



INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO HÉLICE DE VIENTO PARA CONTROL DE HELADAS

Mandante:

Zimex – Smart Agro.



Machalí – VI Región

Marzo de 2020

1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. Metodología de Medición	3
3.1 Procedimiento	3
3.2 Equipamiento	4
3.3 Identificación de los Puntos de Medición	5
3.4 Proyección	6
3.4.1 Niveles de Potencia Acústica	7
4. Normativa	9
4.1 Niveles Máximos Permisibles	9
5. Resultados	11
5.1 Niveles Proyectados	11
5.1.1 Hélice en Funcionamiento	11
6. Análisis de Resultados	13
6.1. Evaluación Niveles de Funcionamiento	13
7. Conclusiones	14
8. Registro Fotográfico	15
9. Referencias	17
Anexos	18

1. Introducción

En el presente informe, se desarrolla un estudio detallado de mediciones de niveles de ruido a una Hélice de Viento para Control de Heladas, las cuales fueron proyectadas, a través de modelaciones acústicas, hacia distancias específicas en campo libre con influencia de terreno característico rural, esto siendo realizado en un emplazamiento de la comuna de Machalí, VI Región.

Se catastraron focos potencialmente significativos en base a los 4 puntos cardinales, para con esto realizar proyecciones a diferentes distancias, determinando así la propagación de ruido de la hélice.

En base a los antecedentes recaudados y obtenidos a partir de las mediciones realizadas con instrumental, que cuenta con certificado de calibración, se desarrolla un estudio detallado de proyección en software especializado para este tipo de modelaciones.

Estos niveles predictivos, son comparados con los niveles máximos permitidos según el Decreto Supremo N°38/2011 “Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que indica”, del Ministerio del Medio Ambiente, teniendo así un detalle más acabado del efecto de la Hélice de Control de Heladas en su entorno.

2. Objetivos

- Identificar los focos de ruido más importantes emitidos producto del funcionamiento de la Hélice Portátil.
- Efectuar en ellos, mediciones de Nivel de Presión Sonora Continuo equivalente en bandas de octava a una altura de 8,5 metros, para poder así determinar el nivel de emisiones de ruido hacia receptores.
- Proyectar los Niveles de Presión Sonora Continuo equivalente medidos, hacia receptores que se encuentren en distintas distancias, simulando el funcionamiento de la Hélice Portátil.
- Evaluar los Niveles proyectados, comparándolos con los máximos permitidos por las normativas actuales aplicables, tanto para horario diurno como nocturno, según uso de suelo, con el fin de conocer el efecto que tendrá sobre la comunidad el funcionamiento de la Hélice.

3. Metodología de Medición

3.1 Procedimiento

La campaña de medición de niveles para calibración del modelo, se llevó a cabo el día jueves 19 de marzo del 2020, desde las 20.30 a las 23.30 hrs. Todas las mediciones fueron hechas bajo circunstancias normales en los sectores indicados y con el instrumento previamente calibrado. El método de medición de niveles de la Hélice se explica a continuación:

Se toman muestras de 1 minuto de duración de Niveles de Presión Sonora en bandas de octava, a no menos de 3 metros de distancia hacia la Hélice. Además, los Niveles totales fueron medidos con filtro de ponderación "A" y respuesta lenta del Sonómetro Integrador. Este último, fue posicionado a una altura de 8,5 metros

(altura de funcionamiento de la Hélice) de manera de obtener muestras para poder proyectarlas por distancia en campo libre.

3.2 Equipamiento

Los equipos e instrumental de medición utilizados satisfacen los requerimientos de certificación y calibración vigentes, cumpliendo estándares de certificación internacionales de instrumental requeridos: Tipo 1 – 2, IEC 61672-1 (2002) / ANSI S1.11-2004 / ANSI S1.4-1983 / IEC 60942 (1997) / NFS 31139. Se detallan:

- Sonómetro Integrador. Marca BSWA. Modelo 806. Tipo 1.
- Calibrador Acústico (Pistófono). Marca BSWA. Modelo CA111. Tipo 1.
- Posicionador Global GPS. Marca GARMIN. Modelo ETREX 20.
- Cámara Fotográfica. Huawei P20. Leica Dual.

Respecto al sonómetro integrador, es importante agregar que:

Este instrumento permite hacer mediciones simultáneas, guardar mediciones en la memoria, realizar análisis estadístico en tiempo real.

Se midió además del Nivel de Presión Sonora Equivalente “A” (NPSeqA), el Nivel RMS máximo (NPSmáx) y Nivel RMS Mínimo (NPSmín) con constante de tiempo LENTO. El equipo fue calibrado antes y después de las mediciones.

3.3 Identificación de los Puntos de Medición

Los niveles de presión sonora catastrados in situ para la proyección de la Hélice, se midieron, por las características de ésta, en los 4 puntos cardinales de manera de poder cubrir todo su espectro. En la *Tabla 1*, se presentan los puntos de medición de la Hélice con su respectiva altura:

Tabla 1: Puntos de Medición.

Puntos de medición.	Altura (Metros).
Frontal	8,5
Posterior	8,5
Lateral por Derecha (D)	8,5
Lateral por Izquierda (I)	8,5

3.4 Proyección

La modelación de los niveles emitidos por la Hélice en estudio, es realizada para revisar su comportamiento, con el fin de conocer el efecto que tiene sobre la comunidad, una vez que se encuentra en operación.

A partir de la información técnica proporcionada por el mandante, y la medición in situ, se lleva a cabo la proyección de los niveles de presión sonora desde la fuente en estudio hacia distintas distancias.

La metodología de la modelación, se realiza mediante la norma técnica ISO 9613 (Parte I y II “Atenuación del Sonido Durante la Propagación en Exteriores”), incluyendo factores de corrección atmosféricos, por tipo de suelo, divergencia geométrica y apantallamiento. El software utilizado para las modelaciones corresponde a SoundPLAN TM versión 8, el cual incorpora todas las variables de geomorfología, así como distintos niveles de fuentes en sus bases de datos para utilizar en caso necesario, lo que permite estimar de manera certera, la propagación sonora de la Hélice Portátil hacia su entorno.

Para constituir el escenario más desfavorable, SoundPLAN fija la temperatura en 10°C, la humedad relativa en 70%, la presión atmosférica es de 1013,3 mbar, teniendo con estos los efectos meteorológicos, una baja atenuación de la propagación de la onda sonora, sumado a que la velocidad del viento considerada en la norma de cálculo que se utiliza, es entre 3 a 4 m/s a favor de la propagación.

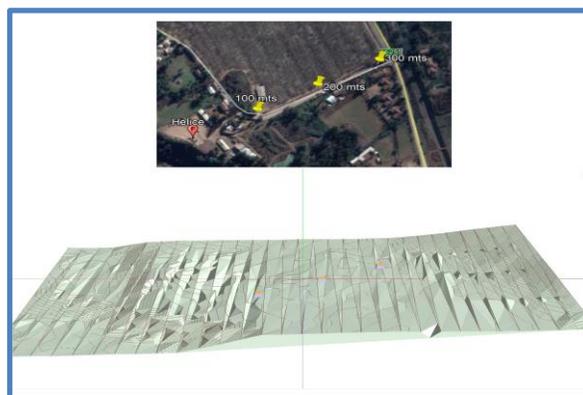


Ilustración 1: Modelación Hélice Portátil.

3.4.1 Niveles de Potencia Acústica

Los Niveles de Potencia Acústica necesarios para realizar la proyección, se obtienen en base a la campaña de medición en terreno, donde se midieron, en bandas de octava, los Niveles de Presión Sonora generados por el funcionamiento de la Hélice. Valores que el software de modelación, convierte a niveles de potencia.

Los valores catastrados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Niveles de Presión Sonora de Hélice Portátil, Medidos a 8,5 Metros de Altura.

Medición	Altura (Metros)	Nivel por Banda de Frecuencia en dB									Total dB(A)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Frontal	8,5	35,0	55,5	78,1	85,7	87,2	87,5	89,1	84,6	80,5	94,3
Posterior	8,5	30,8	56,2	78,5	84,3	85,3	86,6	88,2	81,8	76,2	93,0
Lateral D	8,5	30,0	56,5	78,2	83,3	85,5	86,6	87,4	81,8	76,9	92,6
Lateral I	8,5	32,2	59,6	77,6	84,4	85,7	86,3	86,8	82,6	78,0	92,7

De acuerdo a los valores catastrados de la *Tabla 2*, se procede a calcular el Nivel de Potencia Sonora en el software SoundPLAN, en el cual la incidencia de la fuente se asigna como una esfera, esto quiere decir que la Hélice se comporta como un foco puntual con emisión al entorno con forma esférica. En la siguiente Ilustración se puede apreciar su incidencia.

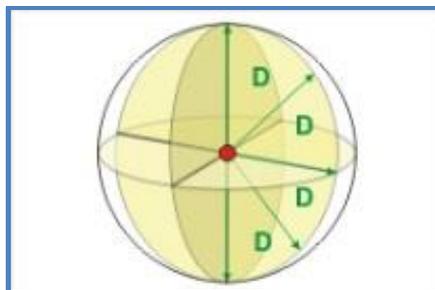


Ilustración 2: Incidencia de la Hélice Portátil.

En base a esta incidencia, se desarrolla la *Ecuación 1*, la que permite determinar el Nivel de Potencia Acústica total y para cada banda de octava:

Ecuación 1: Fórmula para Determinar el Nivel de Potencia Acústica.

$$L_w = L_p + 10 \log(A) = L_p + 20,5 \text{ dB}$$

Donde:

L_p = Es el Nivel de Presión Sonora medido in situ (*Tabla 2*).

A = Es la Amplitud de onda, 113,1 m².

D(m) = Es la Distancia de Medida, 3 m.

De acuerdo a esto, se presentan los Niveles de Potencia calculados para una altura de incidencia de 8,5 metros, con aporte exclusivo de la Hélice en funcionamiento. Los Niveles de Potencia, se muestran en la *Tabla 3*.

Tabla 3: Niveles de Potencia (L_w), de Hélice Portátil.

Medición	Altura (Metros)	Nivel por Banda de Frecuencia L_w^*									
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Total
Frontal	8,5	55,5	76,0	98,6	106,2	107,7	108,0	109,6	105,1	101,0	114,9
Posterior	8,5	51,3	76,7	99,0	104,8	105,8	107,1	108,7	102,3	96,7	113,5
Lateral D	8,5	50,5	77,0	98,7	103,8	106,0	107,1	107,9	102,3	97,4	113,2
Lateral I	8,5	52,7	80,1	98,1	104,9	106,2	106,8	107,3	103,1	98,5	113,2

*Aproximados al entero más cercano.

La modelación se proyectó en un escenario considerando el momento más crítico del funcionamiento de la Hélice, para así, representar la peor condición.

Según información proporcionada por el mandante, la Hélice es portátil, con el fin de poder trasladarla a los diferentes lugares donde se requiera su uso.

4. Normativa

4.1 Niveles Máximos Permisibles

Se debe observar el Decreto Supremo 38 del año 2011 del Ministerio del Medio Ambiente (D.S.38/2011 del MMA) en el cual se detallan las exigencias respectivas, y además indica las consideraciones básicas sobre ruidos, metodología de medición, zonificación y niveles de ruido máximo permitidos según la zona donde se esté evaluando.

Para los efectos de lo dispuesto en esta norma, hay que definir que se entenderá por **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq)**: 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; y por **Nivel de Presión Sonora Corregido (NPC)**: aquel nivel de presión sonora continuo equivalente, que resulta de aplicar el procedimiento de medición y las correcciones establecidas en esta misma normativa.

Según los requerimientos del D.S. 38/2011 del MMA, los niveles de ruido máximos permitidos para actividades de fuentes se denotan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC).

Zonificación	Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A)	
	Tramo Diurno 07 a 21 hrs	Tramo Nocturno 21 a 07 hrs
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 NPC, el menor valor entre:

- a) **Nivel de ruido de fondo + 10**
- b) **NPC para Zona III de la *Tabla 4*.**

Para estas Zonas, se define:

- **Zona I:** Exclusivamente uso de suelo residencial o bien este uso de suelo o bien este uso de suelo y algunos de los siguientes usos de suelo: Espacio Público y/o Área verde.
- **Zona II:** Permite además de los usos de suelo de Zona I, equipamiento a cualquier escala.
- **Zona III:** Permite además del uso de suelo de la Zona II, actividades productivas y/o de infraestructura.
- **Zona IV:** 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.

5. Resultados

5.1 Niveles proyectados

5.1.1 Hélice en funcionamiento

Los Niveles de Presión Sonora proyectados según lo modelado, de acuerdo a la Norma Técnica ISO-9613 “Acústica – Atenuación del Sonido durante la Propagación en Exteriores”, se presentan Tabulados y en Mapa de Ruido para distintas distancias con respecto a la fuente.

Tabla 5: NPSeq Proyectados hacia Distintas Distancias, en dB(A).

Distancia a la Fuente (Metros)	NPSeq* en dB(A), a 8,5 Metros de Altura
50	66
100	62
150	58
200	57
250	53
300	51
350	50
400	47
450	44

*Aproximados al entero más cercano.

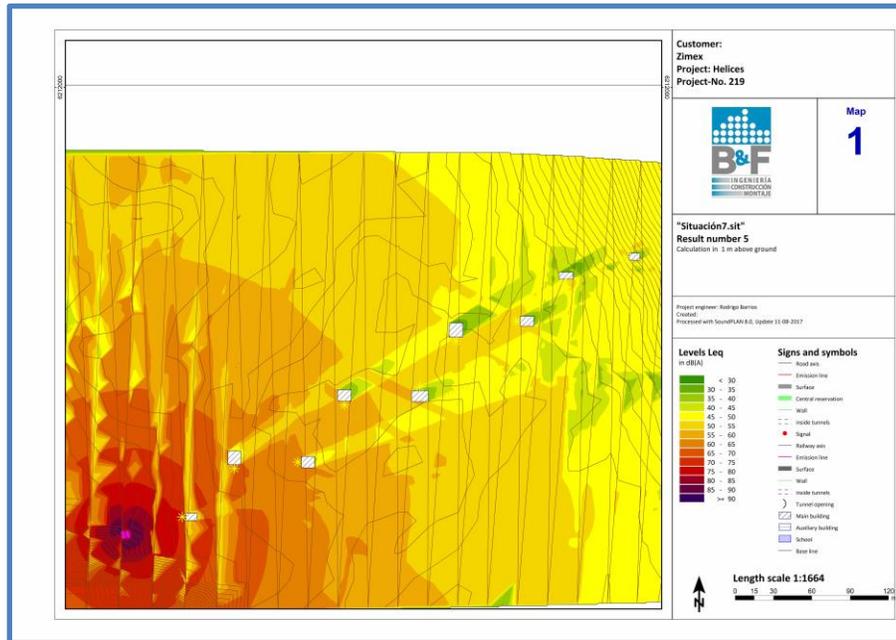


Ilustración 3: Mapa de Ruido del NPSeq Proyectado a Diferentes Distancias con la Hélice Portátil, Funcionado a 8,5 Metros de Altura.

6. Análisis de Resultados

6.1. Evaluación Niveles de Funcionamiento

Para efectos de cumplimiento de la normativa vigente D.S 38/11 del MMA, con respecto a las distintas zonas, las **distancias mínimas** a las cuales se debe encontrar la fuente al receptor más cercano para cumplir con los niveles máximos permitidos, son las entregadas a continuación (en metros (m)) tanto para horario diurno como para nocturno:

Horario Diurno:

Tabla 6: Niveles Projectados dB(A), Horario Diurno, con su Respectiva Distancia Mínima, a 8,5 Metros de Altura.

Zona Límite en dB(A)		8,5 Metros de Altura		
		Distancia Mínima hacia la Fuente (m)	Nivel Projectado dB(A)*	Evaluación según D.S.38/2011 del MMA
I	55	250	53	Cumple
II	60	150	58	Cumple
III	65	100	62	Cumple
IV	70	50	66	Cumple

*Aproximados al entero más cercano.

Horario Nocturno:

Tabla 7: Niveles Projectados dB(A), Horario Nocturno, con su Respectiva Distancia Mínima, a 8,5 Metros de Altura.

Zona Límite en dB(A)		8,5 Metros de Altura		
		Distancia Mínima hacia la Fuente (m)	Nivel Projectado dB(A)*	Evaluación según D.S.38/2011 del MMA
I	45	450	44	Cumple
II	45	450	44	Cumple
III	50	350	50	Cumple
IV	70	50	66	Cumple

*Aproximados al entero más cercano.

7. Conclusiones

En este estudio, luego de realizadas las mediciones de ruido en la Hélice de Control de Heladas, los niveles se proyectaron hacia diferentes distancias.

Al realizar el análisis de Niveles Máximos Permitidos y al contrastarla con el uso de suelo para potenciales receptores, se encontró para estos puntos seleccionados el para horario diurno se proyecta cumplimiento desde los 50 metros para Zona IV y a lo menos 250 metros para Zona I. Para Zona Rural considerar límites de Zona III. En horario nocturno se proyecta cumplimiento desde los 50 metros para Zona IV y a lo menos 450 metros para Zona I. Para Zona Rural considerar límites de Zona III.

Paralelo a estos análisis, se realizaron modelaciones con los niveles de ruido obtenidos de las fuentes, generando mapas de ruidos y gráficos representativos.

De acuerdo con lo anterior, los niveles de ruido modelados, evaluados según la normativa del Ministerio del Medio Ambiente D.S.38 del 2011, en horario diurno y nocturno, no superarán el nivel máximo permisible en receptores ubicados a partir de todas las distancias citadas en este informe.

8. Registro Fotográfico

Registro Fotográfico.





9. Referencias

Decreto Supremo N°38/2011 “Norma de Emisión de Ruidos Generados por Fuentes que indica”, del Ministerio del Medio Ambiente.

Norma Técnica ISO 9613 “Acústica – Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores”.

Ingenieros Civiles Acústicos

Rodrigo Barrios Salazar.

Felipe Funes Díaz.

Títulos profesionales mediante el siguiente link

<https://siga3.inacap.cl/verificacioncertificados/ValidaCertificado.aspx>

Códigos de Verificación

4D8FDA3853EFCFCA

A04F4B99D503509B

Anexos

Gráficos.

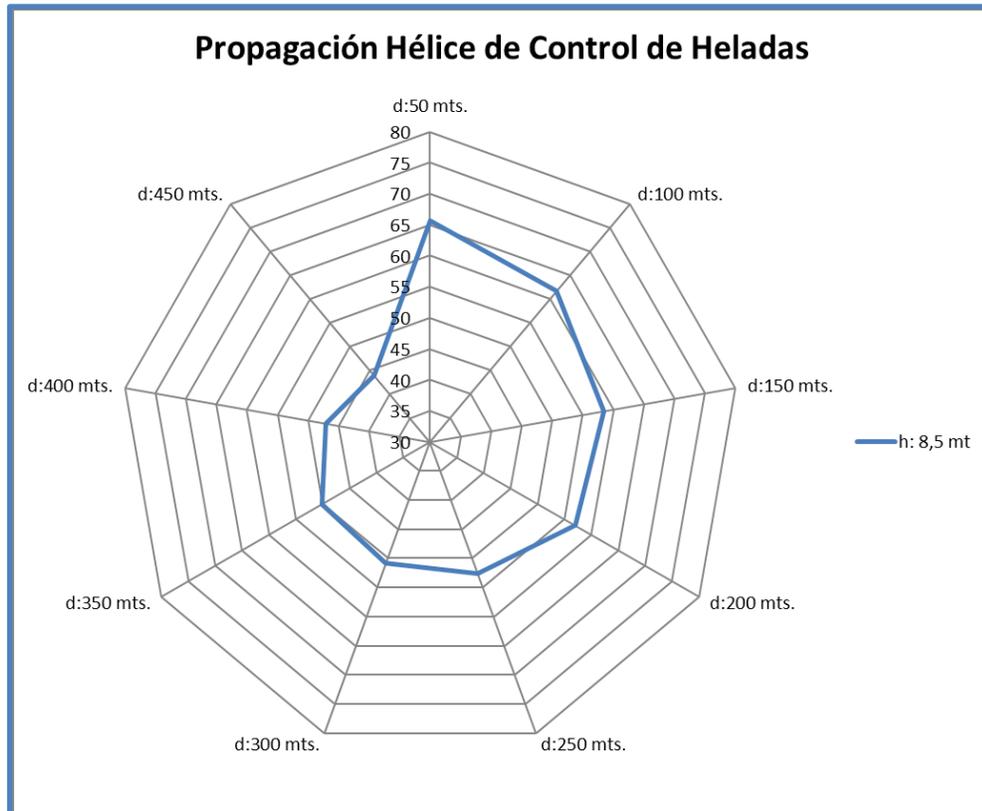


Gráfico 1: Gráfico Propagación NPSeq Proyectado a Diferentes Distancias, con la Hélice Portátil Funcionando a 8,5 Metros de Altura.

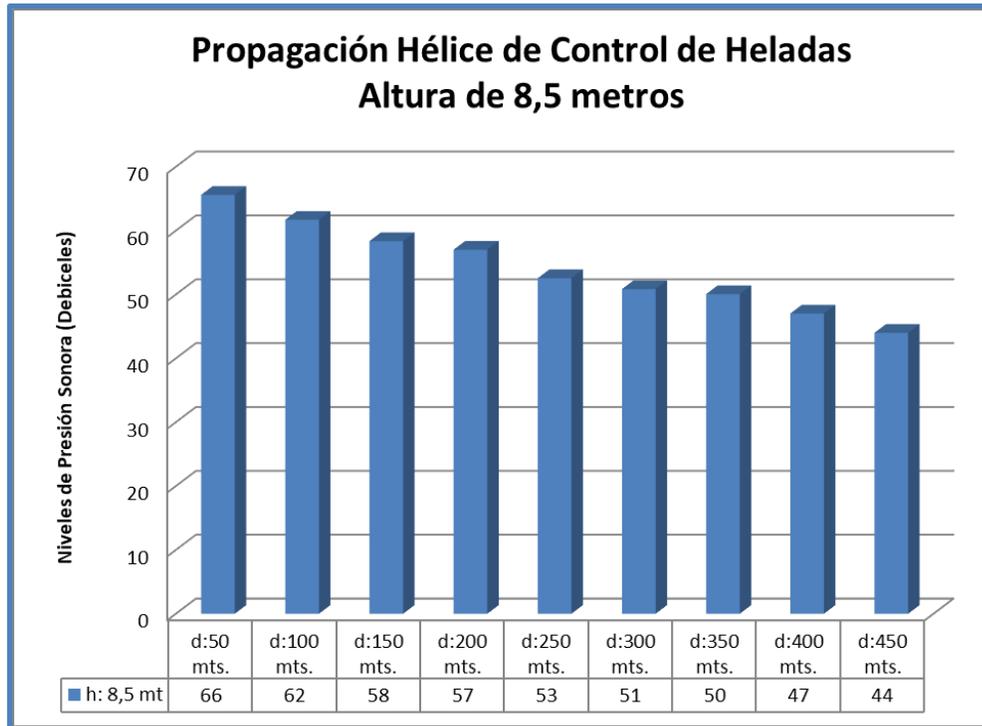


Gráfico 2: Gráfico de Barras de Propagación de NPSeq Proyectado a Diferentes Distancias, con la Hélice Portátil Funcionando a una Altura de 8,5 Metros.

Memoria de Cálculo

Descripción del proyecto

Título de proyecto: Helices
Nº de proyecto: 219
Ingeniero: Rodrigo Barrios
Cliente: Zimex

Descripción:

Descripción del cálculo

Cálculo: Sonido receptor
Título: "Situación6.sit"
Grupo:
Archivo de Cálculo: RunFile.runx
Número de resultado: 4
Cálculo Local (ThreadCount=8)
Cálculo comienza: 24-03-2020 17:52:00
Cálculo termina: 24-03-2020 17:52:01
Tiempo de Cálculo: 00:00:137 [m:s:ms]
Nº de puntos: 6
Nº de puntos calculados: 6
Versión Kernel: SoundPLAN 8.0 (11-08-2017) - 64 bit

Parámetros de Cálculo

Orden de reflexiones: 2
Distancia máxima de reflexión al receptor: 200 m
Distancia máxima de reflexión al foco: 50 m
Radio de búsqueda: 5000 m
Ponderación: dB(A)
Tolerancia Permitida (por foco individual): 0,100 dB
Crear áreas de efecto del terreno a partir de superficies de carretera: Sí

Métodos:

Industria: ISO 9613-2: 1996
Absorción del aire: ISO 9613-1
regular ground effect (chapter 7.3.1), for sources without a spectrum automatically alternative ground effect
Limitación de pérdida por apantallamiento:
único/múltiple 20,0 dB /25,0 dB
Side diffraction: Outdated method (side paths also around terrain)
Usar Eqn (Abar=Dz-Max(Agr,0)) en lugar de Eqn (12) (Abar=Dz-Agr) para pérdida por inserción
Entorno:
Presión atmosférica: 1013,3 mbar
Humedad rel.: 70,0 %
Temperatura: 10,0 °C
Cor. meteo. C0(7-19h)[dB]=0,0; C0(19-23h)[dB]=0,0; C0(23-7h)[dB]=0,0;
Ignore Cmet for Lmax industry calculation: No
Parámetros VDI para difracción: C2=20,0
Parámetros de disección:
Distancia al factor diámetro: 8
Mínima Distancia [m]: 1 m
Diferencia máx. GND+Difracción: 1,0 dB
Nº máx de iteraciones: 4
Atenuación:
Bosque: ISO 9613-2
Built-up area: ISO 9613-2
Industrial site: ISO 9613-2
Normativa: Leq
Se ha suprimido la reflexión de la propia fachada

Datos de Geometría

Situación6.sit 24-03-2020 17:51:04
- contiene:
DXF_C-TOPO(2).geo 24-03-2020 17:51:04
DXF_C-TOPO-MAJR(2).geo 24-03-2020 17:19:52
DXF_C-TOPO-MINR.geo 24-03-2020 16:32:28
Archivo Geo3.geo 24-03-2020 13:21:58
RDGM0003.dgm 24-03-2020 16:32:34

Certificados de Calibración

Calibrador Acústico.



LABCAL – ISP

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: CAL20190115

Página 1 de 1 páginas (más anexo)

DATOS DEL ÍTEM

FABRICANTE CALIBRADOR : BSWA
MODELO : CA111
NÚMERO DE SERIE : 490083

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : BARRIOS & FUNES SERVICIOS DE INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN : TARAPACÁ N° 415, RANCAGUA, REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN : 26/12/2019
FECHA CALIBRACIÓN : 02/01/2020
FECHA EMISIÓN INFORME : 03/01/2020

Hernán Fontecilla García
Técnico de Calibración

Juan Carlos Valenzuela Illanes
Encargado Laboratorio de Calibración Acústica



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%.

Anexo a este Certificado de Calibración se adjuntan los valores nominales de los resultados de la calibración, junto con las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Se incluye además, una tabla resumen con el resultado de contrastar dichas tolerancias con los resultados, teniendo en cuenta la incertidumbre de medida. La tabla no supone la conformidad del instrumento con respecto a la especificación metrológica, tan solo con los apartados de dicha especificación metrológica.

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 que lo expide.

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



Anexo Código: CAL20190115
Página 1 de 2 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 23°C ± 3°C / H.R. = 50% ± 20% / P = 95kPa ± 10kPa
- **CONDICIONES AMBIENTALES DE REFERENCIA:**
T = 23°C / H.R. = 50% / P = 101,325kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME 512 03 002 Calibración de Calibradores Acústicos de Terreno Según Norma Técnica UNE-EN 60942:2005
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en el Anexo B de la norma UNE-EN 60942:2005, de Calibradores Acústicos. Dichas tolerancias son las establecidas para un grado de precisión del instrumento CLASE 1.
- **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:**
Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de laboratorios nacionales acreditados por el INNE o por laboratorios internacionales acreditados. La trazabilidad de las medidas efectuadas se refiere a nuestros patrones de referencia calibrados periódicamente con los patrones de los laboratorios de Brüel & Kjaer.
- **OBSERVACIONES:**
Todos los resultados están referidos a las condiciones ambientales de referencia establecidas en la especificación metrológica aplicada.
- **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.
- **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA PARA LA CALIBRACIÓN**

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	2016-3605	DTS
Multímetro Digital	KEITHLEY	2015-P	2485	2016-3423	DTS
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO	FD A612-SA	9040332	D-K-15211-01-00	ENAER
Termohigrómetro	ALMEMO	FH A646-E1	09070450	D-K-15211-01-00	ENAER
Micrófono Patrón	BRUEL & KJAER	4192	2686091	CDK1707976	BRUEL&KJAER

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



Anexo Código: CAL20190115
Página 2 de 2 páginas

NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Valor nominal del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia Positiva (dB)	Tolerancia Negativa (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	94.19	0.19	0.40	-0.40	± 0.14
114.00	1000.00	114.12	0.12	0.40	-0.40	± 0.14

Estabilidad del NPS

NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	Tolerancia (dB)	Incertidumbre (dB)
94.00	1000.00	0.01	0.00	0.01	0.10	± 0.011
114.00	1000.00	0.01	0.00	0.01	0.10	± 0.011

DISTORSIÓN

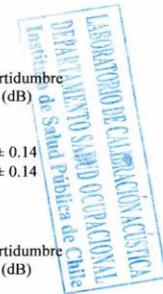
NPS (dB)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Leída (%)	Distorsión Esperada (%)	Desviación (%)	Tolerancia (%)	Incertidumbre (%)
94.00	1000.00	0.400	0.000	0.400	3.000	± 0.11
114.00	1000.00	2.320	0.000	2.320	3.000	± 0.63

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	999.38	-0.62	10.00	-10.00	± 0.50
114.00	1000.00	1000.00	999.23	-0.77	10.00	-10.00	± 0.50

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



Sonómetro Integrador.



LABCAL – ISP

Laboratorio de Calibración Acústica. Instituto de Salud Pública de Chile.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código: SON20190128
Página 1 de 7 páginas

DATOS DEL ÍTEM

FABRICANTE SONÓMETRO : BSWA TECH
MODELO SONÓMETRO : BSWA 806
NÚMERO SERIE SONÓMETRO : 34409
MARCA MICRÓFONO : BSWA
MODELO MICRÓFONO : MP 201
NÚMERO SERIE MICRÓFONO : 511103

DATOS DEL CLIENTE

CLIENTE : BARRIOS & FUNES SERVICIOS DE INGENIERÍA LIMITADA
DIRECCIÓN : TARAPACÁ N° 415, RANCAGUA, REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACÚSTICA ISP
FECHA RECEPCIÓN : 26/12/2019
FECHA CALIBRACIÓN : 10/01/2020
FECHA EMISIÓN INFORME : 10/01/2020

Juan Carlos Valenzuela Illanes Técnico de Calibración	
Juan Carlos Valenzuela Illanes Encargado Laboratorio de Calibración Acústica	

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%.

Anexo a este Certificado de Calibración se adjuntan los valores nominales de los resultados de la calibración, junto con las tolerancias establecidas en la especificación metrológica aplicada. Se incluye además, una tabla resumen con el resultado de contrastar dichas tolerancias con los resultados, teniendo en cuenta la incertidumbre de medida. La tabla no supone la conformidad del instrumento con respecto a la especificación metrológica, tan sólo con los apartados de dicha especificación metrológica.

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

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

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

Código: SON20190128
Página 2 de 7 páginas

- **CONDICIONES AMBIENTALES DE MEDIDA:**
T = 23°C ± 3°C / H.R. = 50% ± 20% / P = 95kPa ± 10kPa
- **CONDICIONES AMBIENTALES DE REFERENCIA:**
T = 23°C / H.R. = 50 % / P = 101,325kPa
- **PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:**
ME-512.03-001 Calibración de Sonómetros Según Norma Técnica IEC 61672-3:2006 de Sonómetros.
- **ESPECIFICACIÓN METROLÓGICA APLICADA:**
Las tolerancias aplicadas son las establecidas en la Norma IEC 61672-3:2006 de Sonómetros. Dichas tolerancias son las indicadas para un grado de precisión del instrumento Clase 1.
- **PATRONES UTILIZADOS EN LA CALIBRACIÓN:**
Los patrones utilizados garantizan su trazabilidad a través de Laboratorios nacionales acreditados por el INN o por Laboratorios internacionales acreditados. La trazabilidad de las medidas efectuadas se refiere a nuestros patrones de referencia calibrados periódicamente con los patrones de los laboratorios de Brüel & Kjær.

RESUMEN DE RESULTADOS:

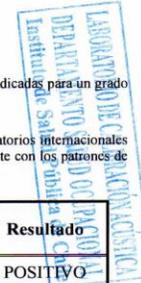
Apartado de la especificación metrológica (Ref. IEC 61672-3:2006)		Resultado
Indicación a la frecuencia de comprobación de la calibración (Apartado 9)		POSITIVO
Ruido intrínseco (Apartado 10)	Micrófono Instalado	N/A
	Dispositivo de entrada eléctrica	N/A
Ponderación frecuencial con señales acústicas (Apartado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

- Resultado **POSITIVO** significa que el instrumento cumple con la especificación 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.

• **INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA PARA LA CALIBRACIÓN**

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	CALIBRADO POR
Generador de funciones	STANDFORD	DS360	88431	18-JO-CA-6564	DTS
Generador Multifrecuencia	BRUEL & KJAER	4226	2692339	18LAC16920F01	LACAINAC
Módulo de presión Barométrica	ALMEMO	FDA612-SA	09040332	P00998	ENAER
Termohigrómetro	AHLBORN	Almemo 2490 FHA646-E1	H09050234 09070450	H00242	ENAER

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



Código: SON20190128

Página 3 de 7 páginas

INDICACIÓN A LA FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Ajustado	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
113.96	1000	0	0.2	NO	113.69	113.76	-0.07	0.20	1.1	-1.1



PONDERACIÓN FRECUENCIAL ACÚSTICA

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
113.99	63	-0.8	0	113.14	113.12	0.02	0.25	1.5	-1.5
113.97	125	-0.2	0	113.69	113.70	-0.01	0.22	1.5	-1.5
113.94	250	0	0	113.79	113.87	-0.08	0.22	1.4	-1.4
113.93	500	0	0	113.79	113.86	-0.07	0.22	1.4	-1.4
113.96	1000	0	0.2	113.69	-	-	-	-	-
113.94	2000	-0.2	0.5	113.39	113.17	0.22	0.22	1.6	-1.6
113.89	4000	-0.8	1.0	112.09	112.02	0.07	0.22	1.6	-1.6
114.00	8000	-3	3.3	108.64	107.63	1.01	0.85	2.1	-3.1
113.96	12500	-6.2	6.5	103.04	101.19	1.85	0.63	3	-6

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

Código: SON20190128

Página 4 de 7 páginas

PONDERACIÓN FRECUENCIAL

Ponderación Frecuencial A

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
115.20	63	-26.2	0	89.10	89.00	0.10	0.18	1.5	-1.5
105.10	125	-16.1	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
97.60	250	-8.6	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
92.20	500	-3.2	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
89.00	1000	0	0	89.00	-	-	-	-	-
87.80	2000	1.2	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
88.00	4000	1	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
90.10	8000	-1.1	0	89.10	89.00	0.10	0.18	2.1	-3.1
95.60	16000	-6.6	0	88.80	89.00	-0.20	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial B

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
98.30	63	-9.3	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
93.20	125	-4.2	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
90.30	250	-1.3	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	1.4	-1.4
89.30	500	-0.3	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
89.00	1000	0	0	89.00	-	-	-	-	-
89.10	2000	-0.1	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
89.70	4000	-0.7	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
91.90	8000	-2.9	0	89.10	89.00	0.10	0.18	2.1	-3.1
97.40	16000	-8.4	0	88.70	89.00	-0.30	0.18	3.5	-17

Ponderación Frecuencial C

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
89.80	63	-0.8	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
89.20	125	-0.2	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
89.00	250	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
89.00	500	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
89.00	1000	0	0	89.00	-	-	-	-	-
89.20	2000	-0.2	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
89.80	4000	-0.8	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.6	-1.6
92.00	8000	-3	0	89.10	89.00	0.10	0.18	2.1	-3.1
97.50	16000	-8.5	0	88.70	89.00	-0.30	0.18	3.5	-17

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



Código: SON20190128

Página 5 de 7 páginas

Ponderación Frecuencial Z

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial (dB)	Corrección (eléctrica) (dB)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
89.00	63	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
89.00	125	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.5	-1.5
89.00	250	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
89.00	500	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	1.4	-1.4
89.00	1000	0	0	89.00	-	-	-	-	-
89.00	2000	0	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
89.00	4000	0	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	1.6	-1.6
89.00	8000	0	0	89.00	89.00	0.00	0.18	2.1	-3.1
89.00	16000	0	0	88.90	89.00	-0.10	0.18	3.5	-17



LINEALIDAD

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
133.10	8000	OVERLOAD	132.00	-	-	1.1	-1.1
132.10	8000	131.00	131.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
131.10	8000	130.00	130.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
130.10	8000	129.00	129.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
125.10	8000	124.00	124.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
120.10	8000	119.00	119.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
115.10	8000	114.00	-	-	-	-	-
110.10	8000	109.00	109.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
105.10	8000	104.00	104.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
100.10	8000	99.00	99.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
95.10	8000	94.00	94.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
90.10	8000	89.00	89.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
85.10	8000	84.00	84.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
80.10	8000	79.00	79.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
75.10	8000	74.00	74.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
70.10	8000	69.00	69.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
65.10	8000	64.00	64.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
60.10	8000	59.00	59.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
55.10	8000	54.00	54.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
50.10	8000	49.00	49.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
45.10	8000	44.00	44.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
40.10	8000	39.00	39.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
39.10	8000	38.00	38.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
38.10	8000	37.00	37.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
37.10	8000	36.00	36.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
36.10	8000	35.00	35.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
35.10	8000	34.00	34.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
34.10	8000	33.00	33.00	0.00	0.14	1.1	-1.1
33.10	8000	31.90	32.00	-0.10	0.14	1.1	-1.1
32.10	8000	30.90	31.00	-0.10	0.14	1.1	-1.1
31.10	8000	UNDER-RANGE	30.00	-	-	1.1	-1.1

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

Código: SON20190128

Página 6 de 7 páginas

DIFERENCIA DE INDICACIÓN

Ponderaciones Temporales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Temporal	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
114.00	1000	NPS Fast	114.00	-	-	-	-	-
114.00	1000	NPS Slow	114.00	114.00	0.00	0.082	0.3	-0.3
114.00	1000	Leq	114.00	114.00	0.00	0.082	0.3	-0.3

Ponderaciones Frecuenciales

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Ponderación Frecuencial	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
114.00	1000	A	114.00	-	-	-	-	-
114.00	1000	B	114.00	114.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
114.00	1000	C	114.00	114.00	0.00	0.082	0.4	-0.4
114.00	1000	Z	114.00	114.00	0.00	0.082	0.4	-0.4



RESPUESTA A TREN DE ONDAS

Ponderación temporal Fast

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t _{exp} (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	4000.00	-	-	131.00	-	-	-	-	-
130.00	4000.00	200	0.125	130.00	130.02	-0.02	0.082	0.8	-0.8
130.00	4000.00	2	0.125	112.90	113.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
130.00	4000.00	0.25	0.125	103.80	104.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Ponderación temporal Slow

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	t _{exp} (s)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	4000.00	-	-	131.00	-	-	-	-	-
130.00	4000.00	200	1	123.40	123.58	-0.18	0.082	0.8	-0.8
130.00	4000.00	2	1	103.80	104.01	-0.21	0.082	1.3	-3.3

Nivel promediado en el tiempo

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Duración (ms)	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
130.00	4000.00	-	131.00	-	-	-	-	-
130.00	4000.00	200	124.00	124.01	-0.01	0.082	0.8	-0.8
130.00	4000.00	2	103.90	104.01	-0.11	0.082	1.3	-1.8
130.00	4000.00	0.25	94.80	94.98	-0.18	0.082	1.3	-3.3

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

Código: SON20190128

Página 7 de 7 páginas

NIVEL DE SONIDO CON PONDERACIÓN C DE PICO

NPA aplicado (dB)	Frecuencia (Hz)	Número de Ciclos	L _{peak-Lc}	Nivel Leído (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
135.00	8000	-	-	132.00	-	-	-	-	-
132.00	500	-	-	132.00	-	-	-	-	-
135.00	8000	Uno	3.4	135.00	135.40	-0.40	0.082	2.4	-2.4
132.00	500	Semiciclo positivo	2.4	134.30	134.40	-0.10	0.082	1.4	-1.4
132.00	500	Semiciclo negativo	2.4	134.30	134.40	-0.10	0.082	1.4	-1.4



INDICACIÓN DE SOBRECARGA

Margen Superior (dB)	Frecuencia (Hz)	Señal de Entrada	Nivel Sobrecarga (dB)	Nivel Esperado (dB)	Desviación (dB)	U (dB)	Tolerancia positiva (dB)	Tolerancia negativa (dB)
134	4000	Semiciclo positivo	137.80	-	-	-	-	-
134	4000	Semiciclo negativo	137.80	137.80	0.00	0.14	1.8	-1.8

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