NWS Bandas de frecuencia en [dB(A)]								NWS [dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Motoniveladora en operación	93	96	99	100	98	95	92	87	106

⁹ Samir, Gerges. Fundamentos y Control de Ruido y Vibraciones

Se puede observar que la diferencia entre el L_w de la Tabla 50 y el de la Ilustración 22, es de 0.8, el cual es sumado a cada banda, con el fin de ajustar la curva al L_w esperado (106 [dB(A)]).