SONOTEC

INFORME DE EVALUACIÓN IMPACTO RUIDO Y VIBRACIONES

PROYECTO:	Modificación Distrito Norte
UBICACIÓN:	Tocopilla, Región de Antofagasta.
SOLICITANTE:	Mantos de la Luna S.A.
FECHA:	9 de junio de 2026
NÚMERO INF:	INF N°2026_2528

INDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN 3

2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO 4

3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS DE RUIDO 5

4 METODOLOGIA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ACÚSTICO 6

5 AREA DE INFLUENCIA 8

6 LINEA BASE DE RUIDO DE FONDO Y VIBRACIONES 16

7 PROYECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO 25

8 PROYECCIONES DE VIBRACIONES 45

9 PREDICCIÓN DE NIVELES DE PRESION SONORA Y VIBRACIÓN DE TRONADURAS 49

10 CONCLUSIONES 56

11 ANEXO 1 – MARCO NORMATIVO 57

12 ANEXO 2 – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN INSTRUMENTAL 65

13 ANEXO 3 – BIBLIOGRAFIA 76

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio evalúa el impacto de los compontes ruido y vibraciones ambientales de acuerdo con la **"GUÍA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO Y VIBRACIÓN EN EL SEIA"** para el proyecto **"MODIFICACION DISTRITO NORTE"**, ubicado en la comuna de Tocopilla, Región de Antofagasta.

Las componentes ruido y vibraciones se evalúan de forma separada como lo indica la "GUÍA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO Y VIBRACIÓN EN EL SEIA" de acuerdo a las siguientes normativas:

- **RUIDO:**

Decreto Supremo Nº38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente "Norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica".

Guía para la Descripción de los Componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA (SEA, 2022).

Norma Australiana AS2187.2 – 2006.

- **VIBRACIONES:**

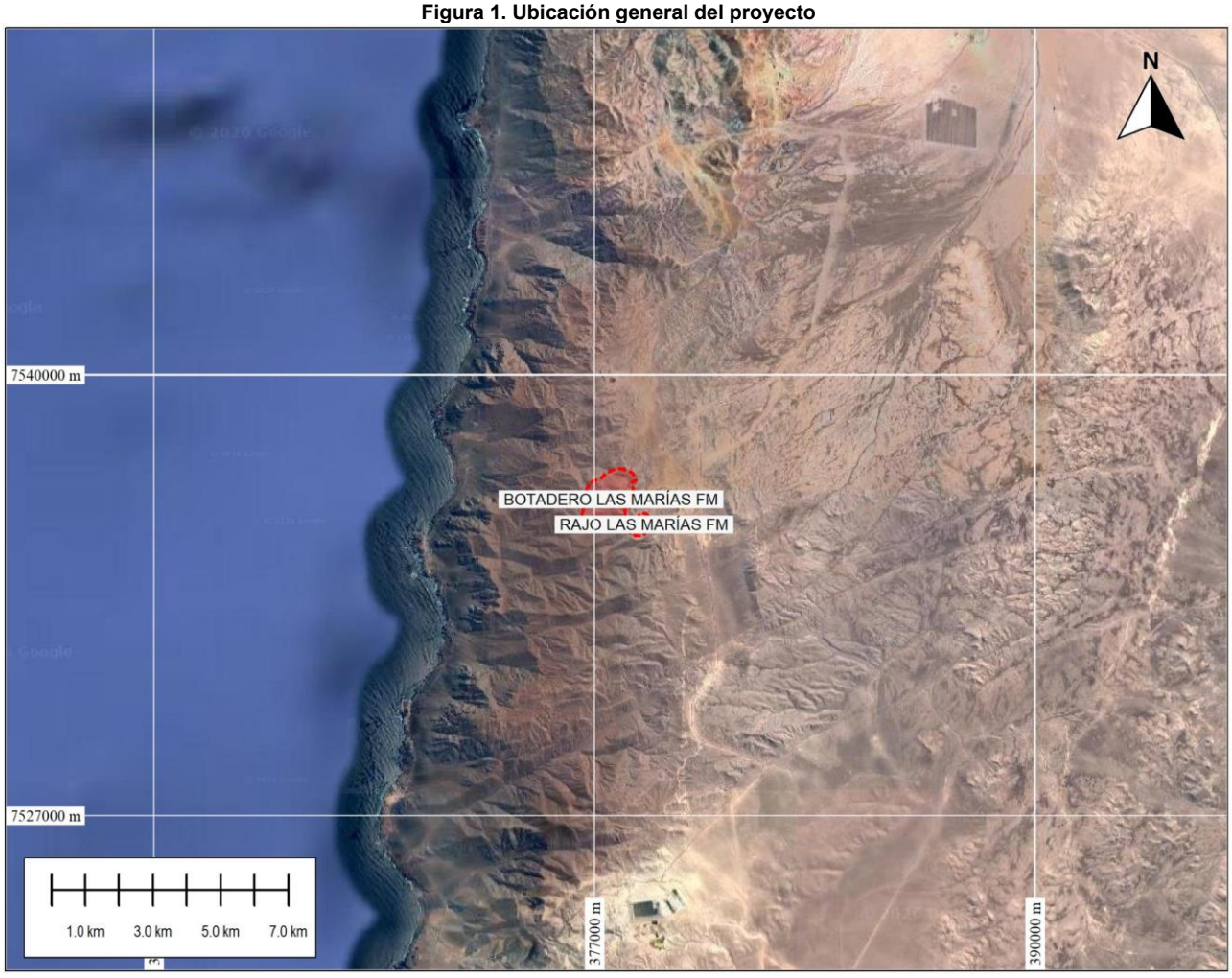
"Transit Noise and Vibration Impact Assessment" de la Federal Transport Administration (FTA).

Norma Australiana AS2187.2 – 2006.

2 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a la modificación del proyecto distrito norte de la Compañía Minera Mantos de la Luna, tiene como propósito extender la vida útil y aumentar la tasa de explotación del “Proyecto Distrito Norte”. Esto, a través de una mayor explotación del yacimiento de cobre Las Marías, ubicado en el área misma del Proyecto Distrito Norte, siendo la continuidad del Yacimiento Las Marías.

Figura 1. Ubicación general del proyecto



3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS BASICOS DE RUIDO

- **Decibel (dB):** unidad adimensional usada para expresar 10 veces el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia.

- **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.

- **Fuente Emisora de Ruido:** toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido hacia la comunidad. Se excluyen de esta definición las actividades señaladas en el artículo 5º (redes de infraestructura de transporte, como, por ejemplo, el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo, tránsito aéreo, la actividad propia del uso de viviendas y edificaciones habitacionales, tales como voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares realizadas en este tipo de viviendas., el uso del espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares, Sistemas de alarma y de emergencia, voladuras y/o tronaduras.

- **Nivel de Presión Sonora (NPS):** se expresa en decibeles (dB) y se define por la siguiente relación matemática:

$$NPS = 20 \text{ Log } (P1 / P) \text{ dB},$$

en que:

- P1: valor de la presión sonora medida; y
- P: valor de la presión sonora de referencia, fijado en 2x10-5 (N/m²)

- **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq o Leq):** 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.

4 METODOLOGIA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ACÚSTICO

De acuerdo con la reglamentación vigente, las fuentes fijas de ruido del periodo de operación y cierre del proyecto serán evaluadas de acuerdo con los límites establecidos por el D.S. N°38/11 del MMA.

El Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente, publicado en el diario oficial el 12 de junio de 2012, establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos (NPC) y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes hacia la comunidad, tales como actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras.
En la norma se establecen cinco zonas, las cuales son definidas de acuerdo a los Planes Reguladores Comunales existentes:

- **Zona I:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial 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 Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona I, Equipamiento de cualquier escala.

- **Zona III:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial 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 instrumento de Planificación Territorial 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 Instrumento de Planificación Territorial respectivo.

Los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán exceder los valores de la Tabla 1.

Tabla 1. Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A)

ZONA	DE 7 A 21 HORAS	DE 21 A 7 HORAS
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Para zonas rurales se aplicará como nivel máximo permisible de presión sonora corregido (NPC), el menor valor entre:

- Nivel de ruido de fondo + 10 dB(A)
- NPC para Zona III
- Este criterio se aplicará tanto para el período diurno como nocturno, de forma separada.

Para el caso de mediciones internas, se deberá realizar una corrección sobre los niveles obtenidos en la letra b) precedente, ya sea si existen puertas, ventanas o vanos en las paredes o techumbres que puedan incidir en la propagación del ruido hacia el interior:

Tabla 2. Correcciones ventana, puerta o vano.

CONDICIÓN	CORRECCIÓN
Puerta y /o ventana abierta (o vano)	+ 5 dB(A)
Puerta y /o ventana cerrada o ausencia de ellas	+ 10 dB(A)

5 AREA DE INFLUENCIA

El Área de influencia se definirá considerando propagación de onda para una fuente semiesférica (fuentes puntuales) lo que implica teóricamente atenuaciones de 6 dB por duplicación de distancia y otra área para la vía de acceso (fuente lineal) considerando propagación de onda de una fuente cilíndrica lo que implica teóricamente una atenuación de 3 dB por duplicación de distancia. Ambas propagaciones de onda máximas deben representar la peor condición, es decir, sin considerar obstáculos y con suelo reflectante. En general, para la correcta definición de área de influencia potencial del proyecto se debe considerar los siguientes criterios:

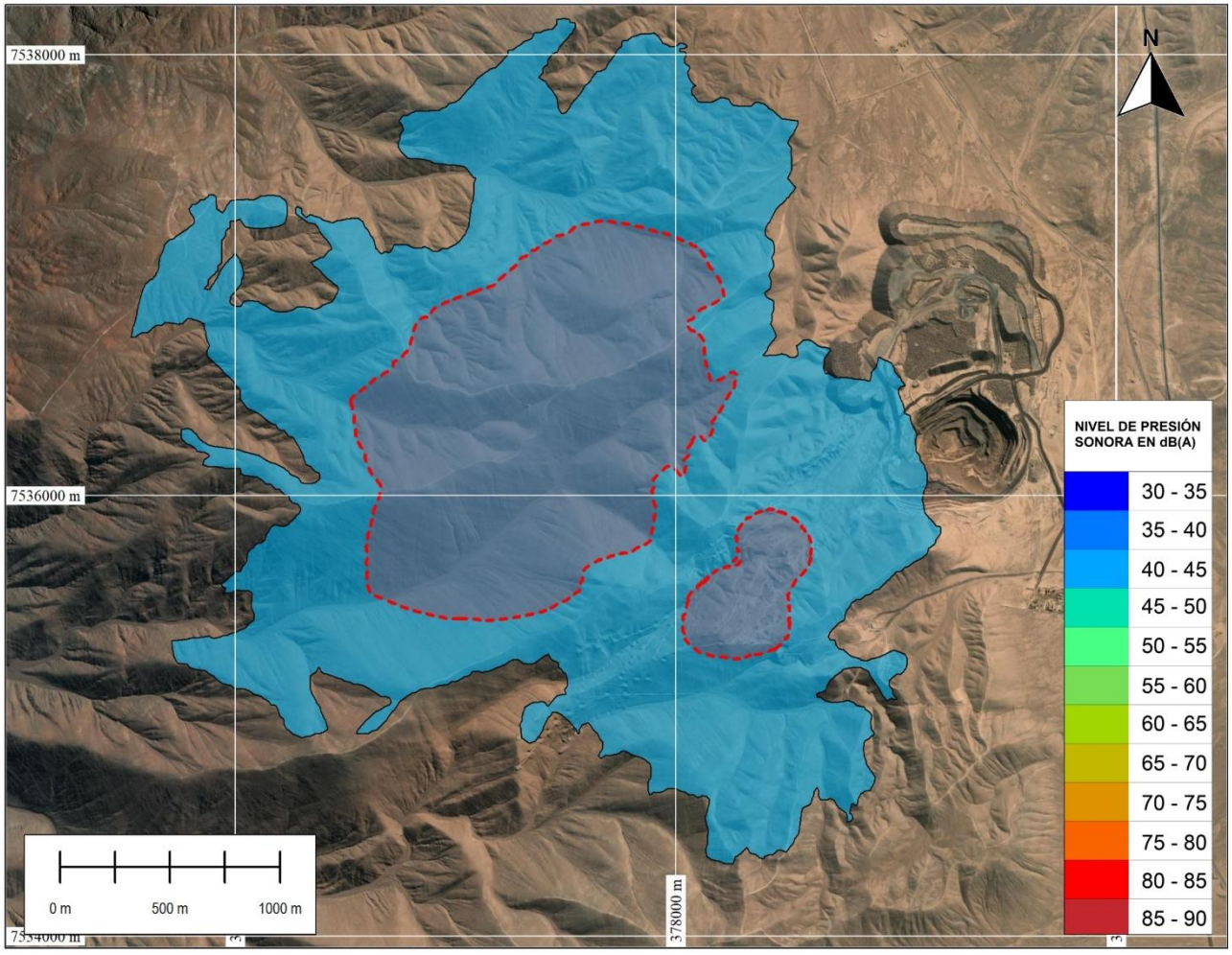
- Emisión máxima de fuentes de ruido.
- Ubicación más desfavorable de las fuentes de ruido, respecto al receptor.
- Considerar la zona total de intervención del proyecto (directa e indirecta).
- Ciclo temporal (diario, semanal o estacional) que presente menores niveles.
- Una potencial área de influencia del proyecto: calculando distancia en la cual los niveles de inmisión proyectados se igualan a los estándares a cumplir.

Para una situación en zona rural, se deberá determinar el área de influencia del proyecto calculando la distancia en la cual los niveles proyectados se igualan a los niveles que caractericen la situación basal con o sin ponderación de frecuencia, según corresponda. Con estos antecedentes, se debe indicar las coordenadas que definen el polígono del área de influencia. En caso de no estar definida la situación basal, y para efectos de la letra a) del Art. 11 de la Ley N°19.300, se deberá considerar el valor de 35 dBA como situación más desfavorable, asumiendo que ésta corresponde a una situación rural con nivel basal de ruido de 25 dBA y a la cual se aplica el DS N°38/11 del MMA. De manera equivalente para una situación urbana, se deberá considerar valor de 45 dBA para periodo diurno y 35 dBA para periodo nocturno (10 dBA menor a lo establecido para zona I).

De esta forma, El área de influencia se estima hasta los 41 dBA correspondiente al nivel más bajo de los puntos medidos en la campaña de línea base para el periodo diurno en el cual se realizarán los trabajos de operación.

Dicha área se extiende hasta una distancia máxima aproximada de 1.066 metros medidos desde el perímetro del proyecto, como se muestra en la figura siguiente, la cual fue elaborada en software Cadna/A según ISO9613-2 y postprocesada con objeto de ser superpuesta en Google Earth para simplicidad de representación del área de influencia en relación al entorno del proyecto.

Figura 2. Area de Influencia del proyecto.



5.1 RECEPTORES: D.S. N°38/11 MMA

En el área de influencia estimada del proyecto existen 4 puntos, receptores representativos de la amplia diversidad de receptores ubicados en torno al proyecto. A continuación, se entrega la ubicación e identificación de dichos receptores.

Tabla 3. Coordenadas WGS84(19K) y descripción de receptores D.S. N°38/11 del MMA.

IDENTIFICACIÓN	COORDENADAS WGS84(19K)		DESCRIPCIÓN	ZONA D.S. N°38/11
	ESTE [m]	NORTE [m]		
R1	387572	7548322	Central Tamaya HDR	Rural
R2	379064	7525441	Instalaciones existentes Mantos de la Luna	Rural
R3	372109	7535158	Viviendas en sector “Punta Atala”	Rural
R4	372702	7538199	Viviendas en sector “La Rinconada”	Rural

Figura 3. Ubicación general del proyecto y receptores D.S. N°38/11 del MMA.

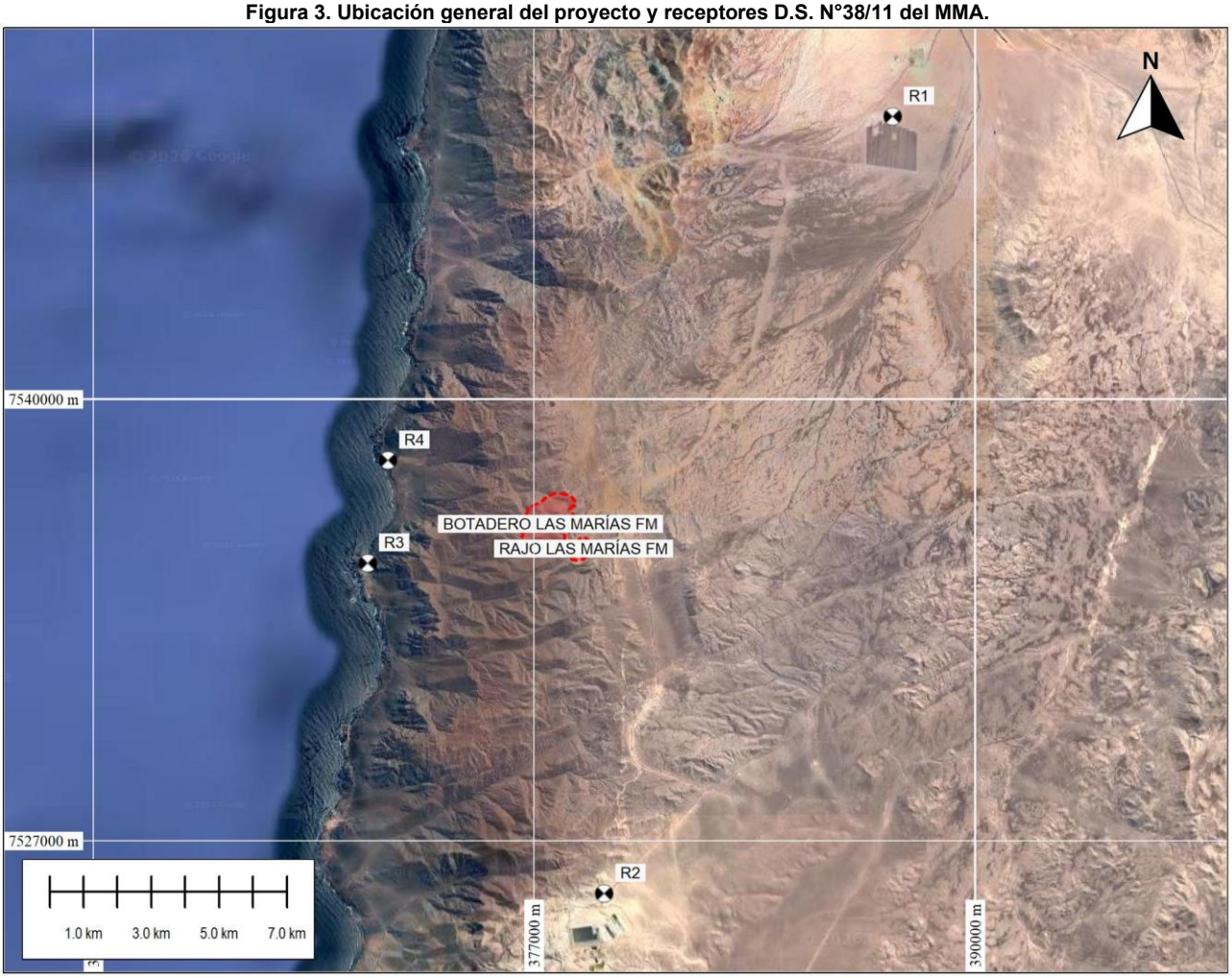


Figura 4. Detalle ubicación Receptor R1.

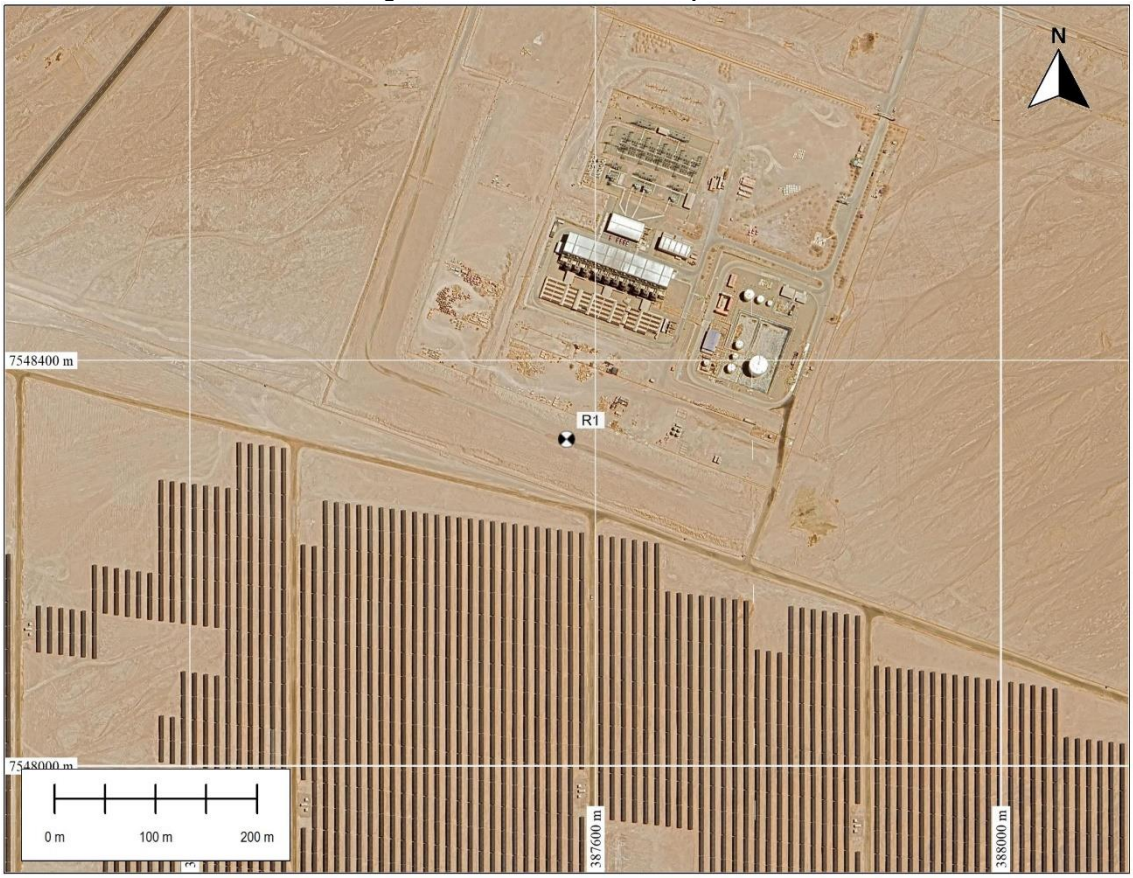


Figura 5. Detalle ubicación Receptor R2.

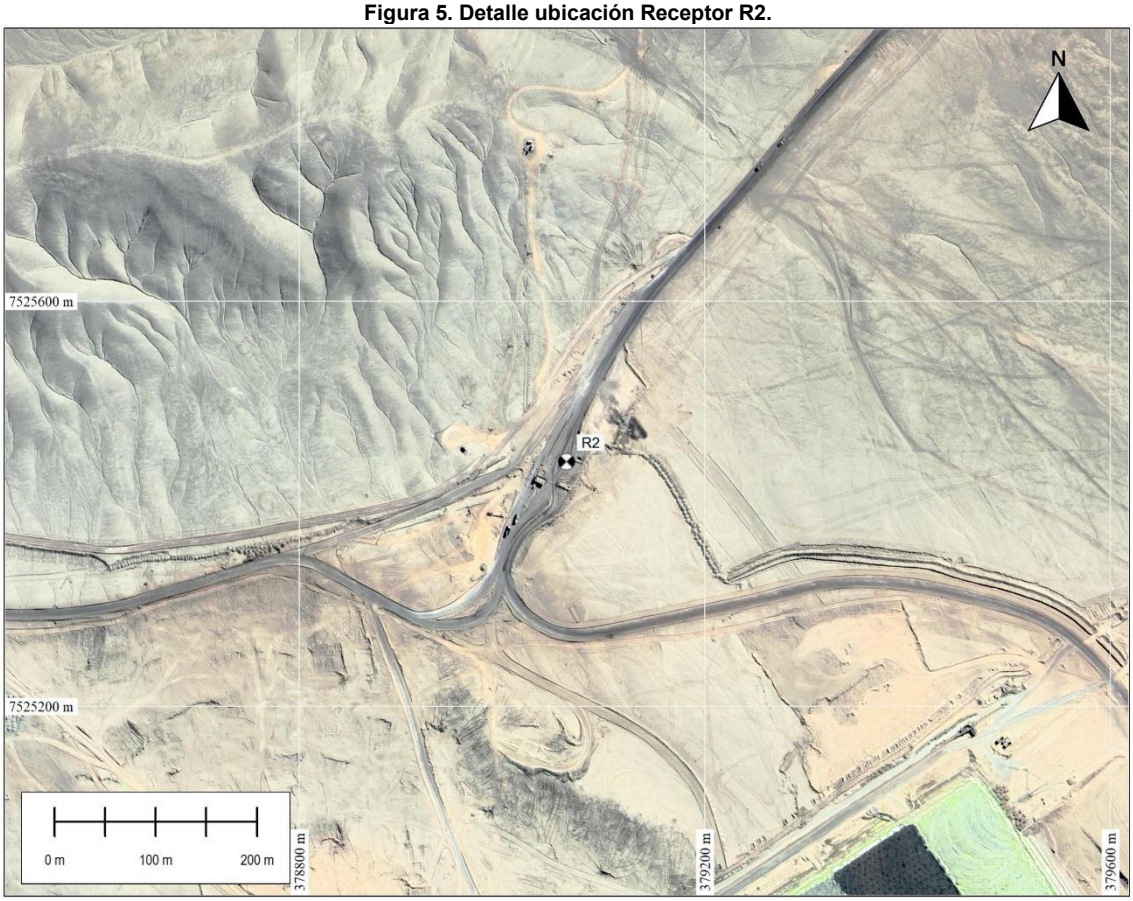


Figura 6. Detalle ubicación Receptor R3.



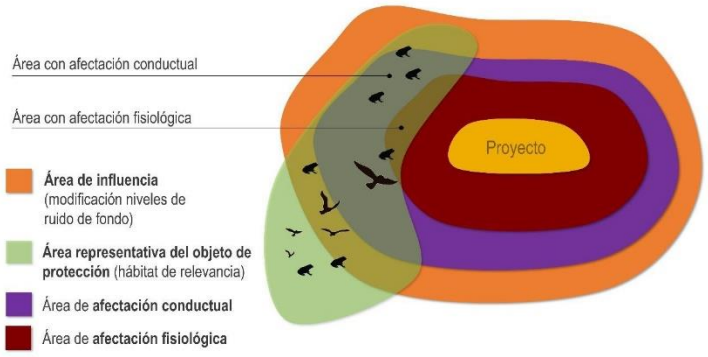
Figura 7. Detalle ubicación Receptor R4.



5.2 RECEPTORES: FAUNA

De acuerdo con lo señalado por la Guía Metodológica Para La Descripción De Ecosistemas Terrestres (Sea, 2024), se deberá cuantificar la superficie de los receptores de impactos. Al respecto, se deberá determinar un área representativa del objeto de protección (hábitat de relevancia) sobre el AI, esto por constituir un componente dinámico desde el punto de vista de su movilidad.

Figura 8. Esquema para la evaluación de impactos. Fuente: SEIA.



A continuación, se presenta un listado de referencias que podrán ser utilizadas para fines de establecer umbrales de referencia para la evaluación de impacto.

Tabla 4. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre anfibios.

DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Cambio de frecuencia en las vocalizaciones	Conductual	Continua (ruido ambiental)	promedio 62 dB(C)	Shieh, et al,2012
Reducción en duración de cantos en anuros machos	Conductual	Continua intermitente (transporte)	72 dB(A) promedio	Shannon et al, 2016

Tabla 5. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre reptiles.

DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Cambios de conducta general	Conductual	Continua (ruido ambiental)	promedio 72 dB(Z)	Narins, 2018 Simmons &
Dificultad para localización	Conductual	Continua Intermitente (transporte)	75 dB(C) promedio	Shannon et al,, 2016,

Tabla 6. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre avifauna.

DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Cambio de frecuencia en vocalizaciones	Conductual	Continua (ruido ambiental)	promedio 60 dB(A)	Dooling et al 2007
Disminución del éxito reproductivo	Conductual	Continua (ruido ambiental)	58 dB(A) promedio	Shannon et al 2016
		Intermitente (ruido de construcción, transporte)	68 dB(A) promedio	
Efectos sobre la fisiología y desarrollo	Fisiológico	Continua intermitente (transporte)	60 dB(A) máx	
Aumento del estado de alerta y vigilancia	Conductual	Impulsiva (militar o tronaduras)	80 dB(A) máx 63 dB(A) promedio	
Daño auditivo directo	Fisiológico	Impulso único (tronaduras)	140 dB(A) máx	Dooling et al 2007
Desplazamiento temporal del umbral auditivo		Impulsos múltiples (construcción, martillo neumático por ej,) y ruido de transporte	93 dB(A) máx	

Tabla 7. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre mamíferos.

DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Interrupción en la búsqueda del alimento en murciélagos	Conductual	Continua intermitente (transporte)	80 dB(A) promedio	Shannon et al 2016
Reducción de eficiencia reproductiva	Conductual	Continua Intermitente (construcción, industrial)	68 dB(A) promedio	
Incremento de ritmo cardiaco y alteración de dinámicas de descanso y movilidad en ungulados	Fisiológico – Conductual	Impulsiva (militar)	85 dB(Z) promedio	

De acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, en el área de influencia estimada del proyecto no existen puntos, receptores o áreas protegidas evaluables bajo esta categoría.

5.3 RECEPTORES: VALOR TURISTICO

En el área de influencia estimada del proyecto no existen puntos, receptores o áreas evaluables bajo esta categoría.

5.4 RECEPTORES: COMUNIDADES

En el área de influencia estimada del proyecto no existen puntos, receptores o áreas evaluables bajo esta categoría.

5.5 RECEPTORES: PATRIMONIO CULTURAL

En el área de influencia estimada del proyecto no existen puntos, receptores o áreas evaluables bajo esta categoría.

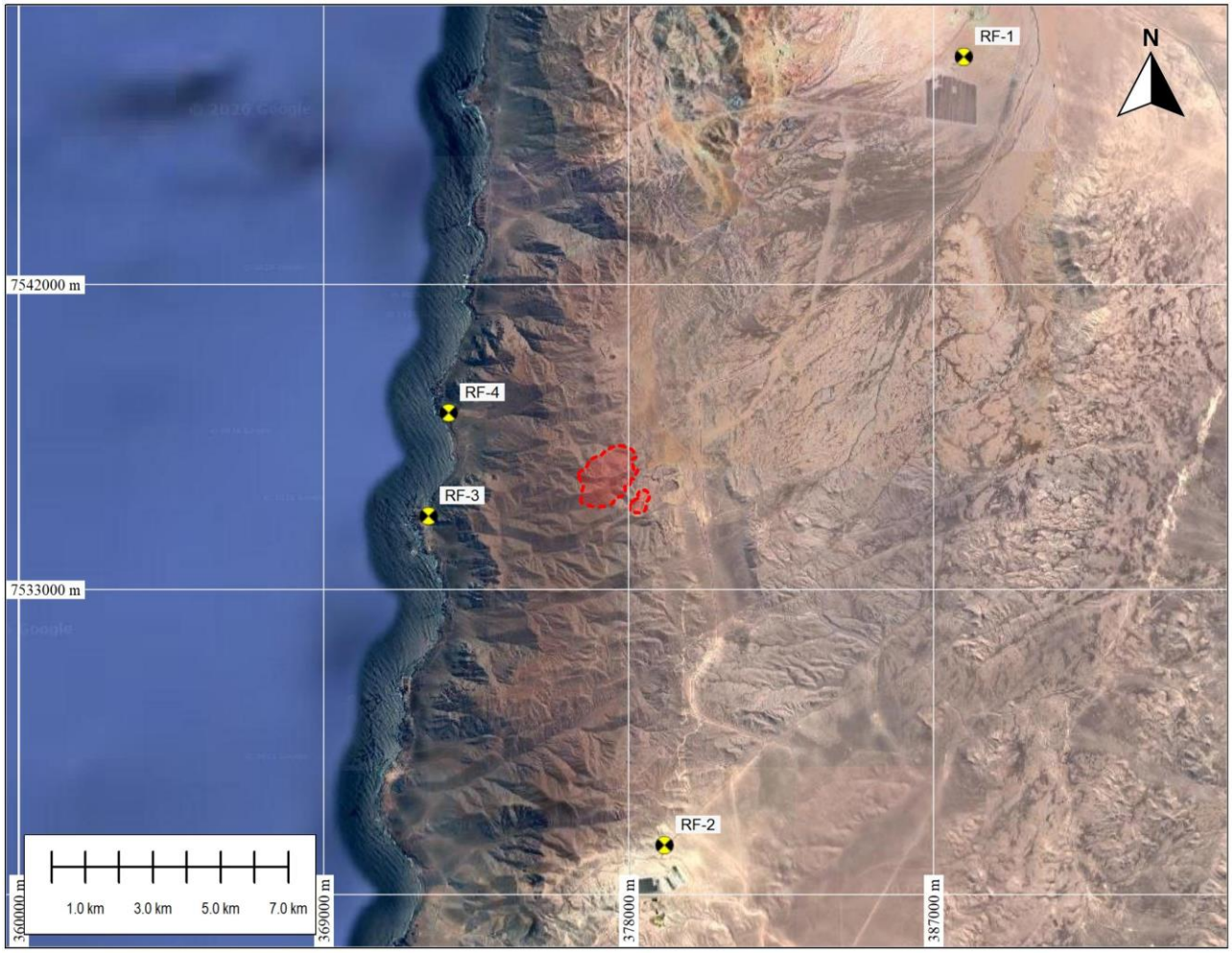
6 LINEA BASE DE RUIDO DE FONDO Y VIBRACIONES

A continuación, se presentan de manera referencial los resultados de la medición de línea base de ruido y vibración realizada, la cual se utilizará para establecer los limites NPC de acuerdo con lo indicado por el D.S. Nº38/11 del MMA para zona Rural.

De acuerdo con el procedimiento de medición establecido por el D.S. Nº38/11 del MMA, los registros de línea base se realizan en condiciones del menor ruido de fondo posible, considerando el ciclo temporal que presentó los menores niveles de ruido basal presente en el entorno al área total de intervención del proyecto, es decir, menor influencia del tráfico vehicular, viento, fauna y otras fuentes de ruido características del sector.

Para las mediciones de ruido, el instrumental de medición se ubicó a 1,5 metros del suelo y a 3 metros de distancia de superficies reflectantes, en el exterior de los predios receptores, en la fachada más expuesta a las futuras emisiones sonoras del proyecto, con el fin de representar la condición más desfavorable. Se registraron los valores de Nivel de Presión Sonora Equivalente (NPSeq), Mínimo (NPSmin) y Máximo (NPSmáx), en dBA-Lento, en forma consecutiva hasta que la lectura del instrumento se estabilice, vale decir, hasta que la diferencia aritmética entre dos lecturas de NPSeq consecutivas es menor o igual a 2 dB, cada cinco minutos de medición, con un período total de medición no superior a los 30 minutos.

Figura 9. Ubicación general de puntos de medición de línea base.



En la siguiente tabla se entregan las coordenadas en formato WGS84 (19K) de los puntos de medición line base.

Tabla 8. Identificación de puntos de medición y coordenadas WGS84(19K) de puntos de línea base.

PUNTO	TIPO	ESTE [m]	NORTE [m]
RF1	D.S. N°38/11	387908	7548704
RF2	D.S. N°38/11	379064	7525441
RF3	D.S. N°38/11	372109	7535158
RF4	D.S. N°38/11	372702	7538199

6.1 RESUMEN MEDICIONES DE RUIDO DE FONDO/VIBRACIONES D.S. N°38/11 MMA.

A continuación, se presenta un resumen de los niveles de ruido de fondo registrados para cada uno de los puntos de medición realizada, la cual se utilizará para establecer los limites NPC de acuerdo con lo indicado por el D.S. Nº38/11 del MMA para zona Rural.

Tabla 9. Resumen de niveles de ruido de fondo.

PUNTO	RUIDO DE FONDO (NPSeq 10 min) [dBA]	
	DIURNO	NOCTURNO
RF1	41	37
RF2	45	39
RF3	42	37
RF4	49	44

Figura 10. Ubicación de punto de medición RF1.

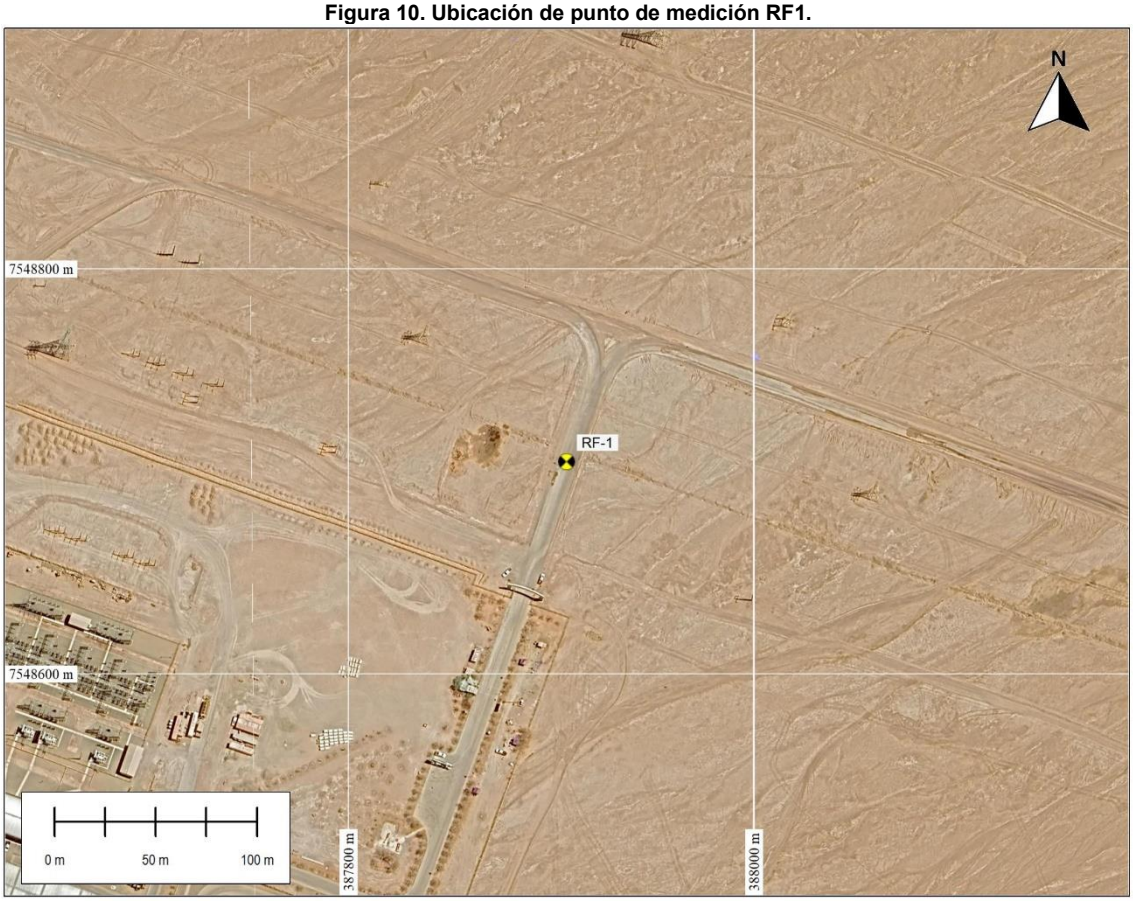


Figura 11. Ubicación de punto de medición RF2.



Figura 12. Ubicación de punto de medición RF3.



Figura 13. Ubicación de punto de medición RF4.



6.2 FICHAS DE MEDICIÓN DE RUIDO DE FONDO

A continuación, se entregan los detalles de las condiciones de medición de ruido de fondo por cada uno de los puntos. En general en los puntos de medición el ambiente sonoro se compone principalmente de tránsito vehicular proveniente de Ruta 1, oleaje y viento, el cual predomina durante las mediciones de ruido de fondo.

Tabla 10. Ficha de medición de ruido de fondo RF1.

IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN		
Coordenadas UTM (19K)	387908	7548704
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO DIURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 12:13	
NPSeq 5 min dB(A)	42	
NPSeq 10 min dB(A)	41	
Descripción de ruido de fondo	Sub estación eléctrica y viento	
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO NOCTURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 21:50	
NPSeq 5 min dB(A)	37	
NPSeq 10 min dB(A)	37	
Descripción de ruido de fondo	Planta eléctrica y viento	



Tabla 11. Ficha de medición de ruido de fondo RF2.

IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN		
Coordenadas UTM (19K)	379064	7525441
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO DIURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 13:12	
NPSeq 5 min dB(A)	47	
NPSeq 10 min dB(A)	45	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular liviano y pesado, actividades mineras distantes.	
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO NOCTURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 22:36	
NPSeq 5 min dB(A)	38	
NPSeq 10 min dB(A)	39	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular liviano y pesado	



Tabla 12. Ficha de medición de ruido de fondo RF3.

IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN		
Coordenadas UTM (19K)	372109	7535158
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO DIURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 15:35	
NPSeq 5 min dB(A)	42	
NPSeq 10 min dB(A)	42	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular ruta 1, viento y oleaje distante	
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO NOCTURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 23:52	
NPSeq 5 min dB(A)	38	
NPSeq 10 min dB(A)	37	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular ruta 1, viento y oleaje distante	



Tabla 13. Ficha de medición de ruido de fondo RF4.

IDENTIFICACIÓN PUNTO DE MEDICIÓN		
Coordenadas UTM (19K)	372702	7538199
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO DIURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 15:02	
NPSeq 5 min dB(A)	50	
NPSeq 10 min dB(A)	49	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular ruta 1, viento y oleaje distante	
MEDICIÓN RUIDO DE FONDO HORARIO NOCTURNO		
Fecha/ Horario de Medición	04-06-2025 / 23:19	
NPSeq 5 min dB(A)	44	
NPSeq 10 min dB(A)	44	
Descripción de ruido de fondo	Tránsito vehicular ruta 1, viento y oleaje distante	



7 PROYECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO

7.1 METODOLOGIA DE PROYECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO

La metodología se basa en la normativa ISO 9613, que utiliza los principios de atenuación divergente junto a atenuación extra introducida por obstáculos (terreno y edificios entre otros) y propagación a través del aire. El modelo utiliza las potencias acústicas de las fuentes de ruido que considera el proyecto y entrega los niveles en puntos de evaluación específicos, así como también permite el desarrollo de mapas de ruido.

El modelo implementado se calculó en el software Cadna/A, el cual permite incorporar las variables físicas del entorno y las características acústicas de las fuentes de ruido. En el modelo se fijó en 10 [ºC] y la humedad relativa del aire en 70[%], dado que constituye un escenario desfavorable por la baja atenuación de la propagación de la onda sonora debido a estos efectos meteorológicos. De acuerdo a lo anterior, el escenario modelado representa una estacionalidad climática crítica.

Tabla 14. Datos de entrada para la proyección de niveles de presión sonora en Cadna/A.

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

De acuerdo a la tabla 5 de la norma ISO 9613-2, los resultados brutos obtenidos en el modelo de predicción se presentan corregidos en +3 dB.

Tabla 15. Precisión estimada para ruidos de banda ancha según tabla 5 ISO 9613-2.

ALTURA “h” [m]	DISTANCIA “d”[m]	
	0<d<100	100<d<1000
0<h<5	+3dB	+3dB
5<h<30	+1dB	+3dB

***Donde h: Altura media de la fuente y el receptor y d: Distancia entre fuente y receptor.**

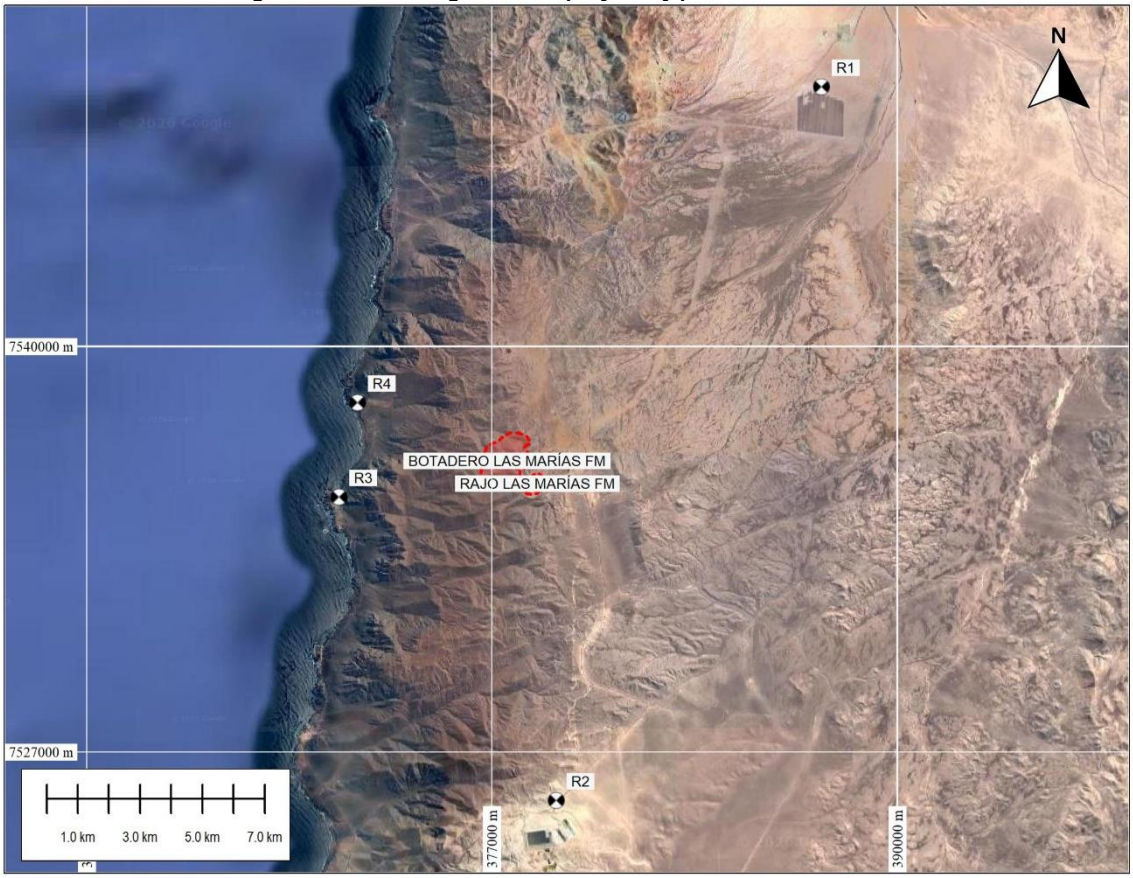
7.2 PUNTOS DE EVALUACIÓN DE NIVELES DE RUIDO

A continuación, se presenta la ubicación de los puntos de evaluación de ruido para cada uno de los receptores identificados. En todos los casos el punto de evaluación se realiza en las viviendas/edificaciones en las cuales las personas habitan o permanecen, esto de acuerdo con la definición de receptor entregada por el D.S. N°38/11 del MMA. La ubicación del punto de evaluación respecto de las viviendas/edificaciones se ubicará, de acuerdo con las imágenes satelitales disponibles, en la fachada más cercana y expuesta al proyecto. La siguiente tabla entrega las coordenadas de dichos puntos de evaluación en formato WGS84 (19K), los cuales serán utilizados para estimar las distancias frente/receptor correspondientes de cada una de las etapas del proyecto.

Tabla 16. Coordenadas WGS84(19K) de puntos de evaluación.

PUNTO	ESTE [m]	NORTE [m]
R1	387572	7548322
R2	379064	7525441
R3	372109	7535158
R4	372702	7538199

Figura 14. Ubicación general del proyecto y puntos de evaluación.



las siguientes tablas entregan los niveles máximos permitidos por el D.S. N°38/11 del MMA para zona rural.

Tabla 17. Niveles de ruido de fondo aplicable por punto y limite diurno.

PUNTO	RF	RF+10	ZONA PRC	ZONA D.S. N°38/11	LIMITE DIURNO [dBA]	LIMITE NOCTURNO [dBA]
R1	41	51	Rural	Rural	51	47
R2	45	55	Rural	Rural	55	49
R3	42	52	Rural	Rural	52	47
R4	49	59	Rural	Rural	59	50

7.3 PROYECCIONES DE NIVELES DE RUIDO ETAPA DE OPERACIÓN

7.3.1 LISTADO DE MAQUINARIA Y GENERALIDADES ETAPA DE OPERACIÓN

A continuación, se presenta el listado de maquinaria utilizada en la etapa de operación del proyecto. La emisión sonora referencial de la maquinaria pesada a utilizar para las proyecciones corresponde a la bibliografía “Update of Noise database for prediction of noise on construction and open sites (contained in Annex C, Part 1 of BS5228).

De acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, los trabajos a realizar en la etapa de operación se realizarán con la siguiente maquinaria.

Tabla 18. Maquinaria Etapa de Operación.

MAQUINARIA	UBICACIÓN	CANTIDAD
Excavadora KOMATSU PC2000	Rajo	2
Camión CAEX	Botadero - Rajo	13
Bulldozer	Botadero	1
Motoniveladora	Botadero	1
Camión aljibe	Botadero – Rajo	1
Perforadora	Rajo	2
Plataforma elevadora	Rajo	1
Retroexcavadora	Rajo	1

A continuación, se presentan el cronograma general de la modificación del proyecto, contemplando la operación y cierre.

Tabla 19. Cronograma del proyecto.

ETAPA	ACTIVIDAD	Proyecto Distrito Norte					Proyecto Mod. DN. Extensión Etapa de Operación																												Cierre
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055
OPERACIÓN	Abastecimiento de mineral Rajo El Llano a Planta MDL																																		
	Movimiento Estéril Rajo El Llano a Botadero																																		
	Abastecimiento de mineral Rajos Las Marias a Planta MDL																																		
	Movimiento Estéril Rajos Las Marias a Botadero																																		
	Desarrollo Rampa Principal																																		
	Desarrollo niveles de producción																																		
	Desarrollo de Chimeneas ventilación																																		
	Desarrollo segundo salida de Emergencia																																		
	Explotación de cámaras																																		
	Mantención de equipos y flota de camiones																																		
CIERRE	Cierre Rajo y Botadero el Llano																																		
	Cierre Rajo y Botadero Las Marias																																		
	Cierre UG Las Marias																																		
	Cierre Instalaciones																																		

7.3.2 FRENTES DE TRABAJO - ETAPA DE OPERACIÓN

A continuación, se presentan las actividades y maquinarias asociadas a la fase de operación, en esta etapa se desarrollan trabajos en el botadero y rajo Las Marias.

Los niveles de presión sonora de los frentes de trabajo que consideran la totalidad de equipos de esta etapa se detallan en las tablas a continuación según la norma BS-5228, la que entrega niveles de presión sonora para equipos de construcción a una distancia de 10 metros.

Tabla 20. Nivel de ruido frente de trabajo etapa de operación, Frentes Botadero. Niveles de presión sonora a 10m según BS528.

FUENTE	NIVEL DE PRESION SONORA EN dB PARA CADA BANDA DE FRECUENCIA (Hz)								NIVEL GLOBAL dBA	REFERENCIA
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Camión CAEX	86	79	79	79	79	84	69	60	87	BS 5228-1:2009 Tabla C2 , Ref N°31
Excavadora	74	66	64	64	63	60	59	58	68	BS 5228-1:2009 Tabla C2 , Ref N°8
*Motoniveladora	88	87	83	79	84	78	74	65	86	BS 5228-1:2009 Tabla C6 , Ref N°31
Camión aljibe	70	65	66	64	64	63	56	46	68	BS 5228-1:2009 Tabla C4 , Ref N°89
Total Frente “BT”	90	88	85	82	85	85	75	67	90	-

***Lmax (nivel de pasada, no LAeq)**

Tabla 21. Nivel de ruido frente de trabajo etapa de operación, Frentes Rajo. Niveles de presión sonora a 10m según BS528.

FUENTE	NIVEL DE PRESION SONORA EN dB PARA CADA BANDA DE FRECUENCIA (Hz)								NIVEL GLOBAL dBA	REFERENCIA
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
Camión aljibe	70	65	66	64	64	63	56	46	68	BS 5228-1:2009 Tabla C4 , Ref N°89
Camión CAEX	86	79	79	79	79	84	69	60	87	BS 5228-1:2009 Tabla C2 , Ref N°31
Perforadora	75	79	76	73	74	79	74	69	82	BS 5228-1:2009 Tabla C3 , Ref N°15
Plataforma elevadora	80	77	74	74	74	71	65	63	78	BS 5228-1:2009 Tabla C4 , Ref N°59
Excavadora KOMATSU PC2000	81	80	80	83	82	79	76	73	86	BS 5228-1:2009 Tabla C1 , Ref N°13
Retroexcavadora	74	66	64	64	63	60	59	58	68	BS 5228-1:2009 Tabla C2 , Ref N°8
Total Frente “RJ”	88	85	84	85	85	86	79	75	91	-

7.3.3 RESULTADOS ETAPA DE OPERACIÓN

Se considera que la totalidad de maquinarias definidas para esta etapa se encuentran en funcionamiento simultáneo en todos los frentes de trabajo, de forma de representar la condición de emisiones más desfavorable.

Tabla 22. Distancias frente de trabajo/receptor etapa de operación R1 a R4

FRENTE	COORDENADAS WGS84 (19K)			DISTANCIA FRENTE/RECEPTOR [m]			
	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [m]	R1	R2	R3	R4
BT-1	378316	7535559	2,0	15766	10146	6220	6203
BT-2	378101	7537129	2,0	14662	11728	6308	5504
BT-3	376524	7536435	2,0	16228	11284	4596	4210
BT-4	376595	7535761	2,0	16681	10611	4526	4593
RJ-1	377244	7535442	2,0	16510	10165	5142	5313
RJ-2	378544	7535889	2,0	15365	10461	6477	6282
RJ-3	378067	7535557	2,0	15915	10165	5971	5980
RJ-4	378030	7535405	2,0	16059	10018	5926	6016

Tabla 23. Evaluación de niveles proyectados, de acuerdo a D.S. N°38/2011 MMA. Valores en dB(A)

RECEPTOR	NPS PROYECTADO [dBA]	LIMITE DIURNO [dBA]	LIMITE NOCTURNO [dBA]	ESTADO
R1	<20	51	47	No Supera
R2	<20	55	49	No Supera
R3	<20	52	47	No Supera
R4	<20	59	50	No Supera

Se verifica que, los niveles de presión sonora producto de los trabajos de operación de la nueva modificación no superan los límites D.S. N°38/11 del MMA. No se requiere medidas de control adicionales para estos trabajos.

Figura 15. Mapa de ruido General, Etapa de operación y receptores D.S. N°38/11 del MMA.

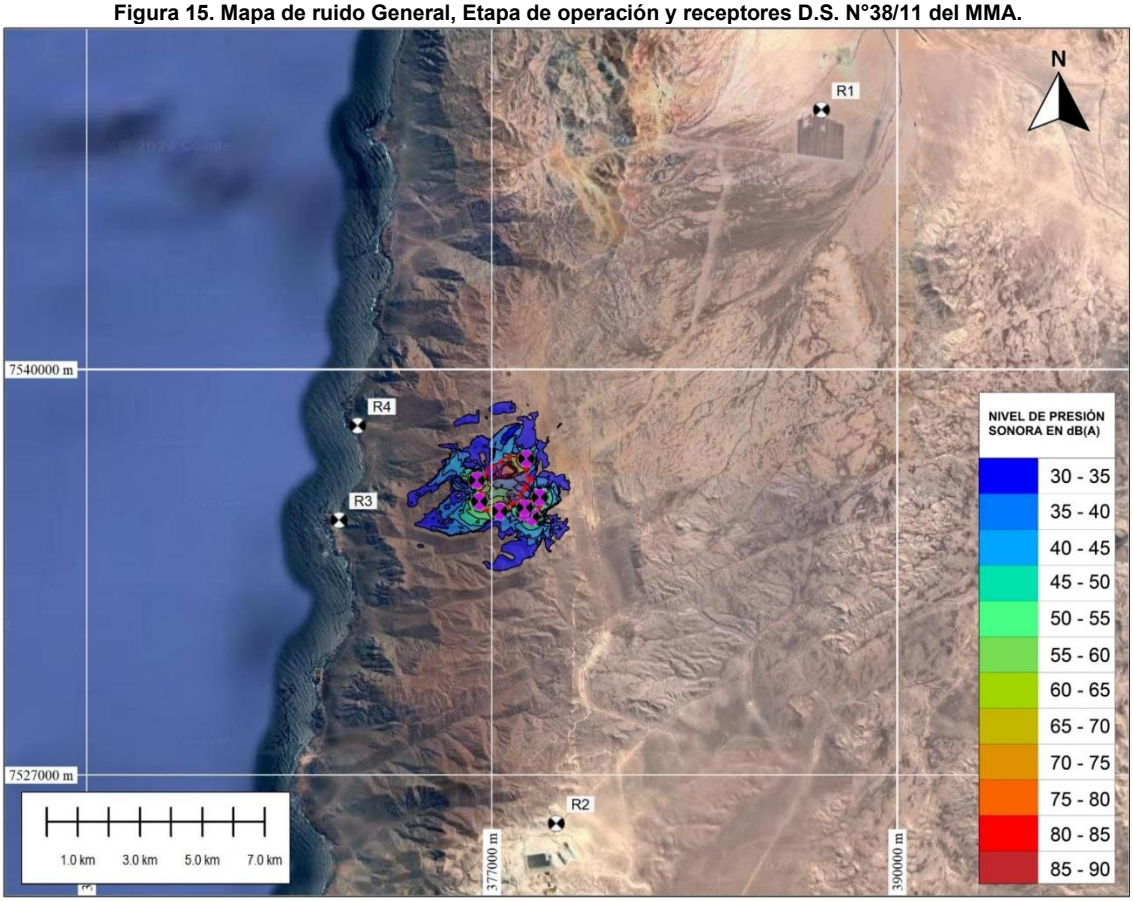


Figura 16. Detalle mapa de ruido, Etapa de operación y receptores D.S. N°38/11 del MMA.

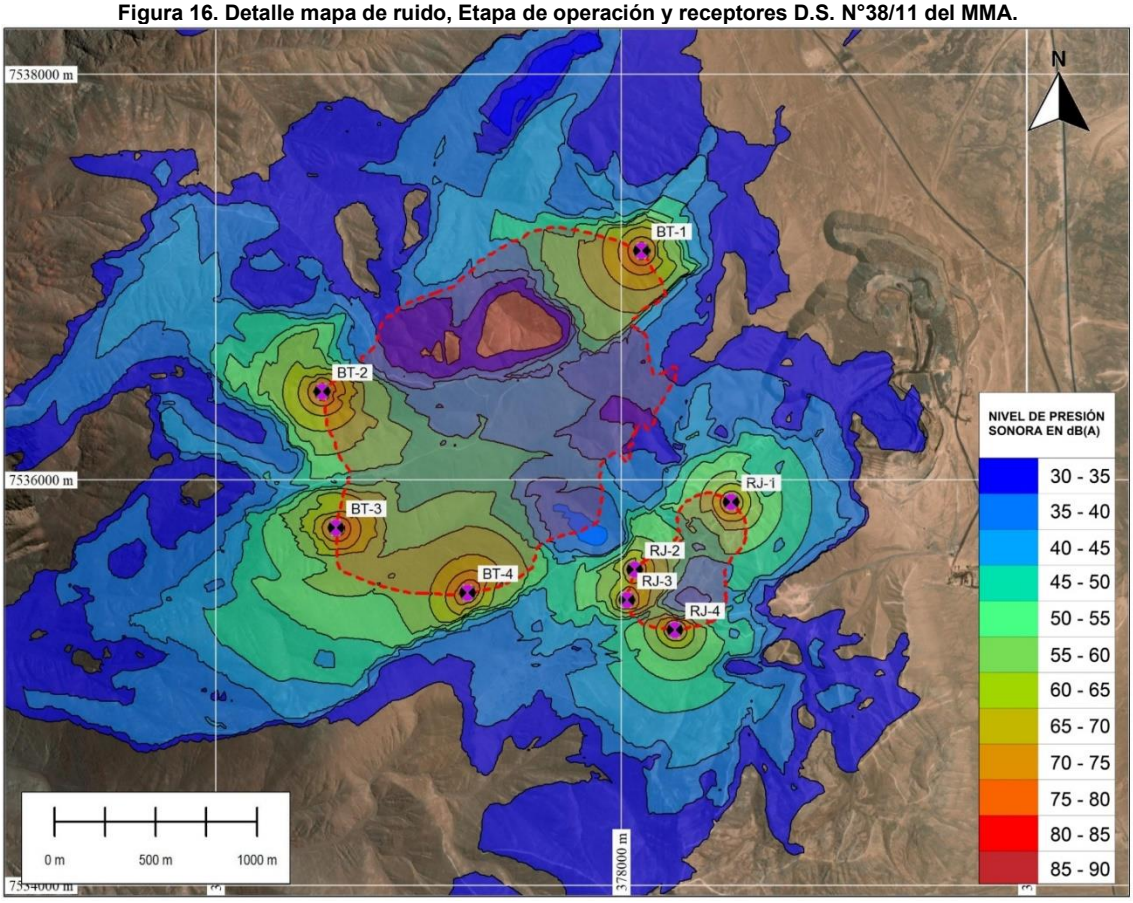


Figura 17. Detalle mapa de ruido, Etapa de operación, Receptor R1.

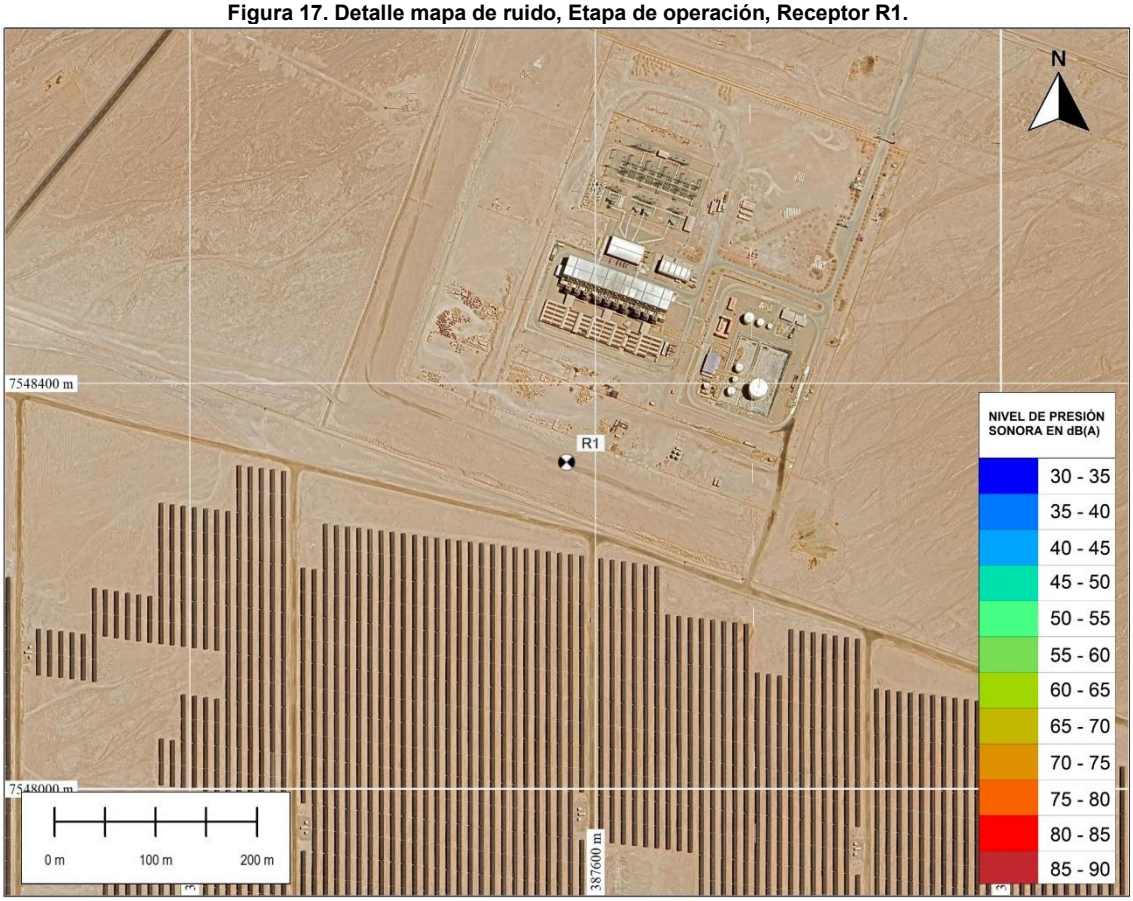


Figura 18. Detalle mapa de ruido, Etapa de operación, Receptor R2.

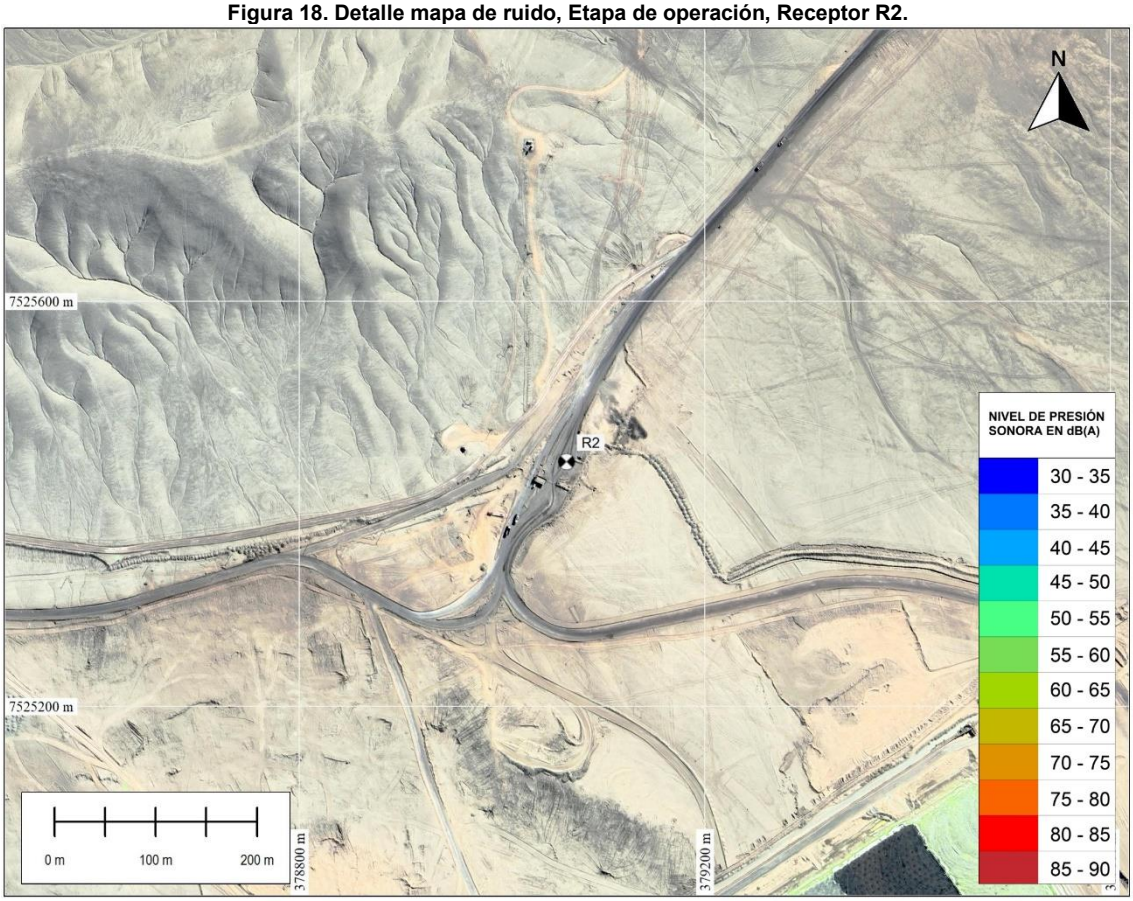


Figura 19. Detalle mapa de ruido, Etapa de operación, Receptor R3.

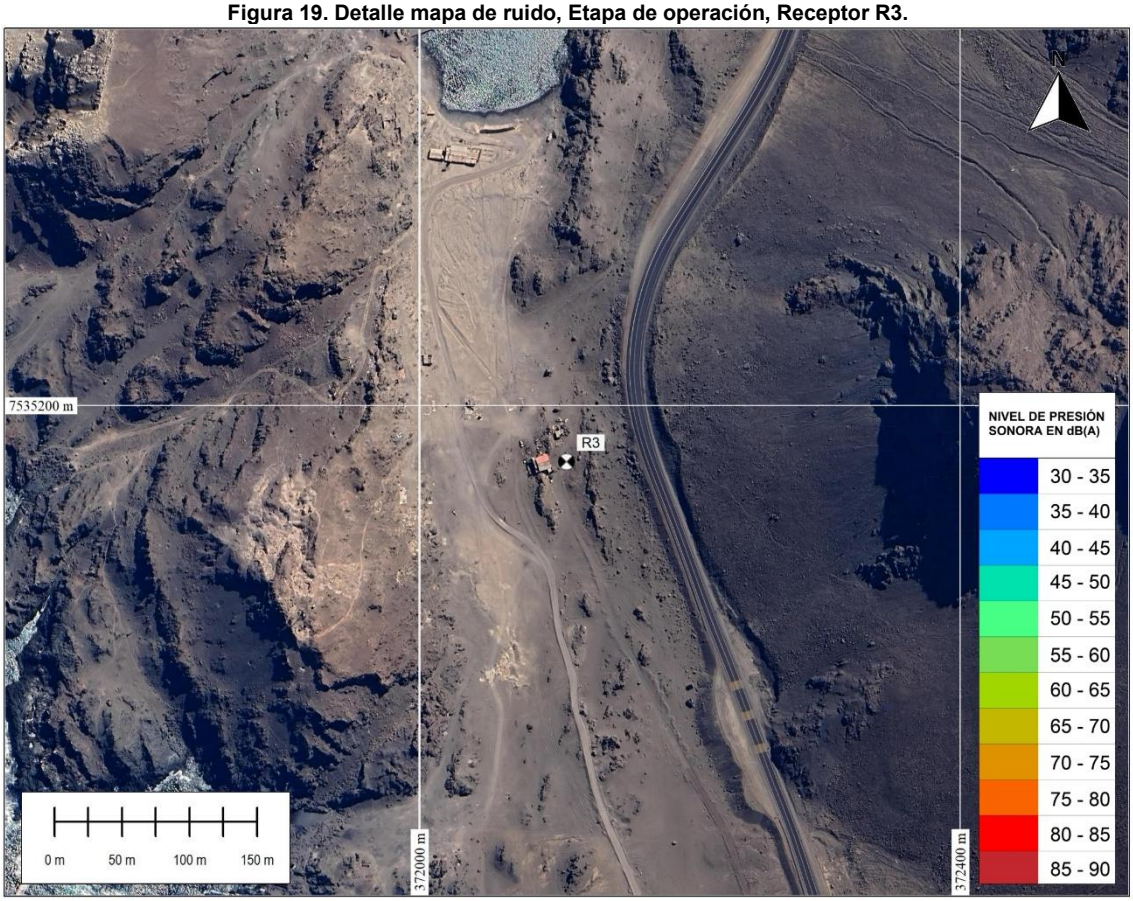
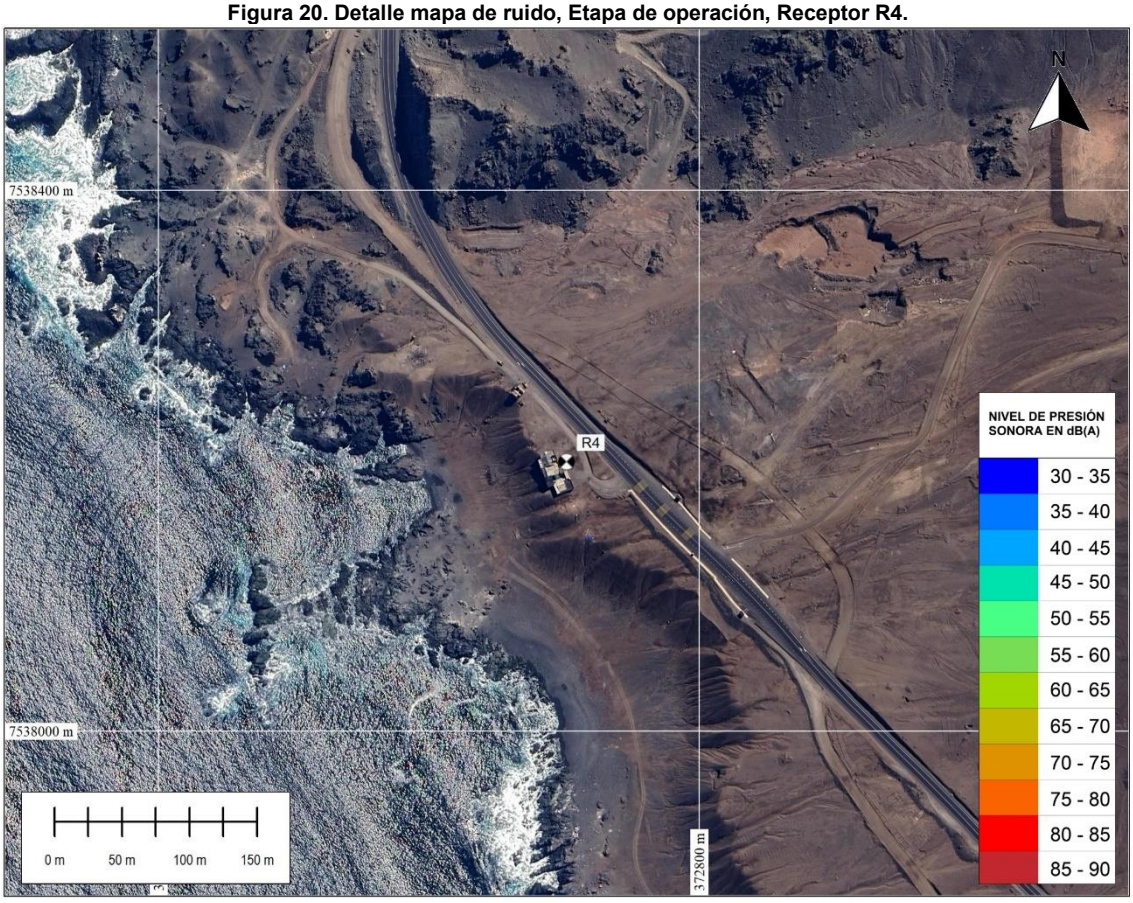


Figura 20. Detalle mapa de ruido, Etapa de operación, Receptor R4.



7.3.4 RESULTADOS ETAPA DE OPERACIÓN – IMPACTO SOBRE FAUNA

A continuación, se entregan los niveles proyectados para los trabajos de la etapa de operación y su evaluación de acuerdo con lo que establece en la guía “Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” según corresponda.

Si bien, de acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, no existen áreas protegidas o hábitats de interés de conservación de fauna, a continuación, se presentan las proyecciones de niveles de ruido para la determinación de umbrales según corresponda.

Tabla 24. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre avifauna.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Avifauna	Disminución del éxito reproductivo	Conductual	Intermitente (ruido de construcción, transporte)	68 dB(A) promedio	Shannon et al 2016
	Desplazamiento temporal del umbral auditivo	Fisiológico	Impulsos múltiples (construcción, martillo neumático por ej,) y ruido de transporte	93 dB(A) máx	Dooling et al 2007

Tabla 25. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre mamíferos.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Mamíferos	Reducción de eficiencia reproductiva	Conductual	Continua Intermitente (construcción, industrial)	68 dB(A) promedio	Shannon et al 2016

Figura 21. Detalle mapa de ruido Botadero, Etapa de operación Impacto sobre Fauna.

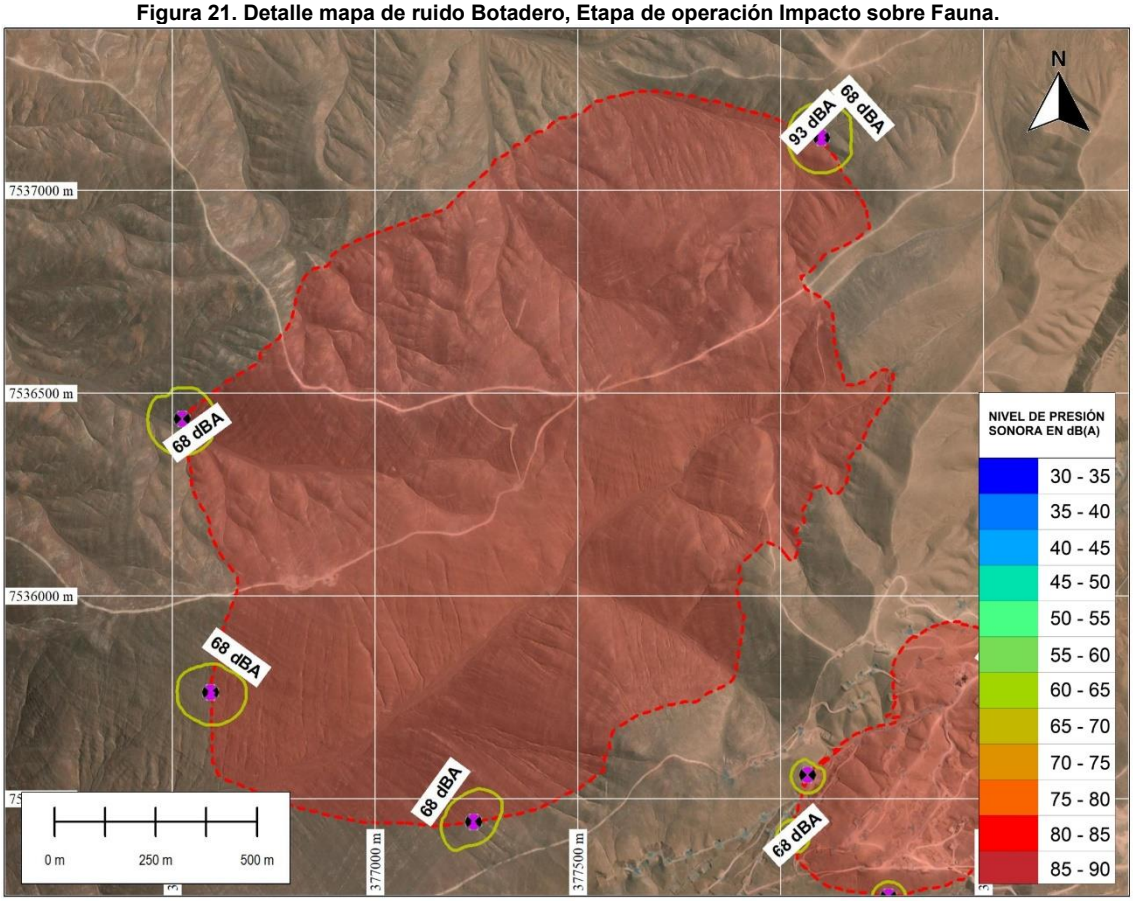
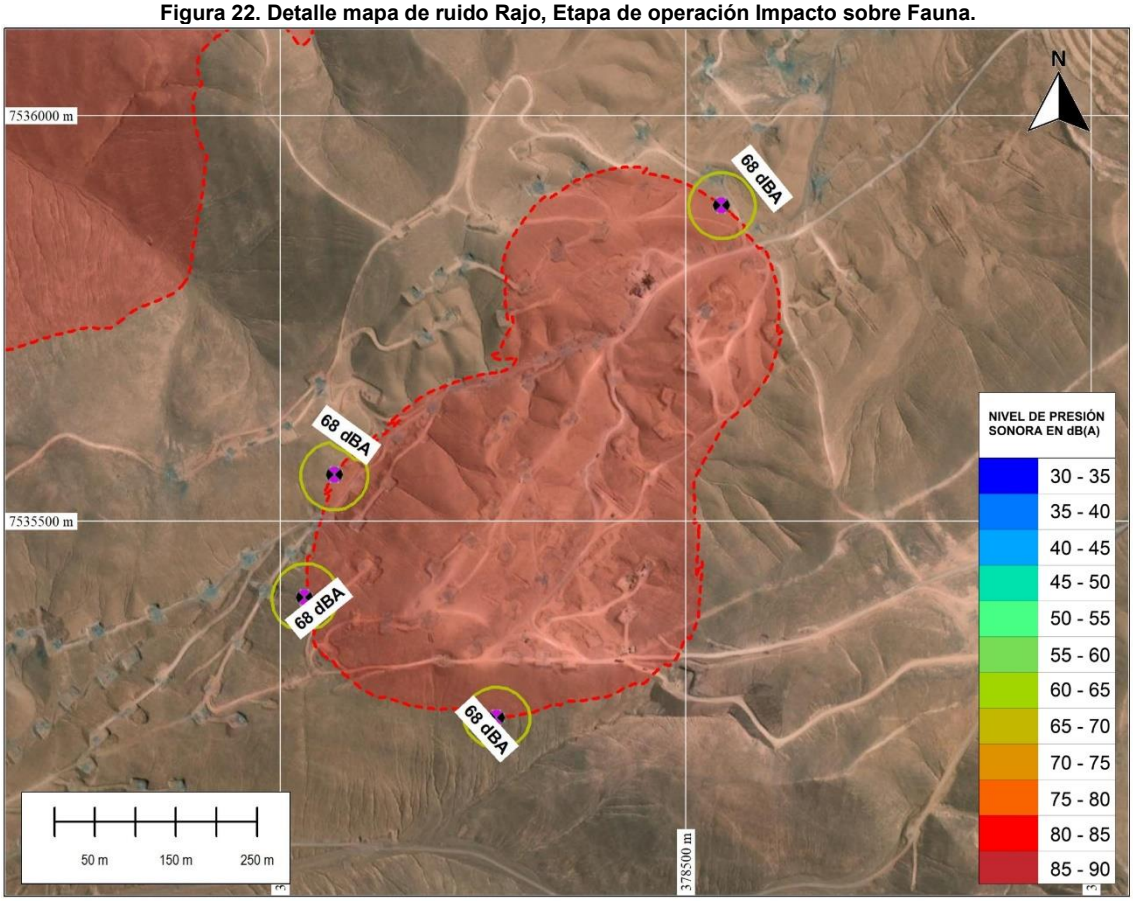


Figura 22. Detalle mapa de ruido Rajo, Etapa de operación Impacto sobre Fauna.



7.4 PROYECCIONES DE NIVELES DE RUIDO ETAPA DE CIERRE

7.4.1 LISTADO DE MAQUINARIA Y GENERALIDADES ETAPA DE CIERRE

A continuación, se presenta el listado de maquinaria utilizada en la etapa de operación del proyecto. La emisión sonora referencial de la maquinaria pesada a utilizar para las proyecciones corresponde a la bibliografía “Update of Noise database for prediction of noise on construction and open sites (contained in Annex C, Part 1 of BS5228). Departament For Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), 2009.

De acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, los trabajos a realizar en la etapa de operación se realizarán con la siguiente maquinaria.

Tabla 26. Maquinaria Etapa de Cierre.

MAQUINARIA	UBICACIÓN	CANTIDAD
Motoniveladora	Botadero – Rajo	1
Excavadora	Botadero – Rajo	1

7.4.2 FRENTES DE TRABAJO - ETAPA DE CIERRE

A continuación, se presentan las actividades y maquinarias asociadas a la fase de cierre, en esta etapa se desarrollan trabajos de pretiles y perfilado, retiro de conteiner.

Los niveles de presión sonora de los frentes de trabajo que consideran la totalidad de equipos de esta etapa se detallan en las tablas a continuación según la norma BS-5228, la que entrega niveles de presión sonora para equipos de construcción a una distancia de 10 metros.

Tabla 27. Nivel de ruido frente de trabajo etapa de Cierre. Niveles de presión sonora a 10m según BS528.

FUENTE	NIVEL DE PRESION SONORA EN dB PARA CADA BANDA DE FRECUENCIA (Hz)								NIVEL GLOBAL dBA	REFERENCIA
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K		
*Motoniveladora	88	87	83	79	84	78	74	65	86	BS 5228-1:2009 Tabla C6 , Ref N°31
Excavadora	74	66	64	64	63	60	59	58	68	BS 5228-1:2009 Tabla C2 , Ref N°8
Total Frente “CI”	88	87	83	79	84	78	74	66	86	-

***Lmax (nivel de pasada, no LAeq)**

7.4.3 RESULTADOS ETAPA DE CIERRE

Se considera que la totalidad de maquinarias definidas para esta etapa se encuentran en funcionamiento simultáneo en todos los frentes de trabajo, de forma de representar la condición de emisiones más desfavorable.

Tabla 28. Distancias frente de trabajo/receptor etapa de cierre R1 a R4

FRENTE	COORDENADAS WGS84 (19K)			DISTANCIA FRENTE/RECEPTOR [m]			
	ESTE [m]	NORTE [m]	ALTURA [m]	R1	R2	R3	R4
CI-1	378316	7535559	2,0	15766	10146	6220	6203
CI-2	378101	7537129	2,0	14662	11728	6308	5504
CI-3	376524	7536435	2,0	16228	11284	4596	4210
CI-4	376595	7535761	2,0	16681	10611	4526	4593
CI-1	377244	7535442	2,0	16510	10165	5142	5313
CI-2	378544	7535889	2,0	15365	10461	6477	6282
CI-3	378067	7535557	2,0	15915	10165	5971	5980
CI-4	378030	7535405	2,0	16059	10018	5926	6016

Tabla 29. Evaluación de niveles proyectados, de acuerdo a D.S. N°38/2011 MMA. Valores en dB(A)

RECEPTOR	NPS PROYECTADO [dBA]	LIMITE DIURNO [dBA]	LIMITE NOCTURNO [dBA]	ESTADO
R1	<20	51	47	No Supera
R2	<20	55	49	No Supera
R3	<20	52	47	No Supera
R4	<20	59	50	No Supera

Se verifica que, los niveles de presión sonora producto de los trabajos de cierre de la modificación no superan los límites D.S. N°38/11 del MMA. No se requiere medidas de control adicionales para estos trabajos.

Figura 23. Mapa de ruido General, Etapa de cierre y receptores D.S. N°38/11 del MMA.

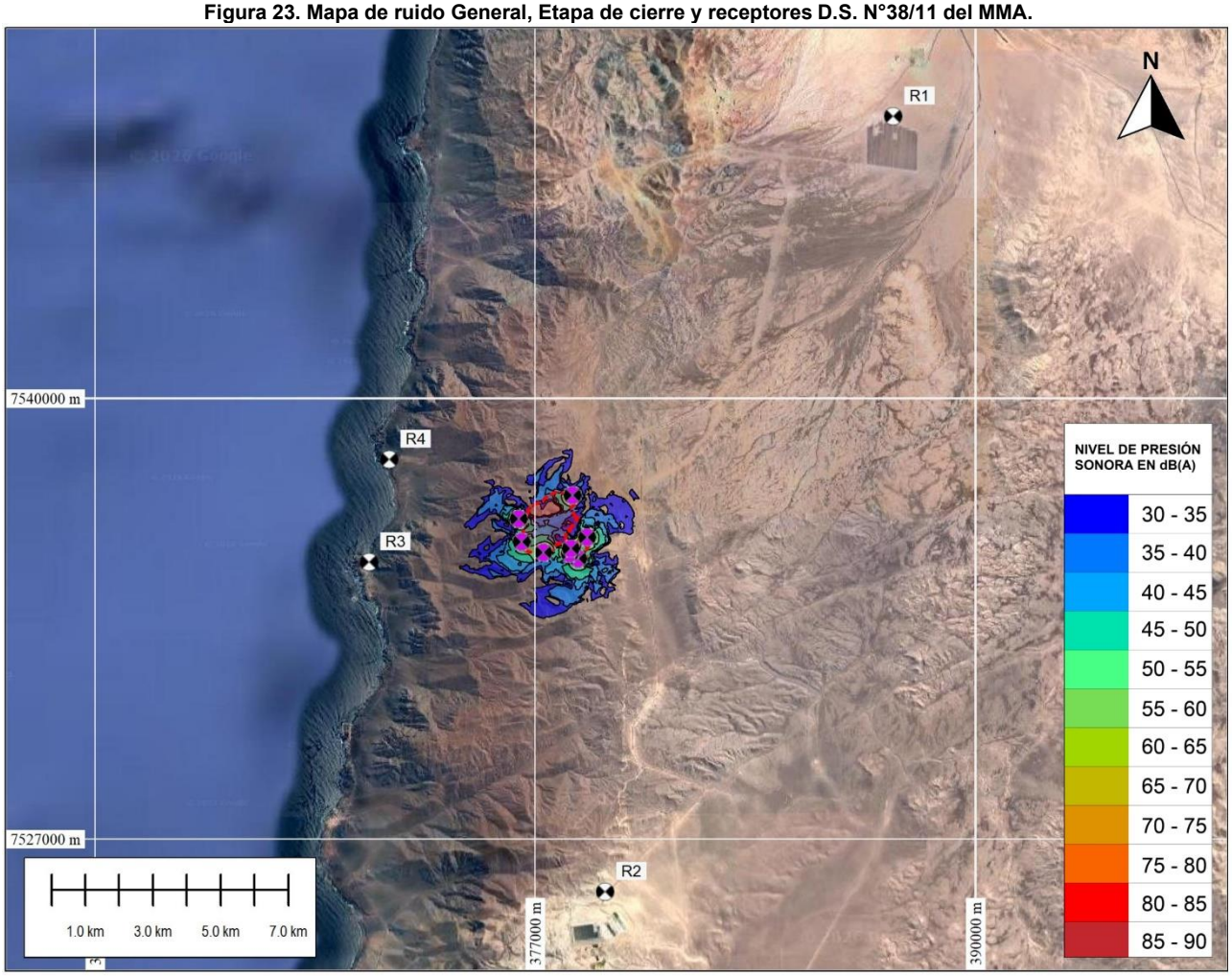


Figura 24. Detalle mapa de ruido, Etapa de cierre y receptores D.S. N°38/11 del MMA.

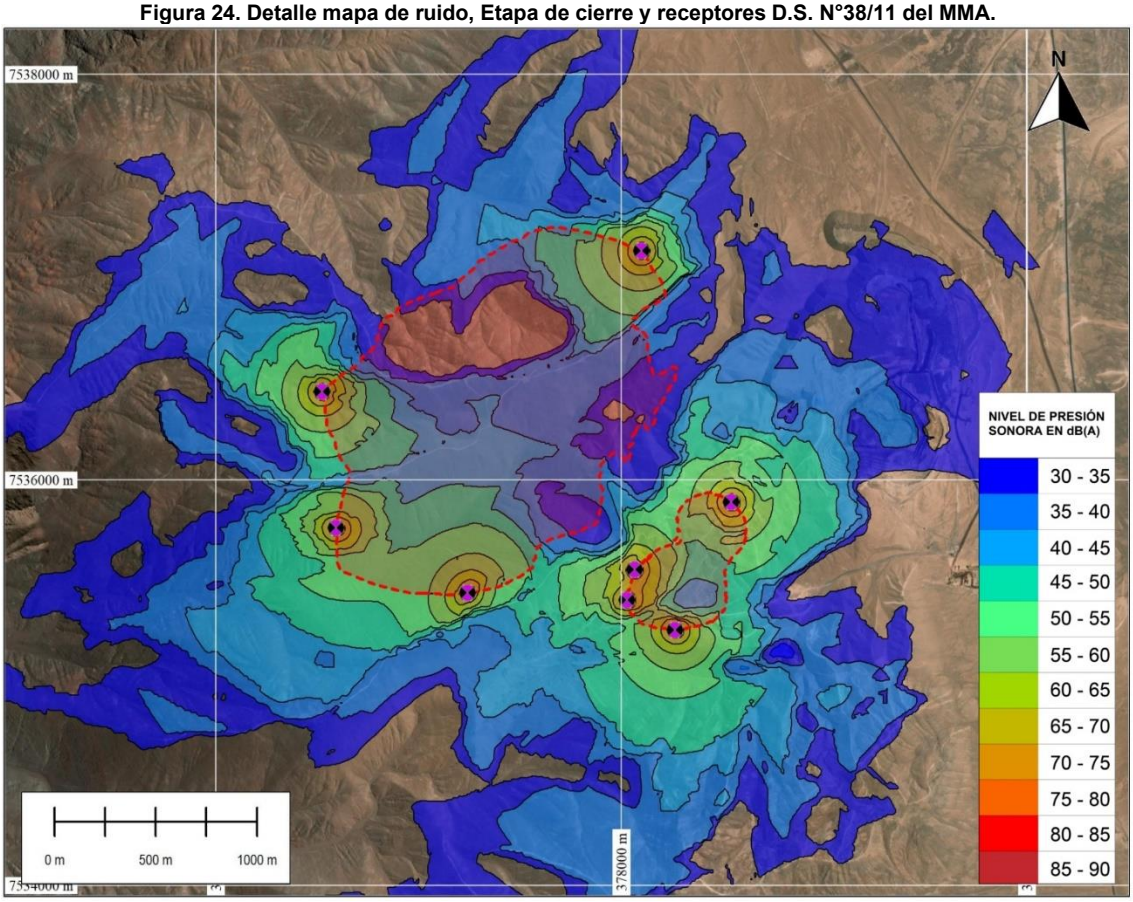


Figura 25. Detalle mapa de ruido, Etapa de cierre, Receptor R1.

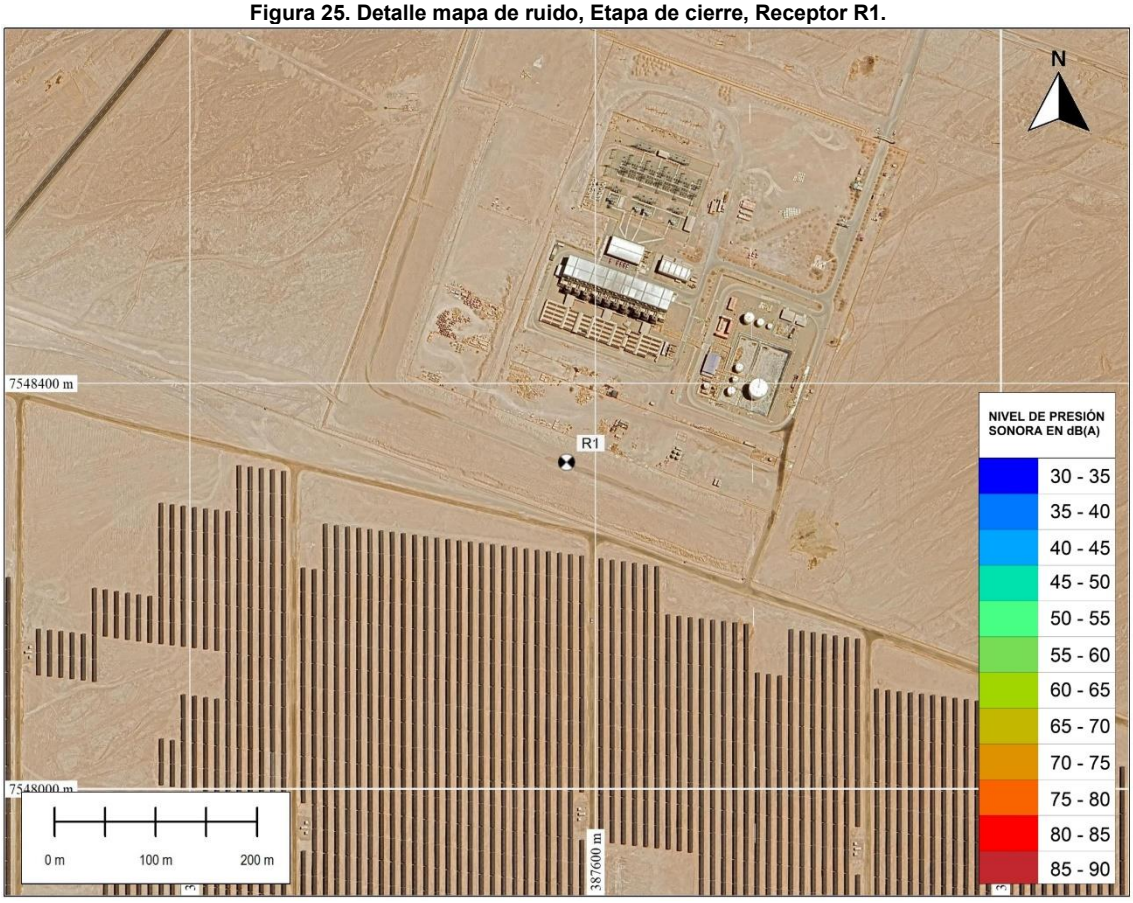


Figura 26. Detalle mapa de ruido, Etapa de cierre, Receptor R2.

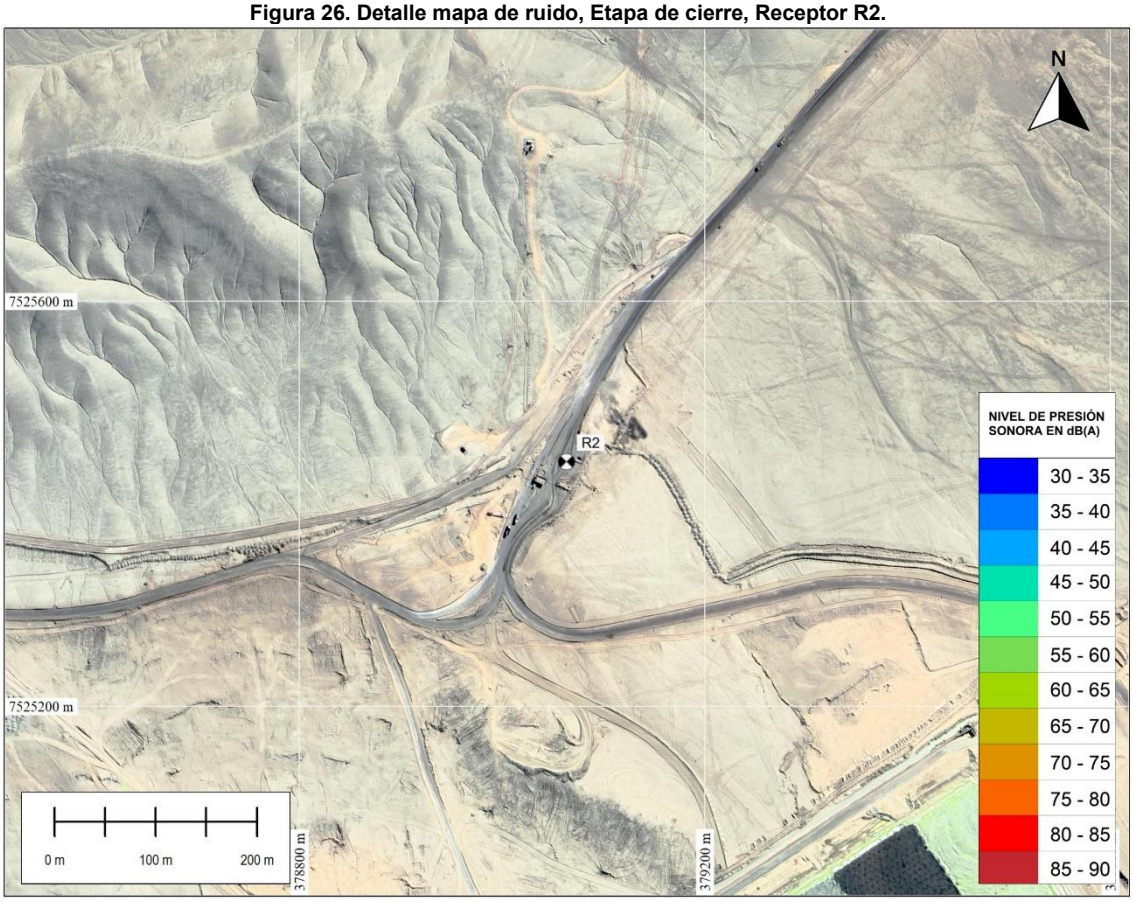


Figura 27. Detalle mapa de ruido, Etapa de cierre, Receptor R3.

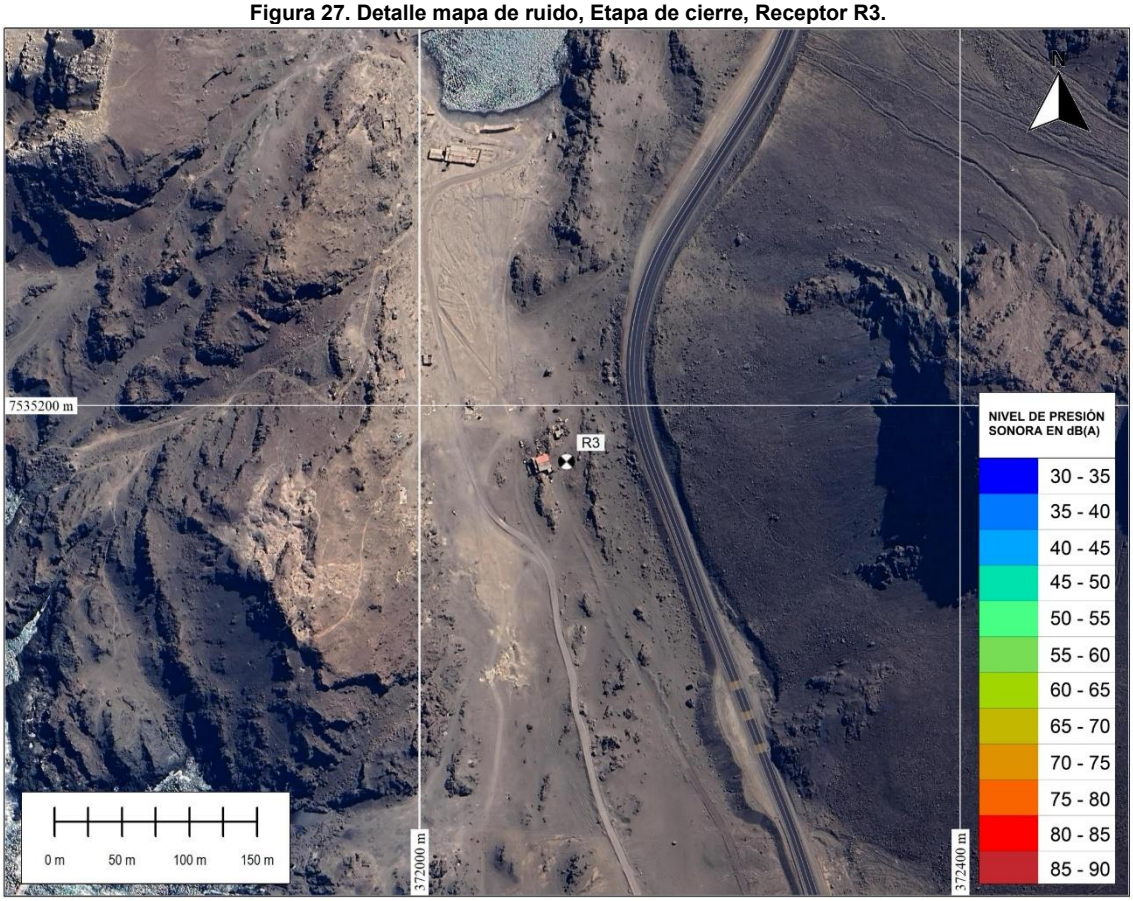
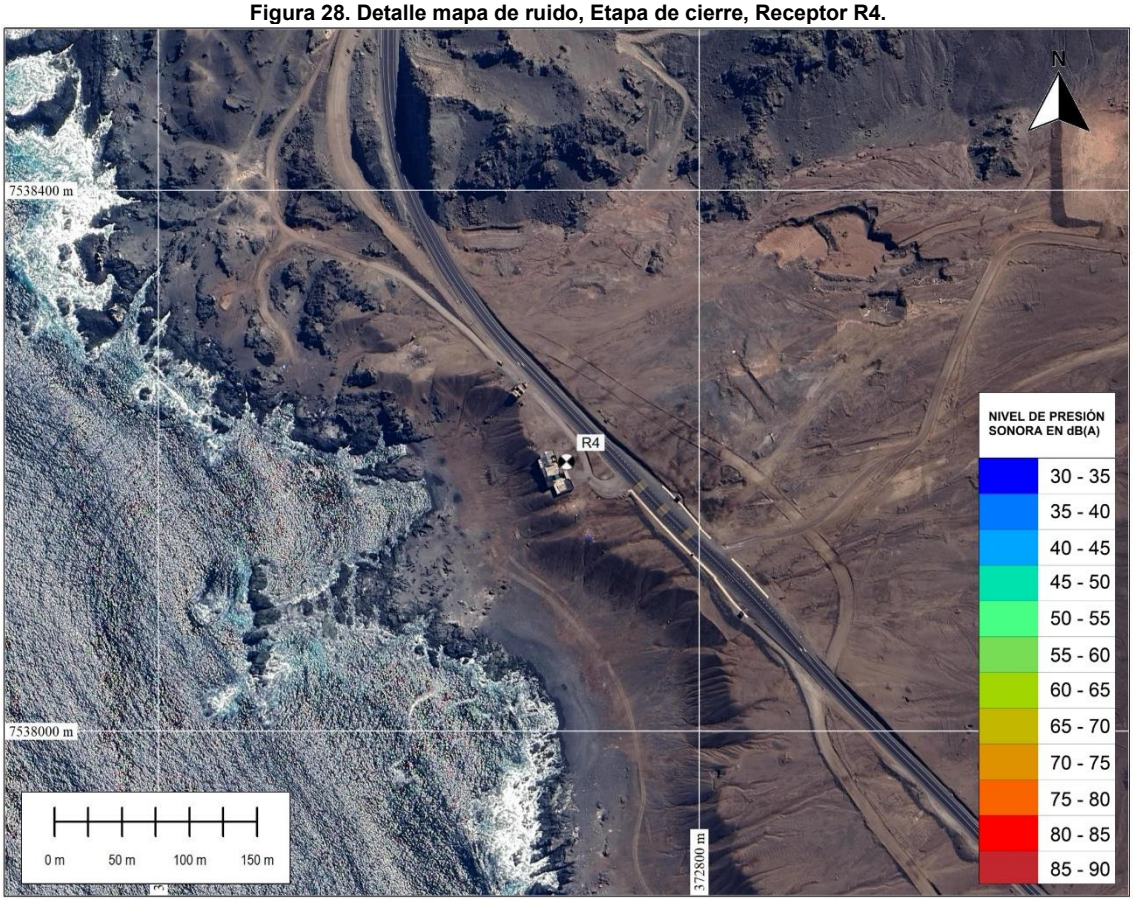


Figura 28. Detalle mapa de ruido, Etapa de cierre, Receptor R4.



7.4.4 RESULTADOS ETAPA DE CIERRE – IMPACTO SOBRE FAUNA

A continuación, se entregan los niveles proyectados para los trabajos de la etapa de cierre y su evaluación de acuerdo con lo que establece en la guía “Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” según corresponda.

Si bien, de acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, no existen áreas protegidas o hábitats de interés de conservación de fauna, a continuación, se presentan las proyecciones de niveles de ruido para la determinación de umbrales según corresponda.

Tabla 30. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre avifauna.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Avifauna	Disminución del éxito reproductivo	Conductual	Intermitente (ruido de construcción, transporte)	68 dB(A) promedio	Shannon et al 2016
	Desplazamiento temporal del umbral auditivo	Fisiológico	Impulsos múltiples (construcción, martillo neumático por ej,) y ruido de transporte	93 dB(A) máx	Dooling et al 2007

Tabla 31. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre mamiferos.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Mamíferos	Reducción de eficiencia reproductiva	Conductual	Continua Intermitente (construcción, industrial)	68 dB(A) promedio	Shannon et al 2016

Figura 29. Detalle mapa de ruido Botadero, Etapa de cierre Impacto sobre Fauna.

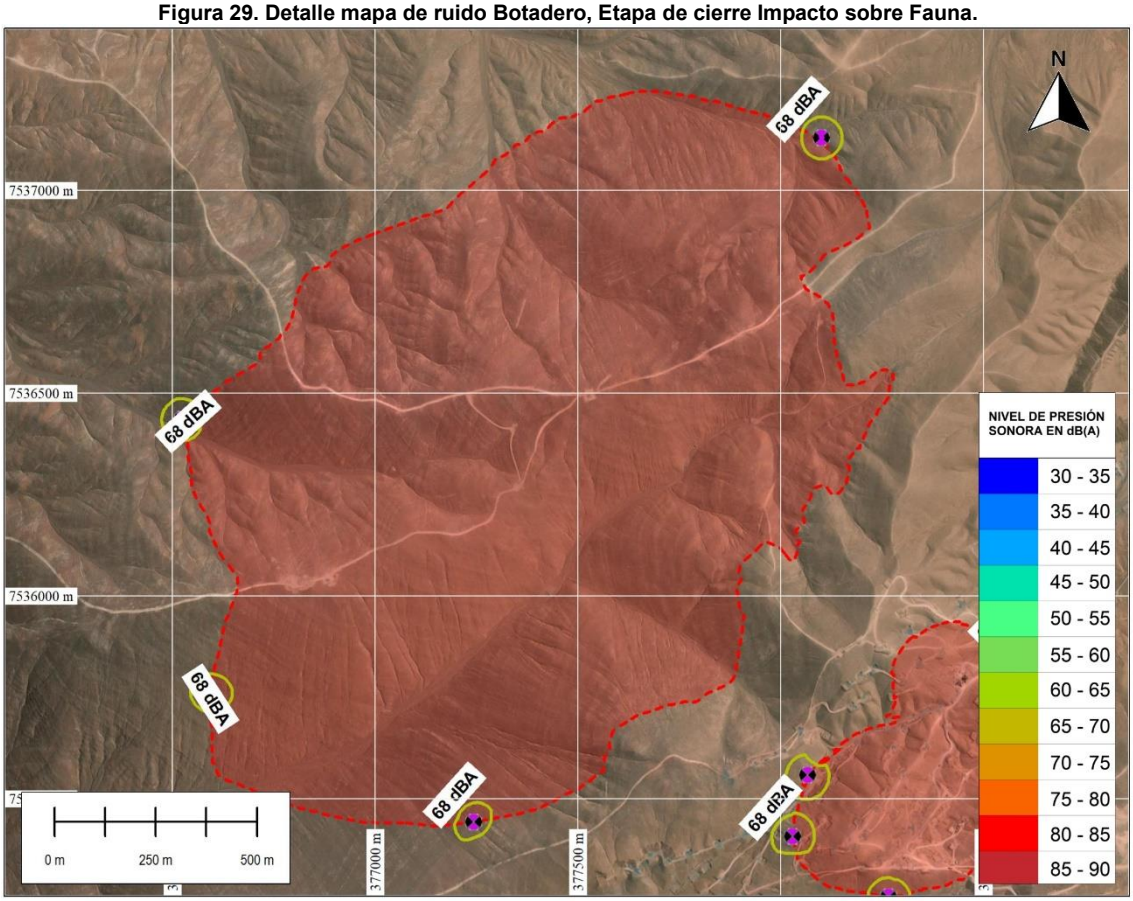
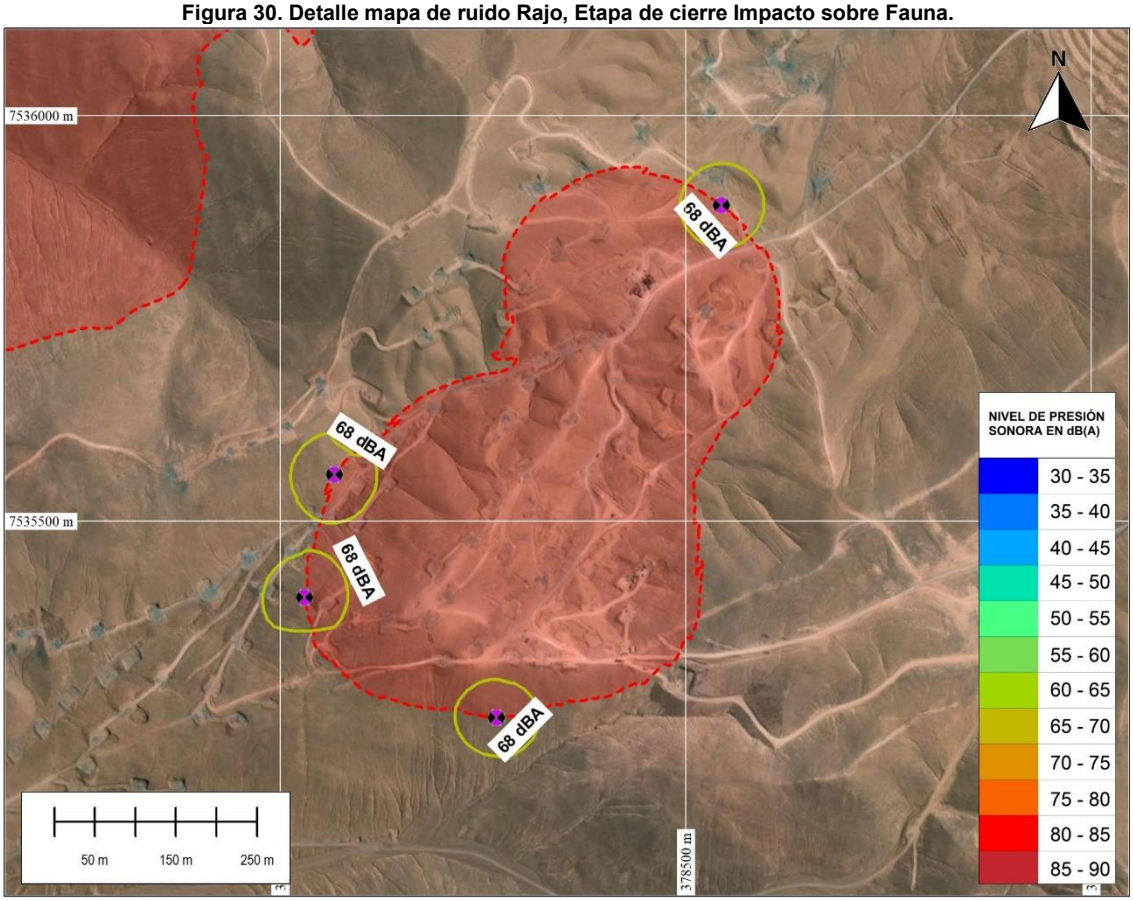


Figura 30. Detalle mapa de ruido Rajo, Etapa de cierre Impacto sobre Fauna.



8 PROYECCIONES DE VIBRACIONES

En el caso de vibración ambiental, actualmente no existe normativa regulatoria nacional, sin embargo, se acepta la aplicación de criterios internacionales, siempre y cuando dichos criterios pertenezcan a uno de los estados mencionados en el Artículo 11 del D.S. N° 40/2013 del MMA "Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental". En este caso se utiliza el documento técnico "Transit Noise and Vibration Impact Assessment" de la Federal Transport Administration (FTA) de Estados Unidos, en el cual se establece un modelo de cálculo por proyección de vibraciones mecánicas, evaluándose su impacto en base a la molestia en las personas que ocupan dichos espacios. El documento técnico de la FTA, es el único que entrega un método de proyección de vibraciones para equipos de construcción. Los demás documentos entregan solamente una forma o método para la medición de dichos parámetros.

Para este caso, los equipos que pueden generar mayores vibraciones, se ubican en las primeras fases del desarrollo del proyecto. En este caso, las vibraciones se podrían producir por el funcionamiento de las excavadoras, camiones y rodillos compactadores. Estas fuentes generan vibraciones del tipo intermitentes, ya que su funcionamiento solamente es temporal y no es continuo en el tiempo. Además, el uso de estos equipos es de solo horario diurno, como toda la etapa de construcción.
Se toma como referencia el equipo que genera mayor nivel de vibraciones, en este caso el rodillo compactador.

Si se desea considerar la molestia o interferencia de las vibraciones evaluadas respecto a actividades humanas sensibles, se debe estimar el nivel de vibración Lv a cualquier distancia D y aplicar el criterio de impacto de la vibración para la evaluación general, según se expresa en el Capítulo 8 del documento técnico de FTA para los lugares sensibles a las vibraciones.

Tabla 32. Valores límite de velocidad de vibración según criterio FTA para evaluar molestia sobre las personas o interferencia con sus actividades en una determinada unidad de uso.

Criterios de Impacto de Evaluación General			
Categoría de Uso de Suelo	**Niveles de impacto (VdB - ref 1 microinch/seg)**		
	Eventos Frecuentes	**Eventos Ocasionales**	**Eventos no Frecuentes**
Edificios donde la vibración haría interferencia con operaciones interiores	65	65	65
Edificios residenciales donde la gente normalmente duerme	72	75	80
Suelo institucional con uso principal diurno	75	78	83

1. Eventos frecuentes se refiere a más de 70 eventos de vibración ocasionados por la misma fuente en un día.
2. Eventos ocasionales se refiere entre 30 y 70 eventos de vibración ocasionados por la misma fuente en un día.
3. Eventos no frecuentes se refiere a menos de 30 eventos de vibración ocasionados por la misma fuente en un día.

Para evaluar impacto de vibraciones, se considera que los receptores corresponden, según la tabla anterior, a “Edificios residenciales donde la gente normalmente duerme”. Asimismo, se considera que los eventos vibratorios generados al interior de la obra corresponden a “Eventos frecuentes”. De este modo, el límite de vibración durante fase de construcción será de 72 VdB.

El modelo matemático de referencia para la proyección de propagación de vibraciones en puntos receptores (screening) se remite a lo establecido en el documento técnico de la FTA, el cual indica que el nivel de vibración (Lv) establecido para evaluar el impacto se define mediante la siguiente expresión:

$$Lv(D) = \mathrm{Lv}(25\mathrm{ft}) - 30\log\left(\frac{\mathrm{d}}{25}\right)$$

Donde

Lv(D): Nivel de Vibración proyectada a una distancia D.

Lv(25ft): Nivel de vibración de maquinaria evaluada a 25ft

D: Distancia de vibración proyectada.

Tabla 33. Niveles de fuentes de vibración para equipos de construcción. Fuente: FTA.

Equipment		PPV at 25 ft (in/sec)	Approximate L_v[↑] at 25 ft
Pile Driver (impact)	upper range	1.518	112
	typical	0.644	104
Pile Driver (sonic)	upper range	0.734	105
	typical	0.170	93
Clam shovel drop (slurry wall)		0.202	94
Hydromill (slurry wall)	in soil	0.008	66
	in rock	0.017	75
Vibratory Roller		0.210	94
Hoe Ram		0.089	87
Large bulldozer		0.089	87
Caisson drilling		0.089	87
Loaded trucks		0.076	86
Jackhammer		0.035	79
Small bulldozer		0.003	58

[↑] RMS velocity in decibels (VdB) re 1 micro-inch/second

De igual forma que en las personas, se utiliza el documento técnico de la FTA para evaluar los impactos que pueden tener las faenas de construcción en las edificaciones cercanas al proyecto.

Tabla 34. Criterio de evaluación de daño de estructuras según FTA.

CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN		PPV (in/s)	VdB
I	Hormigón reforzado, acero o madera (sin yeso).	0,50	102
II	Hormigón pretensado y albañilería (sin yeso).	0,30	98
III	Edificios de madera y edificios de ladrillo.	0,20	94
IV	Edificios susceptibles al daño por vibración.	0,12	90

Para evaluar impacto de vibraciones, se considera que los receptores corresponden, según la tabla anterior, a “Edificios residenciales donde la gente normalmente duerme”. De este modo, el límite de vibración durante fase de construcción tomando la peor condición de “Edificios susceptibles al daño por vibración” será de 90 VdB.

8.1 RESULTADOS DE PROYECCION DE VIBRACIÓN

A continuación, se presentan los datos obtenidos en las proyecciones realizadas para el funcionamiento de maquinaria con un nivel PPV de 112VdB a 25 pies como el caso más crítico en cuanto a emisión de vibraciones del periodo de operación y cierre considerando la menor distancia fuente-receptor estimada.

A continuación, se presentan las distancias de cumplimiento para la maquinaria con un nivel PPV de 112VdB a 25 pies.

Tabla 35. Distancias de cumplimiento para criterios FTA maquinaria con PPV = 112VdB.

CRITERIO FTA		PPV FUENTE DE VIBRACIONES VdB @ 25ft	DISTANCIA DE CUMPLIMIENTO CRITERIO FTA [m]
TIPO DE RECEPTOR	LV (dB)		
Molestia Grupo Humano	72	112	159
Daño de estructuras	90		40

Tabla 36. Niveles proyectados de vibraciones, Maquinaria PPV = 112VdB.

RECEPTOR	DISTANCIA MÍNIMA RECEPTOR/PERÍMETRO PROYECTO [m]	Lv (VdB)	CRITERIO FTA	
			MOLESTIA 72 VdB	ESTRUCTURA 90 VdB
R1	14662	13	No Supera	No Supera
R2	10018	18	No Supera	No Supera
R3	4526	29	No Supera	No Supera
R4	4210	30	No Supera	No Supera

Los trabajos proyectados no superan los límites FTA para molestia sobre población o vibraciones en las edificaciones. No se requieren medidas de control adicionales.

9 PREDICCIÓN DE NIVELES DE PRESION SONORA Y VIBRACIÓN DE TRONADURAS

Los niveles presión sonora y vibración de tronaduras se calculan con la norma AS2187.2 - 2006. De acuerdo con las indicaciones de la **"GUÍA PARA LA PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO Y VIBRACIÓN EN EL SEIA".**

Los niveles máximos permitidos de ruido y vibración también se toman de la norma AS2187.2 - 2006 ya que están expresamente indicados como fuera del alcance de análisis del D.S. N° 38/11 del MMA por tratarse de emisiones de tipo impulsivo, por lo tanto, debe evaluarse de forma separada.

9.1 PRESIÓN DE LA ONDA EXPANSIVA

La presión sonora de la onda expansiva de la tronadura se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$P = K_a \left(\frac{R}{Q^{1/3}} \right)^a$$

Donde:

P : Presión [Kpa]

R : Distancia detonación-receptor [m]

Q : Masa del explosivo [Kg]

K_a : Constante del terreno. La AS2187.2-2006 establece un valor en el rango de 10 a 100 para esta constante en caso de detonaciones confinadas.

a : Exponente del terreno

En el caso de receptores humanos, la recomendación de la norma AS2187.2 – 2006 establece el valor de 115dB como límite máximo para garantizar que no se produce molestia. En el caso de fauna silvestre, se aplican los umbrales de molestia de la “Guía para la Descripción de los Componentes Suelo, Flora y Fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA (SEA, 2015)” donde se indica que los umbrales de tipo fisiológico para avifauna y mamíferos corresponden a 80 dBA y 85 dBZ respectivamente.

9.2 VIBRACIÓN TERRESTRE DE TRONADURAS

La velocidad peak de partícula (PPV) debido a una detonación se calculará de acuerdo con la siguiente formula.

$$V = K_G \left(\frac{R}{Q^{1/2}} \right)^{-1.6}$$

Donde:

V : Velocidad Peak de partícula PPV [mm/s]

R : Distancia detonación-receptor [m]

Q : Masa del explosivo [Kg]

K_G : Constante del terreno.

En el caso de receptores humanos, la recomendación de la norma AS2187.2 – 2006 establece el valor de V = 5 mm/s como límite máximo para garantizar que no se produce molestia.

9.3 CRONOGRAMA DE TRONADURAS

A continuación, se entrega la información entregada por el titular correspondiente a eventos de tronaduras indicados. Como caso critico se considera solo una detonación por tronadura con el valor total a explosivo a utilizar en el año del evento.

Figura 31. Carga "Q" de explosivos por año.

AÑO	CARGA EXPLOSIVOS (TONELADAS) ANFO
2027	9

9.4 RESULTADOS PROYECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIÓN - HUMANO

A continuación, se presentan los cálculos realizados de acuerdo con la norma AS2187.2 – 2006. La carga explosiva Q en kilos corresponde a ANFO, en caso de utilizar otros elementos explosivos de se debe escalar este valor de acuerdo con las equivalencias específicas.

Se consideran el punto de tronadura entregado por el titular, los cuales se presentan en la siguiente imagen y tabla.

Figura 32. Detalle ubicación Punto Tronadura.

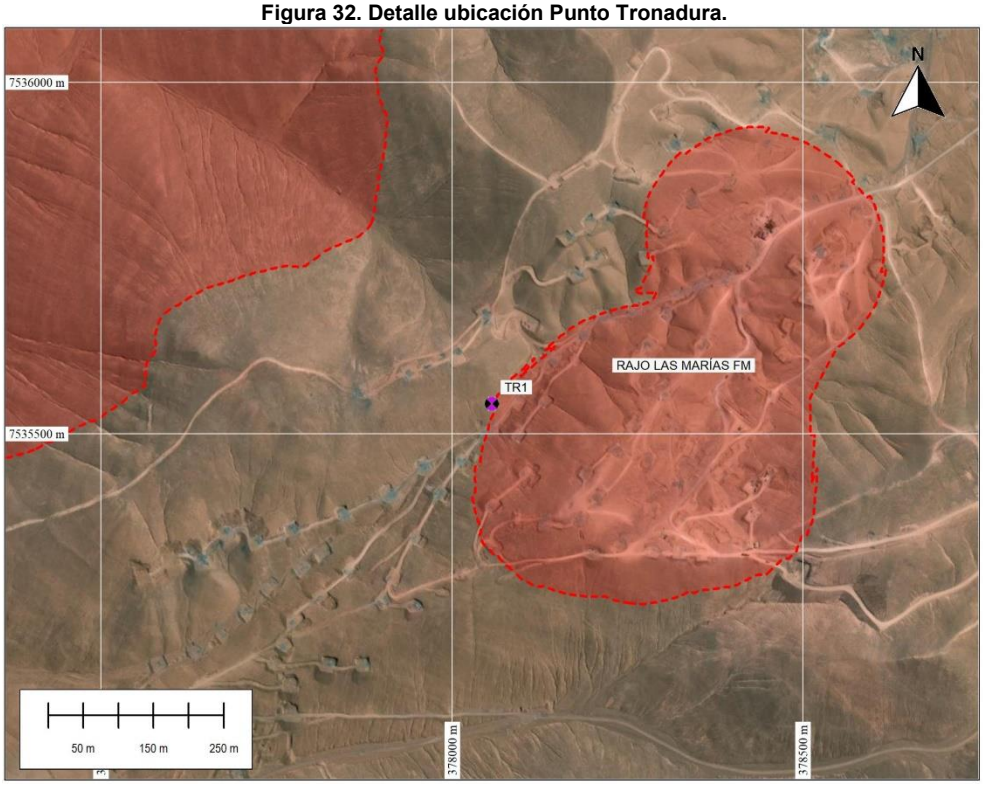


Tabla 37. Ubicación Centro Tronadura

PUNTO DE TRONADURA	COORDENADAS WGS84 (19K)	
	ESTE [m]	NORTE[m]
TR1	378057	7535542

La distancia R en metros corresponde la distancia mínima desde los centros de detonación entregados por el titular del proyecto a los receptores humanos. Las constantes Ka y alfa se ajustan de acuerdo con las recomendaciones de la norma AS2187.2 – 2006 para tronadura confinada y áreas cercanas a la costa con alta vegetación.

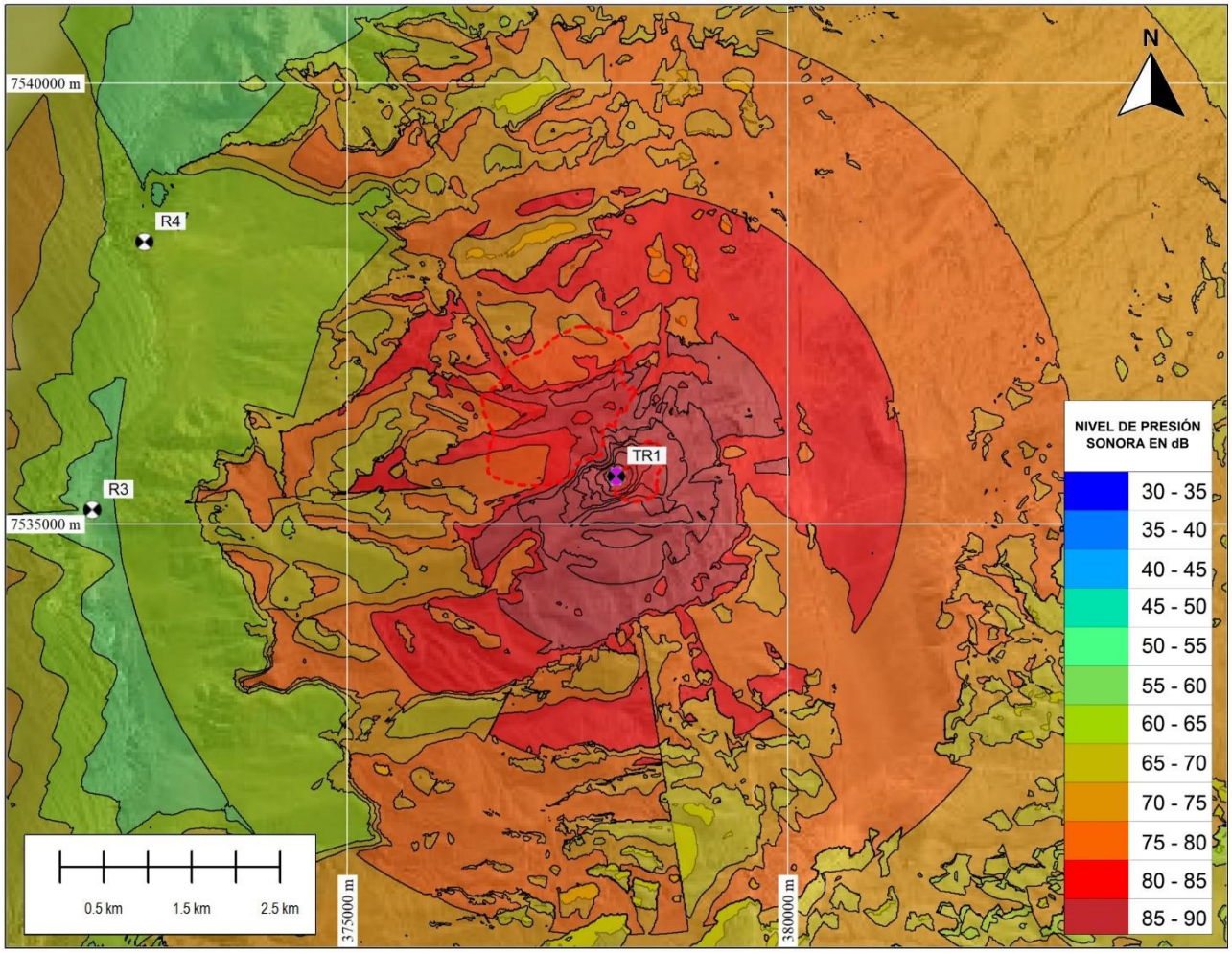
Si bien la recomendación de molestia es de un nivel de presión sonora máximo de 115 dB, se puede considerar un límite de 130dB para garantizar que no se exceden limites fisiológicos sobre receptores humanos y no se produce daño en estructuras livianas o elementos como ventanas de viviendas cercanas.

La siguiente tabla muestra los resultados del cálculo considerando un límite de 130 dB para los receptores evaluados.

Tabla 38. Niveles proyectados de ruido de tronadura receptores humanos. Limite 130 dB.

RECEPTOR	DISTANCIA [m]	NPS PROYECTADO [dB]	NPS MAXIMO [dB]	ESTADO
R1	15933	61	130	No supera
R2	10151	67	130	No supera
R3	5961	74	130	No supera
R4	5978	74	130	No supera

Figura 33. Mapa de ruido, Proyección onda expansiva Tronadura en dBL.



La proyección de vibraciones considera la constante Kg con un valor estándar 114 como se recomienda para tronadura confinada en la norma AS2187.2 – 2006.

Tabla 39. Vibración de tronadura receptores humanos. Limite 5mm/s.

RECEPTOR	DISTANCIA [m]	VELOCIDAD PROYECTADA [mm/s]	VELOCIDAD MAXIMA [mm/s]	ESTADO
R1	15933	0,3	5	No supera
R2	10151	0,6	5	No supera
R3	5961	0,15	5	No supera
R4	5978	0,15	5	No supera

9.5 RESULTADOS PROYECCIÓN DE NIVELES DE RUIDO – IMPACTO SOBRE FAUNA.

A continuación, se entregan los niveles proyectados para los trabajos tronadura y su evaluación de acuerdo con lo que establece en la guía “Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa” según corresponda.

Si bien, de acuerdo con la información entregada por el titular del proyecto, no existen áreas protegidas o hábitats de interés de conservación de fauna, a continuación, se presentan las proyecciones de niveles de ruido para la determinación de umbrales según corresponda.

Tabla 40. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre avifauna.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Avifauna	Aumento del estado de alerta y vigilancia	Conductual	Impulsiva (militar o tronaduras)	80 dB(A) máx 63 dB(A) promedio	Shannon et al 2016
	Daño auditivo directo	Fisiológico		140 dB(A) máx	Dooling et al 2007

Tabla 41. Referencias para la determinación de umbrales de referencia para la evaluación de impacto por ruido sobre mamíferos.

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN DEL EFECTO	TIPO DE EFECTO	TIPO DE FUENTE	UMBRAL	REFERENCIA
Mamíferos	Incremento de ritmo cardiaco y alteración de dinámicas de descanso y movilidad en ungulados	Fisiológico – Conductual	Impulsiva (militar)	85 dB(Z) promedio	Shannon et al 2016

Figura 34. Detalle mapa de ruido, Umbrales Avifauna.

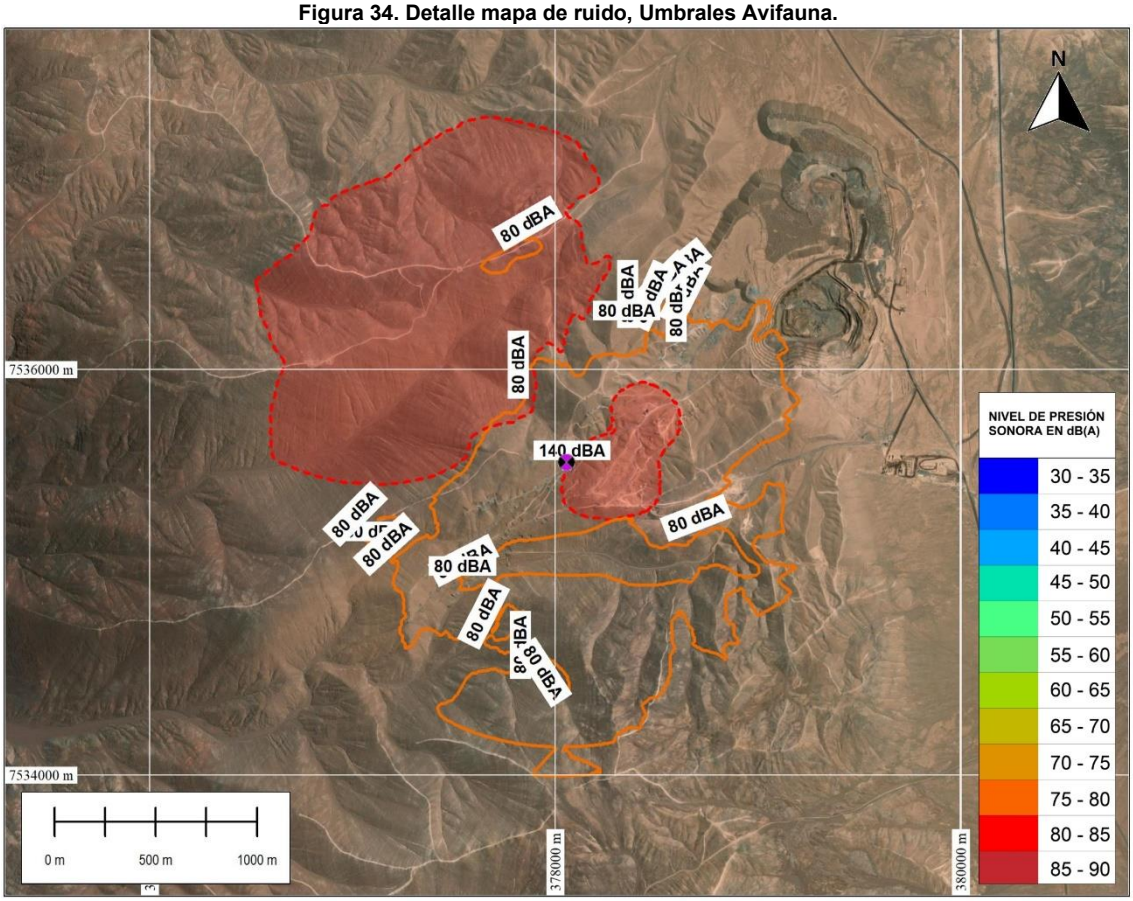
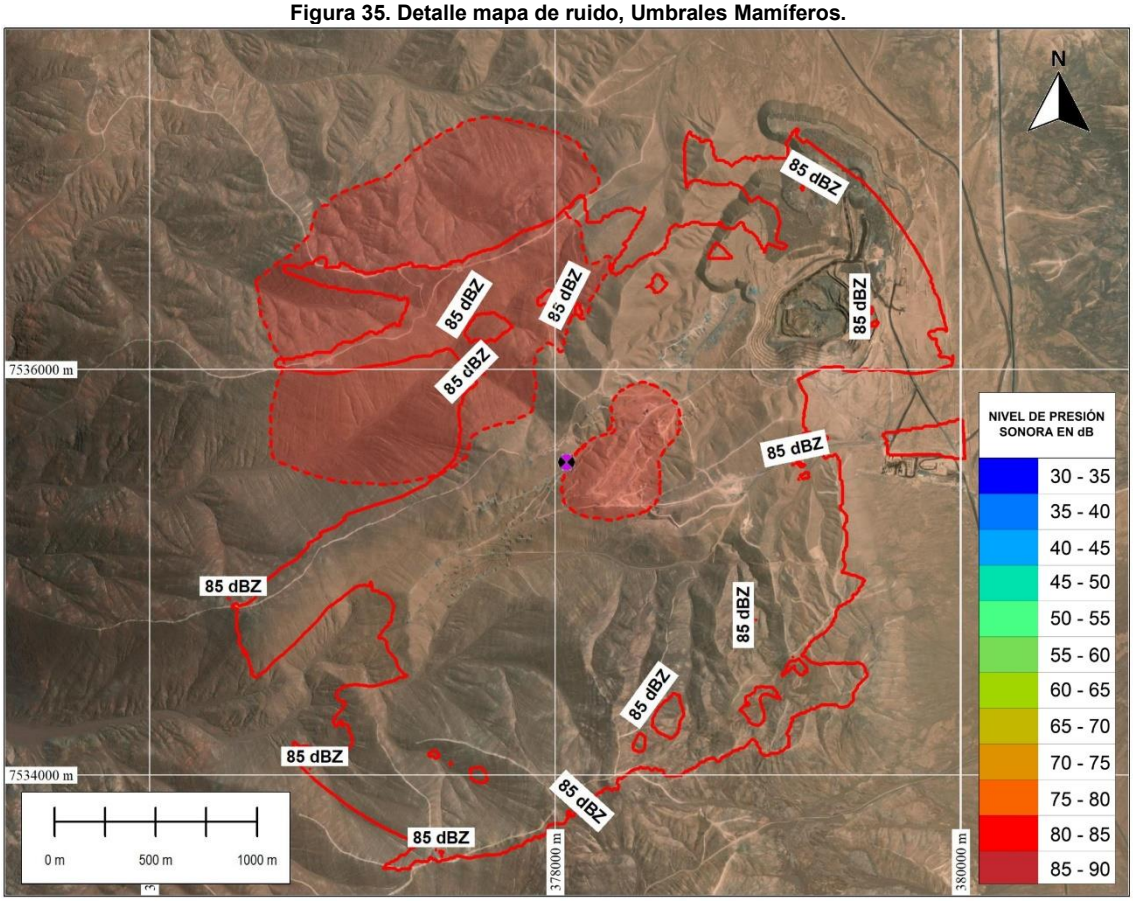


Figura 35. Detalle mapa de ruido, Umbrales Mamíferos.



10 CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación realizada, el proyecto Modificación Distrito Norte, ubicado en la comuna de Tocopilla, Región de Antofagasta, cumplirá los máximos permitidos por el D.S. Nº38/11 del MMA en todos los receptores en estudio, sin la necesidad de implementación medidas de control adicionales.

- De acuerdo a los resultados obtenidos para la fase de operación y cierre del proyecto, se verificó que el proyecto cumple con los límites máximos permisibles indicados por la normativa de ruido vigente “DS 38/11 del MMA”, para todos los puntos receptores.

- De acuerdo a los resultados obtenidos para las tronaduras del proyecto, se verificó que el proyecto cumple con los límites máximos permisibles indicados por la normativa AS2187.2 - 2006, para todos los puntos receptores.

- Durante la fase de operación y cierre del proyecto, se verificó el cumplimiento de los niveles de vibración máximos permitidos por la FTA, para todos los puntos receptores.

11 ANEXO 1 – MARCO NORMATIVO

11.1 DEFINICIONES

- **Decibel (dB):** unidad adimensional usada para expresar 10 veces el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia.

- **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.

- **Fuente Emisora de Ruido:** toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido hacia la comunidad. Se excluyen de esta definición las actividades señaladas en el artículo 5º (redes de infraestructura de transporte, como, por ejemplo, el tránsito vehicular, ferroviario y marítimo, tránsito aéreo, la actividad propia del uso de viviendas y edificaciones habitacionales, tales como voces, circulación y reunión de personas, mascotas, electrodomésticos, arreglos, reparaciones domésticas y similares realizadas en este tipo de viviendas., el uso del espacio público, como la circulación vehicular y peatonal, eventos, actos, manifestaciones, propaganda, ferias libres, comercio ambulante, u otros similares, Sistemas de alarma y de emergencia, voladuras y/o tronaduras.

- **Nivel de Presión Sonora (NPS):** se expresa en decibeles (dB) y se define por la siguiente relación matemática:

$$NPS = 20 \text{ Log } (P1 / P) \text{ dB},$$

en que:

- P1: valor de la presión sonora medida; y
- P: valor de la presión sonora de referencia, fijado en 2x10-5 (N/m²)

- **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq o Leq):** 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.

11.2 DECRETO SUPREMO Nº38/2011 DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE "NORMA DE EMISIÓN DE RUIDOS GENERADOS POR FUENTES QUE INDICA"

El Decreto Supremo N°38 del Ministerio del Medio Ambiente, publicado en el diario oficial el 12 de junio de 2012, establece los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos (NPC) y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes hacia la comunidad, tales como actividades industriales, comerciales, recreacionales, artísticas u otras.
En la norma se establecen cinco zonas, las cuales son definidas de acuerdo a los Planes Reguladores Comunales existentes:

- **Zona I:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial 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 Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona I, Equipamiento de cualquier escala.

- **Zona III:** Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial 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 instrumento de Planificación Territorial 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 Instrumento de Planificación Territorial respectivo.

Los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán exceder los valores de la Tabla 1.

Tabla 42. Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A)

ZONA	DE 7 A 21 HORAS	DE 21 A 7 HORAS
Zona I	55	45
Zona II	60	45
Zona III	65	50
Zona IV	70	70

Para zonas rurales se aplicará como nivel máximo permisible de presión sonora corregido (NPC), el menor valor entre:

- Nivel de ruido de fondo + 10 dB(A)
- NPC para Zona III
- Este criterio se aplicará tanto para el período diurno como nocturno, de forma separada.

Para el caso de mediciones internas, se deberá realizar una corrección sobre los niveles obtenidos en la letra b) precedente, ya sea si existen puertas, ventanas o vanos en las paredes o techumbres que puedan incidir en la propagación del ruido hacia el interior:

Tabla 43. Correcciones ventana, puerta o vano.

CONDICIÓN	CORRECCIÓN
Puerta y /o ventana abierta (o vano)	+ 5 dB(A)
Puerta y /o ventana cerrada o ausencia de ellas	+ 10 dB(A)

11.3 CRITERIOS PARA HOMOLOGACIÓN DE ZONAS DEL DECRETO SUPREMO Nº 38, DE 2011, DEL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

La Resolución N°491 del 31 de mayo del 2016, publicado en el Diario Oficial el 8 de junio del 2016, y con entrada en vigencia el 20 de junio del 2016, entrega los siguientes criterios de homologación de zonas según el uso de suelo.

- **Criterios para espacio público y áreas verdes:** Los Espacios Públicos y Áreas Verdes, definidas en el Nº 11 del Artículo 6º de la Norma de Emisión y en el Artículo 2.1.31 de la OGUC, respectivamente, cuando conformen cada una por sí sola o combinadas entre ellas una zona definida en un Instrumento de Planificación Territorial (IPT), esta deberá homologarse a Zona I del DS Nº 38 de 2011 del MMA. Por otra parte, si los usos Espacio Público y Áreas Verdes se encuentran combinados con otros tipos de usos, no se afectará la zonificación que por sí solos estos últimos puedan tener. Es decir, que si un uso residencial exclusivo se homologa a Zona I, un Equipamiento exclusivo a Zona II o Actividades Productivas y/o Infraestructuras a Zona IV, el hecho de combinarse con Espacio Público o Áreas Verdes, no cambia la homologación antes mencionada.

- **Criterios para infraestructuras:** Se observa que en la definición del tipo de uso "Infraestructura", presente en el Artículo 2.1.29 de la OGUC, existen dos subclasificaciones, las edificaciones o instalaciones (asociadas a este tipo de uso) y las redes o trazados, siendo estas últimas admitidas en todos los usos de suelo. Por lo anterior y solo para efectos de homologación se considerará como infraestructura, las edificaciones o instalaciones señaladas en cada zona, lo anterior debido a que esta subclasificación depende de lo definido en el proceso de planificación territorial. En aquellos casos en que el IPT señale que se permite este uso, sin aclarar que corresponde a una u otra subclasificación, entonces se entenderá como permitido en dicha zona y será considerado para efectos de definir la Zona de la Norma de Emisión.

- **Criterios para zonas de equipamiento exclusivo:** Aquellas zonas definidas en los IPT respectivos, en que se permita exclusivamente el tipo de uso equipamiento, deberán ser homologadas a Zona II de la Norma de Emisión.

- **Criterios para equipamientos con condiciones de instalación:** Para efectos de homologación únicamente, se entenderá como permitido el tipo de uso de suelo "Equipamiento" en una zona, independientemente de las condiciones que se establezcan en estas (asociadas a su ubicación, clases o clasificaciones).

- **Criterios para actividades productivas inofensivas:** De acuerdo con el Artículo 2.1.28 OGUC, las actividades asociadas al tipo de uso Actividades Productivas pueden ser calificadas por la Seremi de Salud respectiva, como inofensivas, molestas, insalubres, contaminantes o peligrosas. De las inofensivas se señala que pueden ser asimiladas al tipo de uso Equipamiento de clase comercio o servicios, previa autorización del Director de Obras Municipales que corresponda, cuando se acredite que no producirán molestias al vecindario. Dado lo anterior y considerando que en general los IPT señalan en las definiciones de usos permitidos o prohibidos si se permiten Actividades Productivas y su calificación, únicamente para efectos de homologación y cuando expresamente se señalen como permitidas las Actividades Productivas Inofensivas, estas deberán entenderse como uso de tipo Equipamiento, debido a que no se admitirían en dicha zona cualquier otra calificación. No obstante, cuando no se establezca en el IPT vigente y correspondiente, la calificación de la Actividad Productiva, dicho uso se entenderá como permitido en la zona que se esté homologando.

- **Criterios para zonas industriales con usos residenciales o equipamientos:** Para efectos de homologación únicamente, deberá considerarse que una zona en la que se permitan los usos de suelo Actividades Productivas y/o Infraestructuras, combinadas ya sea con los tipos de uso Residencial o Equipamiento, deberán homologarse a Zona III de la Norma de Emisión. Lo anterior es en atención a la definición de Receptor presente en la Norma de Emisión.

En resumen, entendiendo que la OGUC define los tipos de usos de suelo Residencial (R), Equipamiento (Eq), Actividades Productivas (AP), Infraestructura (Inf), Área Verde (AV) y Espacio Público (EP), homologando las posibles combinaciones de usos de suelo y aplicando los criterios definidos anteriormente, es posible señalar la siguiente tabla de homologaciones:

Tabla 44. Criterio homologación uso de suelo a zonas del D.S. Nº38/11 del MMA.

Zona DS 38	Combinaciones de usos de suelo
Zona I	• R • R + EP + AV • R + EP • R + AV • EP + AV • EP • AV
Zona II	• R + Eq • R + Eq + EP + AV • R + Eq + EP • R + Eq + AV • Eq • Eq + EP + AV • Eq + EP • Eq + AV
Zona III	• R + Eq + AP • R + Eq + EP + AV + AP • R + Eq + EP + AP • R + Eq + AV + AP • Eq + AP • Eq + EP + AV + AP • Eq + EP + AP • Eq + AV + AP • R + Eq + Inf • R + Eq + EP + AV + Inf • R + Eq + EP + Inf • R + Eq + AV + Inf • Eq + Inf • Eq + EP + AV + Inf • Eq + EP + Inf • Eq + AV + Inf • R + Eq + AP + Inf • R + Eq + EP + AV + AP + Inf • R + Eq + EP + AP + Inf • R + Eq + AV + AP + Inf • Eq + AP + Inf • Eq + EP + AV + AP + Inf • Eq + EP + AP + Inf • Eq + AV + AP + Inf
Zona IV	• AP • AP + EP • AP + EP + AV • Inf • Inf + EP • Inf + EP + AV • AP + Inf • AP + Inf + EP • AP + Inf + EP + AV

11.4 NORMA ISO 9613-2 ACÚSTICA: "ATENUACIÓN DEL SONIDO CUANDO SE PROPAGA EN EL MEDIO AMBIENTE EXTERIOR"

Esta Norma internacional especifica un método ingenieril para calcular la atenuación de sonido durante la propagación en exteriores para predecir los niveles de ruido ambiental a una distancia de una variedad de fuentes. El método predice el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A (como se describe en las partes 1 a la 3 de ISO 1996) bajo condiciones meteorológicas favorables para la propagación a partir de fuentes de emisión de sonido conocido. Estas condiciones son para propagación con bajo viento, como se especifica en 5.4.3.3 de ISO 1996-2:1987 o equivalentemente propagación bajo inversión de temperatura, tal como ocurre comúnmente ocurre en la noche. Las condiciones de inversión sobre superficies de agua no son cubiertas y pueden resultar en niveles de presión sonora más altos como se predice en esta parte de ISO 9613.

El método de cálculo además predice un promedio de nivel de presión sonora ponderado A como se especifica en ISO 1996-1 e ISO 1996-2. El promedio de nivel de presión sonora ponderado A abarca niveles para una amplia variedad de condiciones meteorológicas.
El método especificado en la parte 2 de ISO 9613 consiste específicamente de algoritmos de banda de octava (con frecuencias centrales nominales a partir de 63 Hz y hasta 8 kHz) para calcular la atenuación de sondo el cual se origina a partir de una fuente puntual o un grupo de fuentes puntuales. La fuente (o fuentes) pueden estar en movimiento o estacionarias. Los términos específicos son proporcionados en los algoritmos para los siguientes efectos físicos:

- Divergencia geométrica.
- Absorción atmosférica.
- Efecto del suelo.
- Reflexiones de superficies.
- Apantallamiento por obstáculos.

Este método de cálculo es aplicable en la práctica a una gran variedad de fuentes y ambiente de ruido. Es aplicable, directa o indirectamente, a muchas situaciones concernientes a tráfico rodado o de ferrocarriles, fuentes de ruido industrial, actividades de construcción y muchas otras

fuentes de ruido. Esto no es aplicable a ruido de aviones en vuelo, ondas explosiones de la minería o militares u operaciones similares. Para aplicar el método de esta parte de ISO 9613, varios parámetros necesitan ser conocidos con respecto a la geometría de la fuente y del ambiente, las características de la superficie del suelo, y de la fuerza de la fuente en términos de niveles de presión sonora en bandas de octava para direcciones relevantes a la propagación. La precisión del método y las limitaciones de este uso en la práctica están descritas en la parte 9.

El nivel de presión sonora continuo equivalente por bandas de octava downwind, L_{fT} (DW), debe ser calculado para cada fuente puntual y sus fuentes imagen, y por cada banda de octava con la frecuencia central nominal desde 63 Hz y hasta 8kHz a partir de la ecuación:

$$L_{fT}\,(DW) = L_w + D_c - A$$

Donde:

L_w es el nivel de potencia sonora por bandas de octava, en decibeles, producido por la fuente sonora puntual relativo a una potencia sonora de referencia de 1 picowatt (1pW);

D_c es la corrección por directividad, en decibeles, esto describe la extensión por la cual el nivel de presión sonora continuo equivalente a partir de una fuente puntual desvía en una dirección específica a partir del nivel de una fuente sonora puntual omnidireccional produciendo un nivel de potencia sonora L_w, D_c es igual al índice de directividad D_i de una fuente puntual más un índice D acorde con la propagación de sonido en ángulos sólidos menores que 4 estereoradianes; para una fuente puntual omnidireccional radiando en el espacio libre, D_c = 0 dB;

A es la atenuación por bandas de octava, en decibeles, esta ocurre durante la propagación desde una fuente sonora puntual hasta el receptor.

La letra A significa atenuación en esta parte de ISO 9613 excepto en subíndices, donde indica ponderación A de frecuencia. Los niveles de potencia sonora pueden ser determinados a partir de mediciones, por ejemplo, como se describe en ISO 3740(para maquinaria) o en ISO 8297 (para industriales).

12 ANEXO 2 – CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN INSTRUMENTAL

12.1 CERTIFICADOS CALIBRACIÓN

Instituto de Salud Pública de Chile

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD DE INSTRUMENTOS ACÚSTICOS

Laboratorio de Calibración Acústica

PROSON20250029
26-06-2025

DATOS DEL INSTRUMENTO

Tipo de Instrumento: sonómetro
Marca: Soft dB
Modelo: Piccolo - II
N° Serie: P0225051508
Emisor del Certificado de Calibración: SOFT dB
N° Certificado Calibración: P02QC2025051508
Fecha del Certificado de Calibración: 15-05-2025

PRONUNCIAMIENTO

Con respecto al instrumento con Certificado de Calibración N°*P02QC2025051508*, asociado al *sonómetro* marca *Soft dB*, modelo, *Piccolo - II* N° serie *P0225051508* y conforme a lo detallado en los datos del instrumento de este certificado, así como al cumplimiento de los requisitos establecidos para equipos nuevos en el Decreto Exento N° 542 de fecha 30 de mayo de 2014, del Ministerio de Salud (MINSAL), que aprueba la Norma Técnica N° 165, "Sobre el Certificado de Calibración Periódica para Sonómetros Integradores–Promediadores y Calibradores Acústicos de Terreno", en el contexto de la aplicación del Decreto Supremo N° 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), titulado "Norma de Emisión de Ruido Generado por Fuentes que Indica", se concluye que *se da conformidad* al presente certificado, cuya vigencia es de dos años a partir desde su fecha de emisión.

A partir del *15-05-2027*, el instrumento estará sujeto a la exigencia establecida en el artículo 9 del Decreto Exento N° 542, que aprueba la Norma Técnica N° 165, en relación con la obligatoriedad de realizar la calibración periódica en el Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile.

FIRMA ELECTRONICA AVANZADA · GOBIERNO DE CHILE

Firmado por:
Mauricio Alejandro Sánchez Valenzuela
Jefe Sección Ruido y Vibraciones
Departamento Salud Ocupacional
Fecha: 07-07-2025 09:03 CLT
Instituto de Salud Pública de Chile

HPFG

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/WV8TS2-040

Marathon 1000, Ñuñoa. Región Metropolitana / www.ispch.cl

Soft dB
WWW.SOFTDB.COM

1040, Avenue Belvedere, Suite 215
Quebec, Qc, Canada, G1S 3G3
1 (418) 686-0993
Email: info@softdb.com
www.softdb.com

Calibration Certificate No. P02QC2025051508

25/05/15

Instrument

Type:	Integrating Averaging Sound Level Meter
Model:	Piccolo-II
SN:	P0225051508
Class:	2
Mic Sensitivity:	18,44mV/Pa (0,3 dB from nominal)

Standards

Tested in accordance with procedures from ANSI/ASA S1.4-3 (2014) / IEC 61672-3 (2013) Electroacoustics - Sound Level Meters - Part 3: Periodic tests

Calibration Instruments

Description	Manufacturer	Model	Serial Number
Function Generator	Stanford Research Systems	DS360	33263
Multi-function Calibrator	Brüel & Kjær	4226	3339882

Environmental Conditions

Temperature	Barometric Pressure	Humidity
24,3°C	99,5kPa	49%

Personnel

Calibrated by: Simon Couture

Simon Couture, Tech

Date : 25/05/15

Summary

Description	PASS / FAIL
Section 11.1 – Self-generated noise (Microphone)	Pass
Section 11.2 – Self-generated noise (Electrical input)	Pass
Section 12 – Acoustical signal tests of frequency weightings	Pass
Section 13 – Electrical signal tests of frequency weightings	Pass
Section 14 – Frequency and time weightings at 1 kHz	Pass
Section 15 – Long-term stability	Pass
Section 16 – Level linearity on the reference level range	Pass
Section 17 – Level linearity including range control	Pass
Section 18 – Toneburst response	Pass
Section 19 – C-weighted peak sound level	Pass
Section 20 – Overload indication	Pass
Section 21 – High-level stability	Pass

Declaration of Conformity

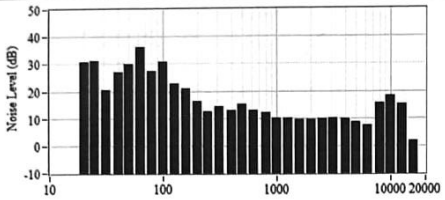
The sound level meter submitted for testing has successfully completed the Class 2 tests of ANSI/ASA S1.4-3 (2014) / IEC 61672-3 (2013) (limited to sections 11, 12 , 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 and 21), for the environment conditions under which the tests were performed.

This Calibration certificate shall not be reproduced, except in full, without approval of Soft dB

IEC 61672-3 – Section 11.1 – Self-generated noise (Microphone)

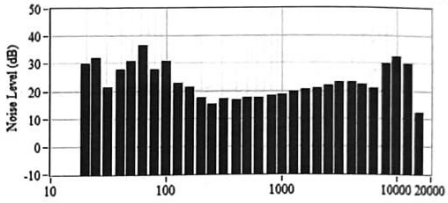
Low Range

Value	Measure	Limit	PASS / FAIL
dBZ	40,3	---	---
dBC	38,8	---	---
dBA	24,4	29,7	Pass



High Range

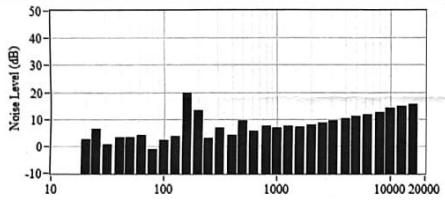
Value	Measure	Limit	PASS / FAIL
dBZ	42,2	---	---
dBC	40,4	---	---
dBA	35,9	39,7	Pass



IEC 61672-3 – Section 11.2 – Self-generated noise (Electric)

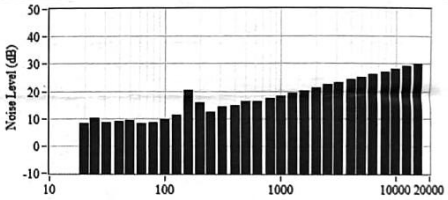
Low Range

Value	Measure	Limit	PASS / FAIL
dBZ	26,2	---	---
dBC	23,9	---	---
dBA	21,9	23,7	Pass

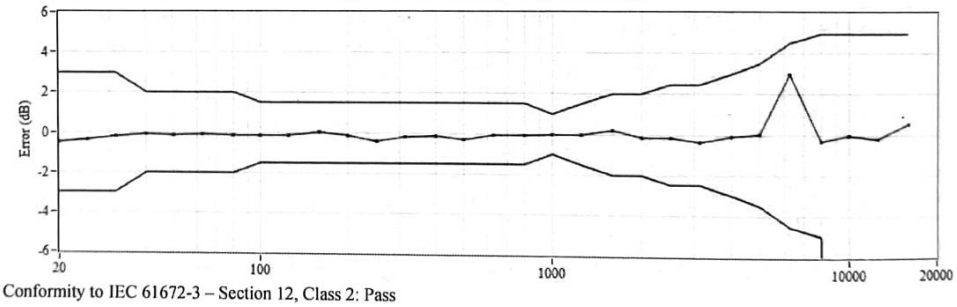


High Range

Value	Measure	Limit	PASS / FAIL
dBZ	38,9	---	---
dBC	34,4	---	---
dBA	35,6	39,7	Pass



IEC 61672-3 – Section 12 – Acoustical signal tests of a frequency weighting

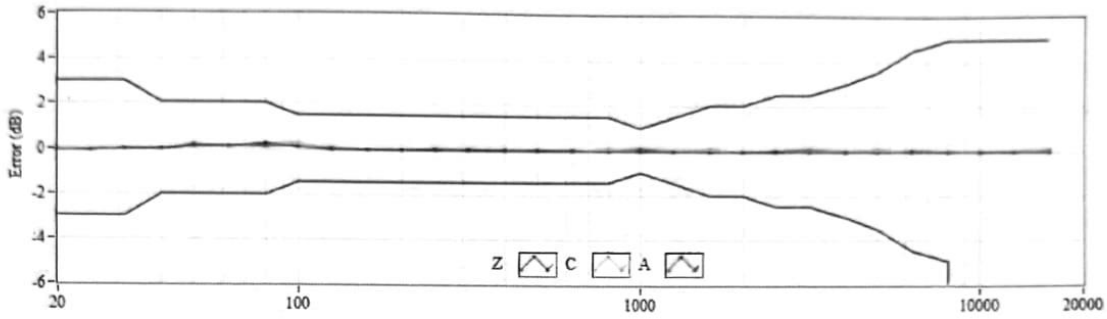


Conformity to IEC 61672-3 – Section 12, Class 2: Pass

Certificate No. : P02QC2025051508 25/05/15 Page 2 of 4

This Calibration certificate shall not be reproduced, except in full, without approval of Soft dB

IEC 61672-3 – Section 13 – Electrical signal tests of frequency weightings



Conformity to IEC 61672-3 – Section 12, Class 2: Pass

IEC 61672-3 – Section 14 – Frequency and time weightings at 1 kHz

Data	Measure	Error	Tolerance	PASS / FAIL
LAF	94,0	---	---	---
LCF	94,0	0,0	±0,1	Pass
LZF	94,0	0,0	±0,1	Pass
LAS	94,1	0,1	±0,2	Pass
LCS	94,0	0,1	±0,1	Pass
LZS	94,0	0,1	±0,1	Pass
LAeq	94,0	0,0	±0,2	Pass
LCeq	94,0	0,0	±0,1	Pass
LZeq	94,0	0,0	±0,1	Pass

IEC 61672-3 – Section 15 – Long-term Stability

Initial	Final	Error	Tolerance	PASS / FAIL
94,0	94,0	0,0	0,3	Pass

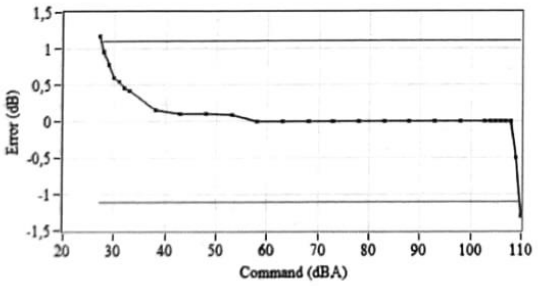
IEC 61672-3 – Section 16 – Level Linearity (at 8 kHz)

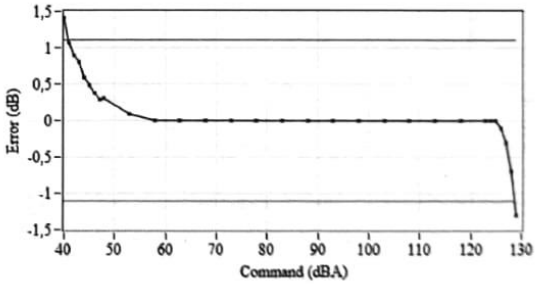
Low Range

Boundary	Measure (dBA)	Limit (dBA)	PASS / FAIL
Upper	109,0	105,5	Pass
Lower	28,0	29,7	Pass

High Range

Boundary	Measure (dBA)	Limit (dBA)	PASS / FAIL
Upper	128,0	125,5	Pass
Lower	41,0	45,7	Pass





Certificate No. : P02QC2025051508 25/05/15 Page 3 of 4

This Calibration certificate shall not be reproduced, except in full, without approval of Soft dB

IEC 61672-3 – Section 17 – Level Linearity including Range Control

Range	Level	Applied	Measure	Error	Tolerance	PASS / FAIL
Low	Ref.	94,0	94,0	---	---	---
Low	UR+5dB	34,7	35,1	0,4	1,1	Pass
High	Ref.	94,0	94,0	0,0	1,1	Pass
High	UR+5dB	50,7	50,8	0,1	1,1	Pass

IEC 61672-3 – Section 18 – ToneBurst Response

Tb(ms)	Data	Applied	Measure	Meas. Diff.	Target Diff.	Error	Tolerance	PASS / FAIL
200	LASmax	104,6	97,1	-7,5	-7,4	-0,1	±1,0	Pass
2	LASmax	104,6	77,5	-27,1	-27,0	-0,1	1,0; -5,0	Pass
200	LAFmax	104,6	103,5	-1,1	-1,0	-0,1	±1,0	Pass
2	LAFmax	104,6	85,7	-18,9	-18,0	-0,9	1,0; -2,5	Pass
0,25	LAFmax	104,6	77,4	-27,2	-27,0	-0,2	1,5; -5,0	Pass
200	LAE	104,6	97,7	-6,9	-7,0	0,1	±1,0	Pass
2	LAE	104,6	77,6	-27,0	-27,0	0,0	1,0; -2,5	Pass
0,25	LAE	104,6	68,6	-36,0	-36,0	0,0	1,5; -5,0	Pass

IEC 61672-3 – Section 19 – C-Weighted Peak Sound Level

Freq.	Cycle	Applied	Meas.	Meas. Diff.	Target Diff.	Error	Tolerance	PASS / FAIL
31,5Hz	1 (Full)	119,6	122,7	3,1	2,5	0,6	±3,0	Pass
500Hz	1 (Full)	122,7	126,4	3,7	3,5	0,2	±2,0	Pass
8kHz	1 (Full)	119,6	122,5	2,9	3,4	-0,5	±3,0	Pass
500Hz	½ (Pos.)	122,7	124,5	1,8	2,4	-0,6	±2,0	Pass
500Hz	½ (Neg.)	122,7	124,5	1,8	2,4	-0,6	±2,0	Pass

IEC 61672-3 – Section 20 – Overload Indication

Low Range

Data	Freq.	Overload (+)	Overload (-)	Error	Tolerance	PASS / FAIL
LZE	4kHz	68,0	68,2	0,2	±1,5	Pass
LCE	4kHz	67,3	67,6	0,3	±1,5	Pass
LAE	4kHz	68,2	68,4	0,2	±1,5	Pass
LZpk	4kHz	109,8	109,7	0,1	±1,5	Pass
LCpk	4kHz	109,0	108,8	0,2	±1,5	Pass

High Range

Data	Freq.	Overload (+)	Overload (-)	Error	Tolerance	PASS / FAIL
LZE	4kHz	88,2	88,0	0,2	±1,5	Pass
LCE	4kHz	87,6	87,4	0,2	±1,5	Pass
LAE	4kHz	88,4	88,2	0,2	±1,5	Pass
LZpk	4kHz	129,6	129,7	0,1	±1,5	Pass
LCpk	4kHz	128,9	128,9	0,0	±1,5	Pass

IEC 61672-3 – Section 21 – High-level Stability

Initial	Final	Error	Tolerance	PASS / FAIL
125,7	125,7	0,0	0,3	Pass

Certificate No. : P02QC2025051508 25/05/15 Page 4 of 4

This Calibration certificate shall not be reproduced, except in full, without approval of Soft dB

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20250111

Laboratorio de Calibración Acústica - LCA
Av. Marathón 1000, Ñuñoa, Santiago, Chile
calibracionacustica@ispch.cl
www.ispch.cl

DATOS DEL CALIBRADOR

FABRICANTE CALIBRADOR	: BSWA
MODELO CALIBRADOR	: CA114
NÚMERO SERIE CALIBRADOR	: 590486

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE	: SONOTEC LTDA
DIRECCIÓN	: MANQUEHUE NORTE N°151 OFICINA 309, LAS CONDES, REGIÓN METROPOLITANA.

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN	: LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN	: 15/12/2025
FECHA CALIBRACIÓN	: 17/12/2025
FECHA EMISIÓN INFORME	: 22/12/2025

FIRMA ELECTRONICA AVANZADA · GOBIERNO DE CHILE

Firmado por:
Mauricio Alejandro Sánchez Valenzuela
Jefe Sección Ruido y Vibraciones
Departamento Salud Ocupacional
Fecha: 07-01-2026 16:58 CLT
Instituto de Salud Pública de Chile

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/3APBF6-557

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**

  T = 22.5 ºC P = 94.8 kPa H.R. = 48.3 %

- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**

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

- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**

  Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 2.

- **INCERTIDUMBRE:**

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

- **RESUMEN DE RESULTADOS:**

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

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

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, aplicando únicamente al instrumento sometido a ensayo.
Este Informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio de Calibración Acústica del Instituto de Salud Pública de Chile, que lo expide.
Si a la derecha de la línea aparece la palabra **ERROR** significa que la lectura, expandida por la incertidumbre de la medición, no está dentro de las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada.
Las unidades de medida dB son referidos a 20 µPa.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/3APBF6-557

- PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN

Los patrones utilizados en la calibración cuentan con trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales, los que a su vez están referidos a patrones primarios de acuerdo con el sistema internacional de unidades (SI).

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	N° SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	25-EA-CA-00154	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	45811051	2293520-2	KEITHLEY TEKTRONIXS COMPANY
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO AHLBORN	FDA612-SA Almemo 2490-2	9040332 H09050234	P01428 D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FH A646-E1	H09050234 09070450	H00393	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK2100129	BRÜEL&KJAER

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/3APBF6-557

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Valor nominal del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia Positiva (dB)	Tolerancia Negativa (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	93.93	-0.07	0.75	-0.75	± 0.14

Estabilidad del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	0.01	0.00	0.01	0.20	± 0.0058

DISTORSIÓN

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Leída (%)	Distorsión Esperada (%)	Desviación (%)	Tolerancia (%)	Incertidumbre (%)
94.00	1000.00	0.651	0.000	0.651	4.000	± 0.18

FRECUENCIA

Valor nominal de la Frecuencia

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Frecuencia Exacta (Hz)	Frecuencia Leída (Hz)	Desviación (Hz)	Tolerancia Positiva (Hz)	Tolerancia Negativa (Hz)	Incertidumbre (Hz)
94.00	1000.00	1000.00	999.48	-0.52	20.00	-20.00	± 0.50

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N° 19.799.
Para verificar la integridad y autenticidad de este documento ingrese al siguiente link:
https://doc.digital.gob.cl/validador/3APBF6-557

12.2 ACREDITACION FABRICANTE

Al respecto de los equipos de medición, se menciona que el mismo fabricante del sonómetro SOFTdB acredita a SONOTEC y aconseja utilizar el calibrador de la marca BSWA.

Para lo cual tenemos una respuesta del personal del SOFTdB y un presupuesto asociado, donde se nos ofrece el calibrador BSWA CA114 para el equipo medidor PICCOLO que se está adquiriendo, y de esta forma acreditando que ambos equipos se pueden utilizar juntos. Adjuntamos documentos que respaldan lo mencionado.

---------- Forwarded message ---------
De: **Yohan Gauthier Keurentjes** <y.gauthier-keurentjes@softdb.com>
Date: mié, 4 ene 2023 a las 17:26
Subject: Piccolo II Sound Level Meter Request - Soft dB
To: finanzas@sonotec.cl <finanzas@sonotec.cl>

[redacted]

Thank you for your interest in our products and sorry for the late reply. Our offices were closed for the holidays.

To answer your question we are selling the BSWA CA114 Class 2 Sound Pressure Calibrator for the SLM at [redacted] $USD and coming with a factory calibration chart as seen below.

For both the Piccolo and BSWA Calibrator the calibration certificates are included in the base price of the products.

The only added cost would be the shipping and handling.

Let me know if you have any questions and/or wish to obtain a formal quotation.

Thank you and have a great day,

Yohan Gauthier Keurentjes
Acoustical Consulting Services
T: 1-866-686-0993 x272
E: y.gauthier-keurentjes@softdb.com

Soft dB

Learn how we help Canada's largest open pit mine control noise emissions across 24km² →

Soft dB
WWW.SOFTDB.COM

1040, avenue Belvédère, bureau 215
Québec (Québec) G1S 3G3
Tél. : (418) 686-0993
Fax : (418) 686-2043
email : info@softdb.com

QUOTE

Quote: Q-SLM-230328-YG_Sonotec	Date: 2023-03-28

Attention

[redacted]
Finanzas
Sonotec Ltda
Tel: +56 2 32333004
Cel: +56 9 4881 8340
finanzas@sonotec.cl

All prices are in USD

Piccolo-II	Price	Quantity	Total
Hardware Unit:			
Piccolo-II	[redacted] $	1	[redacted] $
Accessories (1 of each included with each Piccolo-II)			
Windscreen	[redacted] $	included	
Carrying Case	[redacted] $	included	
6 ft. USB cable (Mini-B to A)	[redacted] $	included	
Software Module License			
Piccolo-II Utility Software (Digital Download)	0 $	included	
Certificate: (1 certificate included with each Piccolo-II)			
Calibration certificate (IEC 61672-3)	[redacted] $	included	
		Sub Total :	[redacted] $

Optional Accessories	Price	Quantity	Total
BSWA CA114 Class 2 Sound Pressure Calibrator	[redacted] $	1	[redacted] $
50mm windscreen	[redacted] $	0	[redacted] $
		Options Sub Total :	[redacted] $
		S&H (Ground) :	TBD
		Total :	[redacted] $

This quotation is valid 45 days.
All prices are in USD
To order : Send a Purchase Order (PO) by fax or email.
Shipping, taxes, duty and brokerage fees are at the charge of the buyer.
Lead time is 4 to 6 weeks upon reception of the PO
Payment is required before the shipping of any goods

TPS# 140 970 989 TVQ# 101 838 5208 Canadian Export Company Number : 140 970 989 RM0002

13 ANEXO 3 – BIBLIOGRAFIA

- Decreto Supremo Nº 38/2011 del Ministerio del Medio Ambiente “Norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica”.
- Resolución Exenta Nº 693 “Aprueba contenido y formatos de las fichas para informe técnico del procedimiento general de determinación del nivel de presión sonora corregido”. Superintendencia del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 21 de agosto de 2015.
- Resolución Exenta Nº 491 “Dicta instrucción de carácter general sobre criterios para homologación de zonas del Decreto Supremo Nº 38, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente”. Superintendencia del Medio Ambiente, Gobierno de Chile, 31 de mayo de 2016.
- *Update of Noise Database for Prediction of Noise on Construction and Open Sites* (Annex C, Part 1 BS 5228). Departament for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), 2009.
- Norma Británica BS 5228 - “Noise and vibration control on construction and open sites”.
- Norma UNE EN ISO 9613-2: «Acústica - Atenuación del sonido cuando se propaga en el ambiente exterior, Parte 2: Método general de cálculo».