



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Politécnica Superior



TRABAJO FIN DE MASTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INTEGRAL
EN LA INDUSTRIA Y PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

ESTUDIO HIGIÉNICO

**VALORACIÓN DE EVALUACIONES HIGIÉNICAS DEL RUIDO EN
ORQUESTAS SINFÓNICAS ESPAÑOLAS. ANÁLISIS DE CASO**

Autora: M^a José Laguna Millán

Tutora: Dra. M^a del Carmen Morón Romero

Departamento: Física Aplicada I

Sevilla, 2015



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Escuela Politécnica Superior



Agradecimientos.

Mi más sincero agradecimiento a M^a del Carmen Morón Romero, tutora de este trabajo, por su implicación, dirección y total disponibilidad para reuniones de trabajo y tutorías. Sin su empeño, confianza y generosidad en tiempo y esfuerzo, no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

De igual forma quiero dar las gracias al Comité de Empresa de la Real Orquesta Sinfónica de Sevilla (ROSS), y a la Gerencia por haber facilitado la realización de las mediciones higiénicas de ruido.

Glosario de términos y abreviaturas

Acústica: Ciencia que estudia la propagación, transmisión y efectos del ruido.

Absorción acústica: Propiedad de los materiales que reduce la cantidad de energía sonora reflejada. El revestimiento de las paredes de una sala con un material absorbente disminuirá el nivel de presión sonora en esa sala.

Aislamiento acústico: Resistencia a la transmisión del sonido que presentan los materiales y estructuras. Hace referencia a la disminución del nivel sonoro que se aprecia cuando un sonido atraviesa un panel sólido. Es una característica del material y de la forma del panel, aunque también depende de la frecuencia del sonido.

Audiometría: Es un examen que tiene por objeto cifrar las alteraciones de la audición en relación con los estímulos acústicos, resultados que se anotan en un gráfico denominado audiograma.

1.ª fase: Pérdida de hasta 40 dB en la zona de 4.000 Hz. Recuperable al cesar la exposición

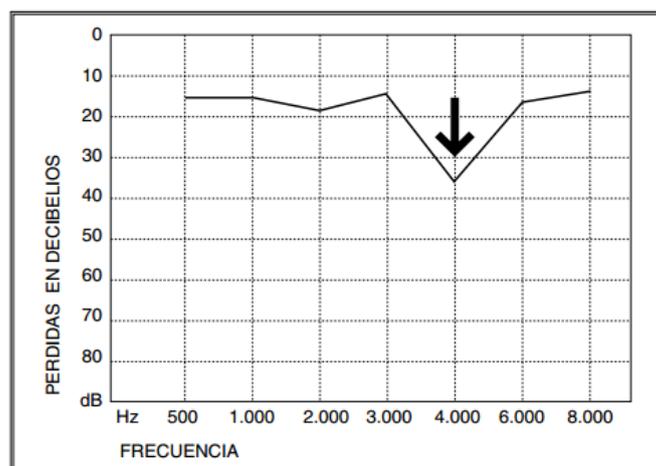


Figura -1: Primera fase alteración audiograma

2.ª fase: Pérdida de 20-30 dB en la zona de 4.000 Hz principalmente (pero puede afectar a las frecuencias vecinas 3.000 y 6.000 Hz); recupera la caída en la frecuencia 6.000 Hz, es lo que se llama escotoma traumático tipo 1, la capacidad conversacional queda intacta.

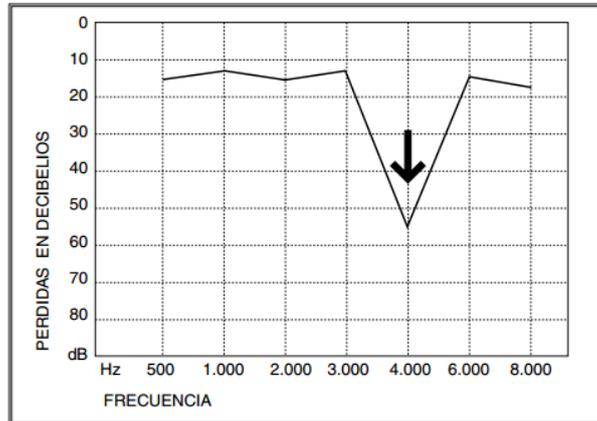


Figura -2: Segunda fase alteración audiograma

3.ª fase: Disminuye 40 dB en las frecuencias 4.000 ó 6.000 Hz. El escotoma se profundiza y se transforma en cubeta traumática. Presenta dificultades para escuchar relojes y timbres.

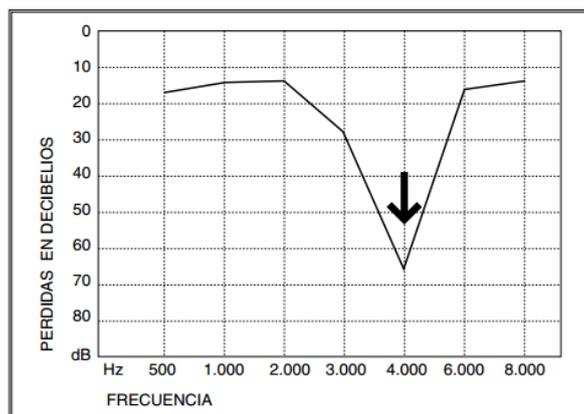


Figura -3: Tercera fase alteración audiograma

4.ª fase: Pérdida que afecta a frecuencias conversacionales: sordera social. Se evidencia una falta de recuperación en la frecuencia superior y afectación de frecuencias graves, el gráfico audiométrico se parece más a una recta descendente.

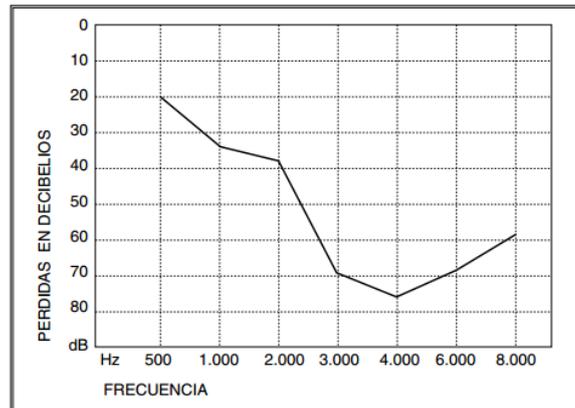


Figura -4: Cuarta fase alteración audiograma

Análisis de frecuencias: La descomposición del sonido en sus frecuencias constitutivas discretas, medidas en Hercios y habitualmente agrupadas en bandas de octava. Está indicado para seleccionar una protección auditiva adecuada y diseñar medidas de control del ruido.

Análisis de banda de octava: Un análisis de los niveles sonoros y atenuación en bandas separadas por una octava. El mínimo requerido en Europa son las cifras para 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz.

Banda: Segmento del espectro de frecuencias

Banda de octava: Análisis espectral en el que la frecuencia de corte superior es doble que la inferior. Las frecuencias centrales están fijadas por las UNE-EN 60651:1994, y vienen definidas por la media geométrica de los extremos. Segmento del espectro de frecuencias cuyo ancho es de una octava.

Intervalo de frecuencias, desde f_1 a f_2 , en el que se cumple la relación: $f_2 = 2 f_1$.

Banda de tercio de octava: Segmento del espectro de frecuencias cuyo ancho es de un tercio de octava.

Intervalo de frecuencias, desde f_1 hasta f_2 , el cual cumple la relación $f_2 = 1,26 f_1$.

Capacidad de un micrófono de condensador: Es una medida de la habilidad de un condensador para almacenar energía y carga eléctrica. La capacidad del micrófono normalmente viene medida en pico faradios (pF).

Coeficiente de difusión: Es aquella porción de energía que no es absorbida ni reflejada en forma especular desde la superficie bajo prueba para varios ángulos de incidencia.

Decibelio dB: El decibelio es la décima parte del Belio. y el belio es la relación entre la magnitud estudiada y la de referencia. Al ser una unidad demasiado grande en la práctica se utiliza el decibelio.

En acústica para medir el nivel de presión se toma como referencia la menor presión audible que corresponde a $20 \mu\text{Pa}$ a la frecuencia de 1.000 para un oído joven y sano, siendo así su valor en la escala logarítmica 0 dB.

Esta escala logarítmica es más coherente con el funcionamiento del oído humano.

Decibelio con ponderación A (dBA): Decibelio adaptado a la percepción del oído humano, donde se “quita” parte de las bajas y las muy altas frecuencias. La exposición medida en dBA es un buen indicador del riesgo auditivo y en los informes de mediciones suelen pedir los resultados con este parámetro.

Déficit auditivo: Se considera que existe déficit auditivo si el umbral de audición aumenta en 25 dB o más, para las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz.

Diploacusia: Enfermedad por la cual los dos oídos perciben un determinado tono como dos tonos distintos.

Dosis de ruido: Cantidad de energía sonora que recibe la persona expuesta al ruido durante un periodo determinado. El valor de la dosis depende del nivel de ruido expresado en decibelios y del tiempo de exposición.

Dosímetro: También denominado “medidor personal de exposición al ruido”. Se trata de un instrumento que mide la cantidad de energía sonora que alcanza a una persona en un periodo de tiempo determinado.

Escala de ponderación: Filtro electrónico incorporado a los instrumentos de medida que modifica la señal captada por el micrófono de forma similar a como lo hace el oído humano. Se suele utilizar la escala de ponderación “A”, ya que se ha comprobado que los niveles sonoros medidos utilizando esta escala se correlaciona bastante bien con las pérdidas auditivas inducidas por ruido. La escala “C” equivale prácticamente a la medida sin ponderación (lineal).

Espectro de frecuencia: Gráfico de los niveles de presión sonora en función de la frecuencia.

En función de la frecuencia, el rango de frecuencia se puede dividir de 20 Hz a 20 kHz en secciones o bandas. Estas bandas normalmente tienen una anchura de una octava o un tercio de octava. Los instrumentos más avanzados pueden facilitar un análisis de banda más concreto de los datos del ruido que puede ser una Transformada Rápida de Fourier (FFT, del inglés “Fast Fourier Transform” o información en octavas de 1/12).

Espectro de ruido: Nos indica de forma general cómo se comporta el ruido, viendo de manera más clara en qué frecuencias tenemos mayores niveles, dando idea de lo grave o agudo que es un ruido. La suma de todas las componentes frecuenciales se corresponde con el valor global.

Exposición al ruido: Situación en la que una persona percibe un sonido que por sus características especiales es indeseado o puede desencadenar daños a la salud. A menudo se usa este término como equivalente de “dosis de ruido”, que tiene en cuenta tanto el nivel real del ruido como la duración del mismo.

Frecuencia: La frecuencia de un campo, señal u onda sonora es el número de ciclos por segundo. En una onda sonora representa el número de variaciones de presión por unidad de tiempo

La unidad de frecuencia es el Hercio (Hz), que corresponde a un ciclo por segundo.

Frecuencias audibles: Cualquier frecuencia entre 20 y 20000 Hz.

Por razones fisiológicas aún mal precisadas, las células ciliadas más susceptibles a la acción nociva del ruido son las encargadas de percibir las frecuencias entre 3.000 y 6.000 Hz, siendo la lesión de la zona de membrana basilar destinada a percibir los 4.000 Hz el primer signo de alarma generalmente.

Foso de orquesta: En los teatros, es la zona en la que actúa la orquesta en determinadas obras, situada a un nivel inferior respecto al escenario, normalmente situada frente a este y parcialmente cubierta por el mismo.

Gradas: Tarimas o plataformas.

Intensidad acústica: Es la cantidad de potencia acústica radiada por unidad de superficie. Su unidad es el vatio por metro cuadrado W/m^2 .

Hiperacusia: Aumento de la sensibilidad al sonido, que puede causar una sensación de malestar o dolor físico.

Hz: Hercio, unidad de frecuencia del Sistema Internacional. El oído humano puede detectar frecuencias comprendidas entre los 10 y los 20.000 Hz.

L_{eq} : Nivel de presión acústica continua equivalente. Una medida del nivel de presión acústica media durante un periodo de tiempo.

L_{pA} : Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A. El nivel de presión acústica ponderado A es una medida de la capacidad del ruido de dañar el oído humano.

Logaritmo: El logaritmo de un número, en una base dada, es el exponente al cual se debe elevar la base para obtener dicho número.

Longitud de onda: Distancia entre dos crestas o valles de una onda sonora. O distancia que recorre una onda en un tiempo igual a un periodo.

Micrófono: Es un traductor electroacústico. Un dispositivo capaz de transformar la energía acústica que recibe en energía eléctrica. A su vez este transductor puede considerarse dividido en dos: un transductor acústico-mecánico (T.A.M.) y otro mecánico-eléctrico (T.M.E).

Micrófono de condensador: También conocido como micrófono de capacidad o micrófono electrostáticos, es un micrófono de alta calidad cuyos principios de funcionamiento está basado en la atracción y repulsión de cargas eléctricas. Consiste en un condensador formado por una placa fija (la membrana exterior) y otra móvil. Para funcionar necesita de una polarización o alimentación de tensión continua que mantenga cargado el condensador.

Nivel de presión sonora: El concepto de nivel de presión sonora implica que se ha hecho la conversión de Pa a dB. El concepto de nivel es el de logaritmo de la relación de una cierta cantidad con respecto a una de referencia. El decibelio es la unidad que indica que la relación es proporcional a la potencia. Esta escala logarítmica es más coherente con el funcionamiento del oído humano.

Oído: Se compone de tres partes: oído externo, con el pabellón auricular y el conducto auditivo, que recoge y conduce las ondas sonoras hasta el tímpano; oído medio, cavidad o caja del tímpano, que contiene una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo), la cual transmite las vibraciones de la membrana del tímpano a la ventana oval, que las transmite al oído interno; oído interno, o laberinto, que aloja el órgano del equilibrio y el aparato auditivo, formado por el caracol o cóclea, donde se hallan las células auditivas ciliadas del órgano de Corti, las cuales generan los impulsos transmitidos al córtex auditivo por el nervio estato-acústico.

Ponderación A: Corrección que se efectúa a un espectro de ruido en cada banda de octava, para reflejar la forma en que percibiría el ruido una persona y su potencial daño sobre el oído humano. Los niveles sonoros así filtrados o corregidos se expresan en dBA.. Diversos estudios experimentales han demostrado que, aunque se desarrolló con la idea de caracterizar niveles sonoros bajos, caracteriza adecuadamente la molestia para todos los niveles. Curva A, se aproxima a la curva de audición de baja sensibilidad. • Curva B, se aproxima a la curva de audición de media sensibilidad. • Curva C, se aproxima a la curva de audición de alta sensibilidad.

El nivel sonoro más utilizado es con Ponderación A, ya que es la que más protege al hombre contra la agresión del ruido,

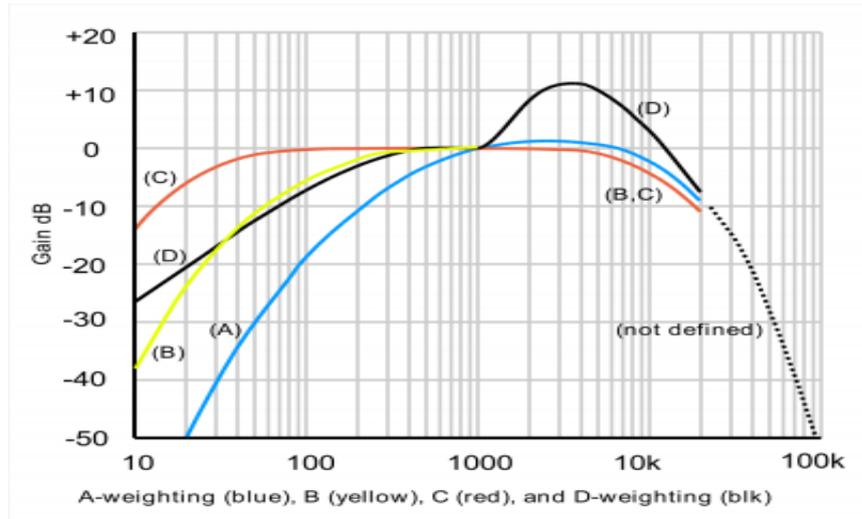


Figura-5: Curvas de ponderación

Ponderación C: Pequeña corrección del nivel de ruido sobre las frecuencias muy bajas y muy altas, por lo que el espectro resultante es muy parecido a la escala lineal. Los niveles sonoros así filtrados o corregidos se expresan en dBC.

Presión acústica: Diferencia instantánea entre la presión producida por una onda sonora y la presión barométrica en un punto del espacio.

Protectores auditivos: Son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído. Los protectores auditivos pueden ser pasivos o no pasivos.

Rango de audición: El rango de audición va desde los 16 Hz hasta los 20 kHz aproximadamente.

- De los 16 Hz hasta los 200 Hz bajas frecuencias
- De los 200 Hz hasta los 2 kHz medias
- De los 2 kHz en adelante altas frecuencias

Ruido: Generalmente definido como sonido no deseado.

Ruido aéreo: Ruido que se propaga por el aire hasta llegar al oído.

Ruido aleatorio: Aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo.

Ruido ambiental: Ruido de fondo relacionado con un entorno determinado. Típicamente es una composición de sonidos de muchas fuentes situadas cerca y lejos. No predomina ningún sonido en especial.

Ruido de baja frecuencia: Posee una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz, este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros. El ruido de baja frecuencia es más molesto de lo que indica una medida del nivel de presión sonora ponderado A. La diferencia entre el nivel sonoro ponderado A y el ponderado C puede indicar la existencia o no de un problema de ruido de baja frecuencia.

Ruido blanco: Se trata de un tipo de ruido con espectro plano. Tiene la misma energía en todas las frecuencias. Ruido que se caracteriza por tener la misma energía sonora, el mismo nivel de presión sonora y la misma densidad de potencia espectral en cada frecuencia del espectro sonoro. Ejemplos: ruidos de una corriente de agua, ruido del viento, olas del mar, etc...

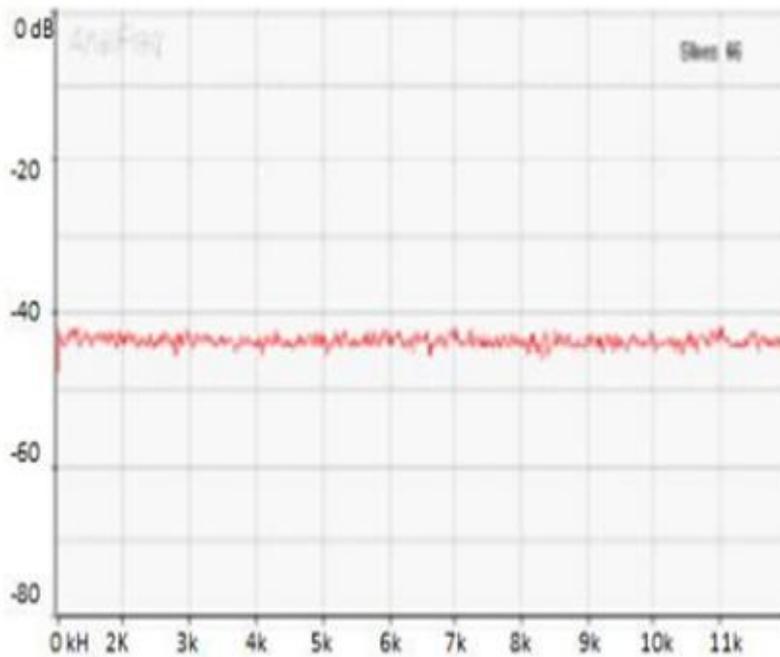


Figura -6: Espectro de ruido blanco empleando una escala lineal en el eje horizontal

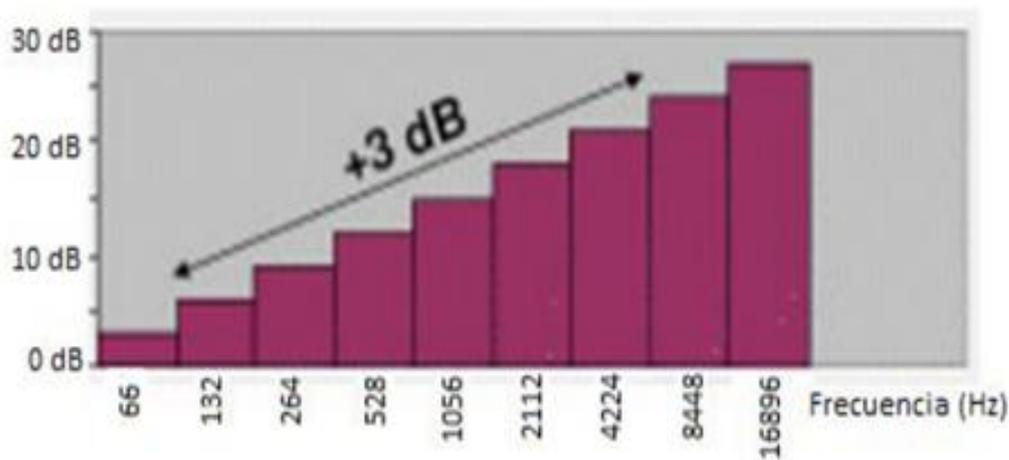


Figura -7: Espectro de ruido blanco empleando una escala logarítmica en el eje horizontal

Ruido estacionario, continuo o estable: Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{Pa}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{Pa} sea inferior a 5 dB.

Ruido de impulso o impacto: Se considera que un ruido es de impulso cuando el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo (su duración es del orden de microsegundos) y los sucesivos impactos están separados entre sí más de un segundo.

Ruido periódico: Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

Ruido rosa: El nivel de energía de este tipo de ruido decae a razón de 3 dB/octava. Ruido que se caracteriza por tener la misma energía sonora y el mismo nivel de presión sonora en cada banda de frecuencia (por ejemplo de octava) del espectro sonoro.

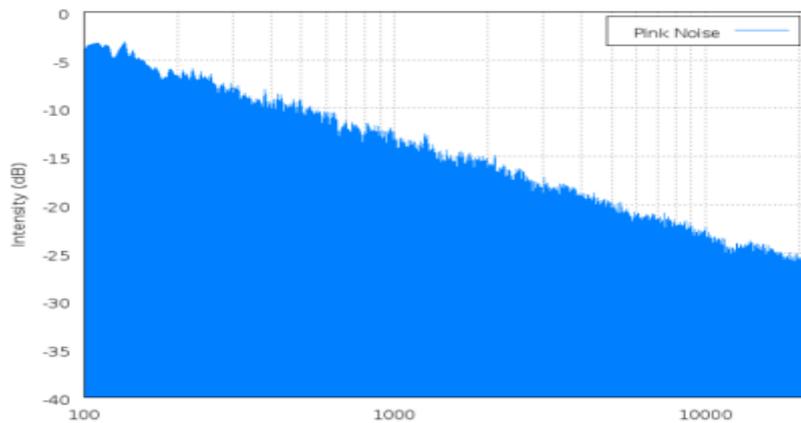


Figura -8: Espectro de ruido rosa empleando una escala lineal en el eje horizontal

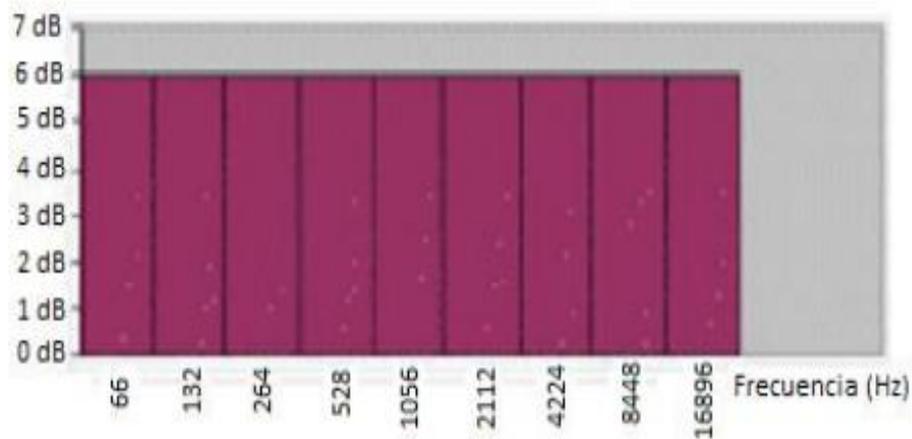


Figura -1.1-9: Espectro de ruido rosa empleando una escala logarítmica en el eje horizontal

Ruido Tonal. Ruido cuyo espectro presenta una marcada componente tonal. Presenta habitualmente armónicos de la frecuencia fundamental. Multitud de ruidos cotidianos presentan esta característica: ventiladores, compresores, etc. Dependiendo de la frecuencia fundamental del tono, este tipo de ruido puede llegar a ser muy molesto.

Sensibilidad de un micrófono: Indica la eficiencia con que un micrófono transforma la presión sonora en tensión eléctrica, es decir, la cantidad de señal eléctrica que es capaz de proporcionar según la presión recibida. La sensibilidad es la relación entre la tensión en circuito abierto generada por el micrófono, respecto de la presión recibida por el mismo.

Sonido: Variaciones de presión en un medio elástico, como aire, que pueden estimular la sensación auditiva. Sonido es cualquier variación de presión que el oído pueda detectar.

Sonómetro: Hace una ponderación en el tiempo de los distintos niveles de ruido y mide el «nivel sonoro equivalente» o nivel continuo de ruido a que equivale la energía sonora recibida por el trabajador en un tiempo determinado.

Tinnitus o acúfenos: Percepción de zumbidos u otros sonidos molestos en el oído, en ausencia de ruidos o sonidos externos. El tinnitus temporal es una señal de advertencia.

Tiempo de integración: Se designa con la letra “T” y es el intervalo de tiempo consecutivo utilizado en la evaluación de los niveles espectrales y globales en el sonómetro SC160 y SC310.

El valor de las funciones medidas se actualiza cada vez que finaliza el tiempo de integración consecutiva que se haya programado. Se diferencia del tiempo total de medición que se designa por “t”.

Tono: Percepción subjetiva de la frecuencia.

Tono puro: Se dice que un sonido es un **tono puro** cuando solamente tiene una frecuencia.. Es un sonido puro o de una sola vibración. El tono puro es el sonido que se utiliza para hacer audiometrías tonales

Umbral de audición: El nivel más bajo de sonido que es perceptible por el oído humano (20 μ Pa). Para un humano joven y sano.



ÍNDICE

Índice

Glosario de términos y abreviaturas.....	5
Índice de Figuras.....	25
Índice de Tablas.....	27
Capítulo 1. Resumen.....	31
1.1. Resumen.....	31
Capítulo 2. Introducción y justificación.....	35
2.1. Introducción.....	35
2.2. Justificación.....	38
2.3. Objetivos generales.....	42
2.4. Objetivos específicos.....	43
2.5. Metodología.....	44
Capítulo 3. Antecedentes y contexto teórico y normativo.....	48
3.1. Estado del arte.....	48
3.2. Contexto histórico del músico profesional.....	55
3.3. Contexto situacional de ser músico.....	57
3.4. Qué es una orquesta sinfónica.....	59
3.5. Contexto normativo.....	60
3.5.1 Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).....	62
3.5.2 Directiva es la 2003/10/CE.....	66
3.5.3 Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo,.....	70
3.5.4 Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido ambiental.....	75
3.5.5.....	75
3.5.6 Decreto 6/ 2012, de 17 de Enero.....	75
3.5.7 Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	75
3.5.8 Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.....	76
3.5.9 Recomendación 2003/670/CE de la Comisión, de 19 de septiembre de 2003, relativa a la lista europea de enfermedades profesionales.	77
3.5.10 Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de Junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (LGSS).	79
3.6. Accidentes de trabajo. Características que debe cumplir el accidente de trabajo.....	79

3.7. Enfermedad profesional. Características que debe cumplir la enfermedad profesional:	81
3.8. Análisis cuadro enfermedades profesionales Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre con especial atención a las hipoacusias y otras EP que pueden padecer los músicos.	82
3.8.1 Características del cuadro de EP valoradas como deficiencias	83
3.8.2 Características del cuadro de EP valoradas como mejoras	84
3.8.3 Análisis centrado en el daño auditivo. El caso de la hipoacusia inducida por música laboral.....	85
3.9. Enfermedad relacionada con el trabajo Características Enfermedad relacionada con el trabajo.....	89
Capítulo 4. Valoración evaluaciones higiénicas de ruido en distintas Orquestas españolas	92
4.1. Medición orquesta “A”	92
4.2. Medición orquesta “B”	95
4.3. Medición orquesta “C”	99
4.4. Medición orquesta “D”	100
4.5. Medición orquesta “D 1”	103
4.6. Medición orquesta “D 2”	105
4.7. Medición orquesta “E”	106
4.8. Conclusiones apartado de valoraciones	107
4.8.2 Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición.	111
Capítulo 5. : Desarrollo modelo propuesto. Estrategia de medición.....	115
5.1. Estrategia de medición propuesto en Orquestas Sinfónicas.....	115
5.1.1 Introducción.....	115
5.1.2 Objetivos de la estrategia de medición.....	116
5.1.3 La estrategia de medición que se expone y los aspectos recogidos en la estrategia de medición que se presenta tienen tres objetivos:	116
5.1.4 Mediciones basadas en la operación o la tarea.	119
5.1.5 Mediciones basadas en el muestreo durante el trabajo.	123
5.1.6 Mediciones de la jornada completa	125
5.1.7 Ventajas e inconvenientes. Estrategia basada en la tarea y estrategia basada en la función o muestreo.	128
5.2. Estudio de caso. Mediciones higiénicas de ruido en la Real Orquesta Sinfónica de Sevilla (ROSS)	129
5.2.1 Procedimiento y metodología seguida en la evaluación higiénica de ruido en la ROSS	133
5.2.2 Ensayo cuarto movimiento de la novena sinfonía de Beethoven. ...	145
5.2.3 Equipos de medida utilizados.....	146

5.3. Cálculo nivel de exposición diaria y de la incertidumbre para la obra Novena sinfonía de Beethoven, cuarto movimiento.....	155
5.3.1 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada para la zona 1 con el SC310	156
5.3.2 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada en zona 2 SC160.....	167
5.3.3 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada en la zona 3 por el sonómetro clase II CELL 400 serie 450/490	172
5.4. Valoración de resultados y medidas preventivas	176
5.5. Clasificación del nivel de riesgo evaluado. Estimación de la magnitud del riesgo. Severidad y probabilidad.....	178
5.6. Medidas preventivas	180
Capítulo 6. . Conclusiones.....	191
6.1. Conclusiones	191
Capítulo 7. Bibliografía	195
ANEXO I.....	200
ANEXO II.....	253
APÉNDICE I	270

Índice de Figuras

Figura -1: Primera fase alteración audiograma	5
Figura -2: Segunda fase alteración audiograma.....	6
Figura -3: Tercera fase alteración audiograma.....	6
Figura -4: Cuarta fase alteración audiograma	7
Figura-5: Curvas de ponderación	13
Figura -6: Espectro de ruido blanco empleando una escala lineal en el eje horizontal.....	15
Figura -7: Espectro de ruido blanco empleando una escala logarítmica en el eje horizontal.....	15
Figura -1.1-9: Espectro de ruido rosa empleando una escala logarítmica en el eje horizontal	17
Figura 2.1-1: Gráfico que muestra todas las fases hipoacusia inducida por ruido laboral	37
Figura 3.9-1: Enfermedades relacionadas con el trabajo	89
Figura 4.2-1: Distribución espacial instrumentos en la medición realizada	97
Figura 4.8-1: Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición	112
Figura 5.2-Foto Escenario Teatro Maestranza1(ROSS)	144
Figura 5.2-2: Esquema funcionamiento interno sonómetro.....	149
Figura 5.6-1: 3 D- modelización para la simulación acústica de recintos escénicos de gran capacidad.....	183
Figura 5.6-2: Maestranza de Sevilla. (Revista de información del Teatro de la Maestranza de Sevilla, número 7 ABRIL 2008.....	184

Índice de Tablas

Tabla 2.5-1: Valores relativos percepción daño auditivo en músicos de OS españolas.....	45
Tabla 3.5-1: Valores límite de exposición, RD 286/2006.....	71
Tabla 3.5-2: La hipoacusia provocada por ruido laboral en el cuadro de enfermedades profesionales (EP).....	78
Tabla 4.1-1: Nivel de exposición orquesta “A” en pieza musical Segunda de Schuman.....	94
Tabla 4.1-2: Nivel de exposición orquesta “A” en pieza musical Réquiem de Mozart.....	95
Tabla 4.2-1: Nivel de exposición orquesta “B” en pieza musical Guía de orquesta para jóvenes” de Benjamín Britten, sinfonía doméstica” de Richard Strauss y Fontana de Roma” de Ottorino Respighi,.....	98
Tabla 4.3-1: Nivel de exposición orquesta “C” en pieza musical Las bodas de Fígaro” de Mozart.....	100
Tabla 4.4-1: Nivel de exposición orquesta “D” en pieza musical “Concerto per pianoforte e orchestra” de Mozart 2007.....	102
Tabla 4.5-1: Nivel de exposición orquesta “D” año 2015.....	104
Tabla 4.6-1: Nivel de exposición orquesta “D” año 2013.....	105
Tabla 4.7-1: Nivel de exposición orquesta “E” Dvorak Symphony, Martinu Concierto (Orquesta sola), Elgar (orquesta sola).	107
Tabla 4.8-1: Correspondencia entre el nivel de ruido y la duración máxima de exposición en referencia al nivel inferior de exposición que da lugar a una acción.....	110
Tabla 4.8-2: Correspondencia entre el nivel de ruido y la duración máxima de exposición en referencia al nivel inferior de exposición que da lugar a una acción.....	110
Tabla 4.8-3: Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición.....	113
Tabla 5.1-1: Estrategias de medición.....	118
Tabla 5.1-2: Obligaciones empresariales en función del nivel diario equivalente y pico.....	127
Tabla 5.1-3: Comparativa estrategias de medición.....	129
Tabla 5.2-1: Especificaciones técnicas de los sonómetros utilizados.....	150
Tabla 5.2-2: Instrumentos de medida.....	151
Tabla 5.3-1: Tiempos netos de trabajo.....	161
Tabla 5.3-2: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro SC310.....	162
Tabla 5.3-3: Incertidumbre medición SC310.....	164
Tabla 5.3-5: Tiempos por tarea SC310.....	164

Tabla 5.3-6: Balance incertidumbre medición SC310	165
Tabla 5.3-7: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición SC310	165
Tabla 5.3-8: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro SC160	167
Tabla 5.3-11: Tareas y tiempos	170
Tabla 5.3-12: Balance incertidumbre medición SC160	170
Tabla 5.3-13: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición SC160	171
Tabla 5.3-14: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro CELL 400	172
Tabla 5.3-15: Incertidumbre medición CELL 400	173
Tabla 5.3-17: Tiempo exposición por tarea	174
Tabla 5.3-18: Balance incertidumbre medición CELL 400	174
Tabla 5.3-19: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición CELL-400	175
Tabla 5.4-1: Valores de exposición globales en las tres zonas medidas	176
Tabla 5.5-1: Consecuencias en función de la severidad del daño INSHT	179
Tabla 5.5-2: Criterios para determinar la probabilidad de daño INSHT	179
Tabla 5.5-3: Nivel de riesgo en función de la probabilidad- severidad del daño INSHT	180
Tabla 5.6-1: Coeficientes de difusión Teatro de la Maestranza modelado por ODEON:	184



Capítulo 1: Resumen

Capítulo 1. Resumen

1.1. Resumen

La investigación que se presenta en el marco de Trabajo fin de Máster se configura en el ámbito de los riesgos para la salud derivados de la exposición a sonidos de altas intensidades por un colectivo profesional muy particular, los músicos profesionales de Orquestas Sinfónicas Españolas (OS)

La percepción social que se tiene sobre los músicos de orquestas sinfónicas, es que son unos profesionales que trabajan en un tipo de actividad que está más cercana al ocio y a la afición, que a los requerimientos de un trabajo en sí, y que por esta razón está exenta de riesgos para la salud de los artistas.

Pero esto no deja de ser una falacia de los sentidos. Si nos acercamos un poco más al mundo sinfónico y desde la óptica de la salud laboral, esta percepción se diluye, ya que nada más lejano de la realidad es considerar el trabajo musical en las orquestas como “modelo” en el marco de la salud en el trabajo. Al contrario, ser músico y trabajar de músico en una orquesta sinfónica, presenta alta probabilidad de padecer lesiones, patologías o enfermedades derivadas de la actividad musical, tanto relacionados con la ergonomía física, cognitiva u organizacional, como de tipo higiénico.

Es en el ámbito de la higiene industrial donde se realiza el estudio de la exposición a sonidos de alta intensidad por este colectivo profesional, analizando de una parte, distintas evaluaciones higiénicas de ruido en OS y que se traduce en una falta de unificación de los criterios técnicos a la hora de establecer la estrategia de medición del ruido y de otra la interpretación de valores dados que a veces no se adecuan a los criterios que establece el RD 286/2006, precisamente al no existir una estandarización en la evaluación

higiénica del ruido para los profesionales de la música entre los que se encuentran los músicos de Orquestas Sinfónicas.

Hay que tener presente que la forma en la que se desarrollan las mediciones determina la fiabilidad de los resultados, estando gran parte del estudio orientado a esta premisa.

Como resultado de este análisis se propone una estrategia de medición ad hoc, para músicos de OS, que nace con la vocación de ser un modelo normalizado de referencia para facilitar la labor del higienista y de otros profesionales que necesiten conocer e interpretar las mediciones higiénicas en apoyo a las evaluaciones de riesgo para la toma de decisiones en el ámbito de las OS.

Finalmente se realizan mediciones higiénicas de ruido con dos sonómetros del Departamento de Física Aplicada de la EPS en la Real Orquesta Sinfónica de Sevilla (ROSS), de dos obras: La ópera Tosca de Puccini y el cuarto movimiento de la Novena Sinfonía de Beethoven.

En las mediciones realizadas en el cuarto movimiento de la Novena Sinfonía de Beethoven son las que permiten el análisis tanto de los datos globales como el análisis de frecuencias.

Capítulo2: Introducción y justificación

Capítulo 2. Introducción y justificación

2.1. Introducción

El aspecto central del trabajo es el músico que realiza su actividad como profesional por cuenta ajena en una organización como es una OS.

Es esta relación de ajenidad especificada en el contrato de trabajo la que determina que sean de aplicación todos los preceptos de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) a los músicos y en base a su art. 14, que la tutela de la salud del músico la tenga la organización para la que trabaja, en este caso la OS y que se expresa en el deber de prevención y protección hacia sus trabajadores músicos, de todos los daños derivados del trabajo, sean estas enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo y que derivado de la propia relación contractual el músico no ejerce ningún tipo de control.

El por qué tiene especial importancia cuando el trabajo es dependiente y por cuenta ajena, es a causa de que en la relación de trabajo, los riesgos son más frecuentes e intensos. Por ello se debe desplegar una tutela específica, con normas propias, vinculada al contrato de trabajo.

En este estudio se ha querido aportar una visión sistemática de las condiciones de trabajo de los músicos en las OS, circunscritas al agente físico¹ que se presenta inherente a la propia actividad, como es el ruido.

El objeto es aclarar, identificar y valorar el riesgo higiénico desde el análisis de evaluaciones higiénicas disponibles de OS, y con las mediciones

¹ **Condiciones de trabajo:** Cualquier característica del mismo que puede tener una influencia significativa en la generación de riesgos. Art. 4.7 LPRL. Siendo uno de los aspectos “*La naturaleza de los agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades, concentraciones o niveles de presencia*”.

realizadas en la ROSS, a modo de ejemplo o estudio de caso, y de esta forma poder mostrar las particularidades que definen el trabajo musical, un trabajo inmaterial cuya producción es la música, el arte, que de forma atípica comprometen la seguridad y salud de los músicos, siendo uno de los aspectos, la exposición a sonidos de alta intensidad a través del trabajo de la música.

Se trata de abordar el análisis de las condiciones de la relación laboral entre las que se incluye la exposición a contaminantes físicos, que vinculan de forma directa la presencia del ruido como factor de riesgo y las dolencias sufridas en el oído por un alto porcentaje de músicos profesionales de OS, entre las que se encuentra la hipoacusia inducida por la música, en el contexto de las enfermedades profesionales y/o accidentes de trabajo.

Para resituar la problemática planteada conviene detenerse en el concepto de hipoacusia inducida por ruido laboral, ya que constituye la forma más característica de las lesiones auditivas por acción del ruido, de carácter perceptivo, pues el daño radica en el órgano neurosensorial auditivo.

Esta deficiencia en la audición nada tiene que ver con otro tipo de hipoacusia y que tienen otra etiología que en cualquier caso no es laboral.

Tanto una como otras tienen su apoyo diagnóstico en pruebas objetivas screening como la audiometría, siendo visible y objetivable el cambio del umbral auditivo en la audiometría.

La hipoacusia inducida por ruido es la forma más característica de las lesiones auditivas por acción del ruido, de carácter perceptivo, ya que el daño radica en el órgano neurosensorial auditivo. El resultado es una audiometría clásica en donde existe una pérdida muy localizada de la sensibilidad auditiva en la frecuencia de los 4000 Hz. Ésta se encuentra fuera de las frecuencias conversacionales por lo que la persona no nota déficit auditivo hasta que se hace más avanzada la hipoacusia involucrando frecuencias anejas.

La pérdida de audición inducida por ruido no es un proceso agudo, sino que se produce de forma gradual, reflejándose el deterioro del umbral auditivo a través de escotomas que dependen del grado de compromiso de la pérdida auditiva.

Cuando se inicia una hipoacusia inducida por ruido laboral, la pérdida de audición tiene un patrón audiométrico típico, de tal forma que permite relacionar la causa con el efecto. Los cambios iniciales suelen verse a los 4000 Hz, pero no es inusual que el pico máximo se halle entre 3000 y 6000 Hz. En los primeros 10 años, el escotoma² se hace más profundo y luego se detiene, mientras el defecto se extiende a las frecuencias más próximas. Si el estímulo no cesa, la muesca se hace más evidente en las frecuencias más bajas y la curva adquiere un aspecto de “cubeta” que desaparece a medida que aumenta el umbral para, las frecuencias agudas

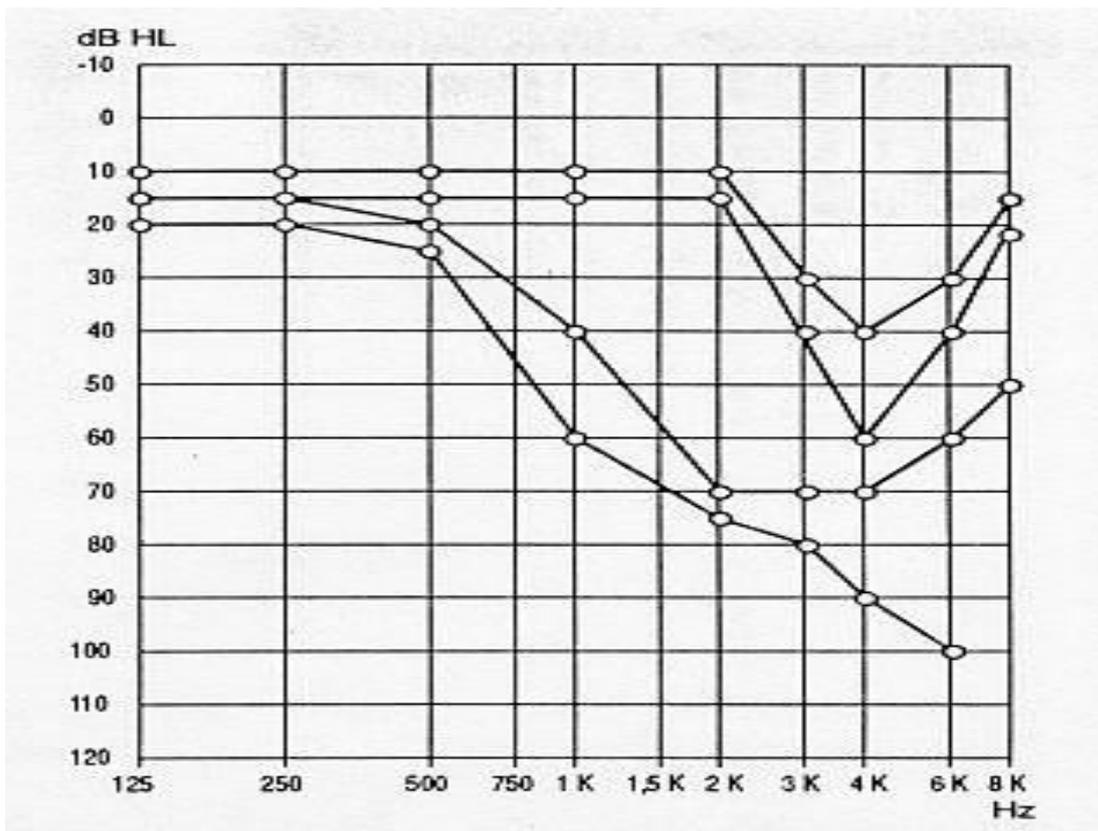


Figura 2.1-1: Gráfico que muestra todas las fases hipoacusia inducida por ruido laboral

² El escotoma es la pérdida de audición, por trauma acústico, para las frecuencias agudas (4.000-6.000) que determina la audiometría (prueba diagnóstica)

Fase I:

- Descenso en 4.000 Hz.
- Descenso de 1 ó 2 octavas agudas.
- Percepción normal de la voz, de la palabra

Fase II:

- Mayor descenso de los 4.000 Hz (escotoma).
- Participan frecuencias hasta 2.000 y 6.000 Hz.
- Se oye mal la voz. Voz alta afectada, en ambientes ruidosos.

Fase III:

- Afectación de frecuencias de 500 a 2.000 Hz.
- Sordera social.
- El trabajador presenta zumbidos y vértigos.

2.2. Justificación.

En el año 1962 la Unión Europea se marca como objetivo la armonización respecto a las enfermedades profesionales (EP) de los estados miembros, que entonces eran 6. Fue entonces cuando se adoptó la primera Recomendación europea, siguiendo otras en 1966, 1990, y 2003.

Pero esto no ha resuelto después de su modificación que la gran mayoría de las enfermedades de origen laboral no estén reconocidas como enfermedades profesionales. Esta circunstancia es mucho más acuciante en el caso de los músicos profesionales, situándolos en clara desventaja respecto a otros colectivos profesionales también en este aspecto.

Esto se debe en parte a una ajuste poco afortunado del Estado Español de la Recomendación³ de la Comisión Europea 2003/670/CE en la que no se tuvo en cuenta el trabajo musical profesional, por lo que en el cuadro de

³ en su punto 5 las enfermedades provocadas por agentes físicos y dentro de este grupo, el subgrupo con el código 503, “hipoacusia o sordera provocada por el ruido lacerante”. Nada dice respecto a la simetría en ambos oídos.

enfermedades profesionales (RD 1912/2006) aparece la hipoacusia inducida por ruido laboral, pero con criterios⁴ que no recoge la Recomendación de la que procede, siendo claramente discriminatoria para los músicos profesionales, por ejemplo, al no poderse cumplir el criterio de la simetría en ambos oídos.

Esto ocurre en la práctica musical de muchos instrumentos musicales como por ejemplo el violín o la viola en los que al estar colocado el instrumento sobre el hombro izquierdo sujetado con la mandíbula, hace que este oído esté más afectado que el derecho, al estar más cerca de la fuente del ruido. Al contrario ocurre con la flauta o flautín en el que es el oído derecho el más dañado por estar orientado el instrumento sobre la parte derecha siendo en ambos casos la sordera monoaural.

Se presenta por tanto la necesidad de mostrar a través de este trabajo que se suma a otros⁵, que los músicos profesionales en relación a las hipoacusias u otras patologías del oído cumplen los criterios para que se considere de origen laboral o profesional en la medida en que se presenta existencia de: hipoacusia inducida por la música en la prestación laboral.

Se cumplen por tanto todos los criterios que se deben verificar para ser considerada una dolencia como enfermedad profesional:

- Lesión, patología o enfermedad
- Riesgo
- Exposición
- Relación causal exclusiva con el trabajo
- Relación laboral mediante contrato de trabajo.

⁴ “Sordera profesional de tipo neurosensorial, frecuencias de 3 a 6 KHz, bilateral **simétrica** e irreversible. Trabajos que exponen a ruidos continuos cuyo nivel sonoro diario equivalente (según legislación vigente) sea igual o superior a 80 decibelios A”.

⁵ Dario Morais^a, José Ignacio Benito, Ana Almaraz. Estudio de trauma acústico en músicos de la orquesta de Castilla León. Graciela A. Larregui “Hipoacusia inducida por música (HIM), la otra cara de la música. Evaluación de la audición en músicos de una orquesta sinfónica. Luis Orozco Declos, Joaquín sole Escobar, “Tecnopatías del músico”.

Prácticamente, todos los instrumentos musicales alcanzan en condiciones normales un nivel acústico de 80 dBA. Este valor es considerado el umbral de riesgo para la audición para exposiciones de 8 horas al día y 5 días por semana. No es difícil que un músico profesional alcance una dosis peligrosa para la audición tocando poco más de una hora al día y que al cabo de unos años, mermen claramente sus facultades auditivas.

Visto lo anterior el objeto del estudio presentado se agrupa al análisis de evaluaciones higiénicas realizadas por distintas Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedad Profesional de la Seguridad Social (MATEPSS) que actúan como Servicio de Prevención ajeno a las Orquestas a ellas asociadas, para delimitar la existencia de riesgo y exposición que compete a la Higiene Industrial como disciplina preventiva,

La higiene industrial es la que se encarga, de los riesgos de enfermedades y otras patologías derivadas del ambiente laboral, sean estas enfermedades profesionales o enfermedades que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su trabajo, siempre y cuando se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la realización del mismo (art 115.2.e de la LGSS).

Se cierra el círculo a otros trabajos reseñados (Morais, Graciela, Orozco, etc) que se centran en el estudio audiométrico y que presentan en sus análisis la existencia de daño auditivo en los músicos de orquestas centrándose este estudio en valorar y mensurar la existencia de riesgo y el nivel de exposición a ruido por los profesionales de orquesta.

Los desajustes se valoran referenciados al RD 286/2006 y la Guía Técnica que lo desarrolla, al igual que el modelo propuesto de estrategia de medición se referencia a la Guía Técnica en su Anexo II y el Apéndice 5.

Este aspecto es de suma importancia, ya que el procedimiento en el que se desarrollan las mediciones es el que permite que los resultados sean fiables y ofrecen garantías para la toma de decisiones en una adecuada planificación preventiva que contempla las medidas técnicas y organizativas que más se ajustan a las necesidades, más allá de la mera exposición de unos valores numéricos.

La técnica para la evaluación del ruido en el caso que nos ocupa, pretende medir la dosis recibida por los músicos o nivel de exposición que más se adapta a la realidad del trabajo musical en las orquestas, esto es considerar el trabajo individual, ensayos colectivos dirigidos, y trabajo en las actuaciones.

Con entidad propia se realiza un ejemplo de mediciones de ruido en la ROSS y se evalúa el riesgo con los valores globales y con un análisis frecuencial que se recoge en tiempo real para concretar si en función de las características de este parámetro puede existir riesgo añadido de daño auditivo, complementando los valores globales dados. Valores que se comparan con los recogidos en el RD 286/2006 como valores inferior y superior de exposición y con los valores límite⁶.

Los parámetros que recoge la normativa de referencia para determinar el riesgo de exposición derivado de la dosis recibida (RD 286/2006) tiene en cuenta la intensidad y el tiempo de exposición para calificar el nivel de riesgo, pero no recoge el estudio frecuencial ni las características individuales, éstas últimas dentro de las competencias de la Vigilancia de la Salud.

⁶ Art 5. Valores límite de exposición: LAeq,d = 87 dB(A) y Lpico= 140 dB (C), respectivamente; Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: LAeq,d = 85 dB(A) y Lpico = 137 dB (C), respectivamente; Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: LAeq,d = 80 dB(A) y Lpico = 135 dB (C), respectivamente. En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición (artc 8).

Finalmente las conclusiones con las medidas preventivas y de control estarán en función de los criterios generales recogidos en el protocolo con orientaciones prácticas en el sector de la música y el ocio.

El análisis referenciado a los distintos preceptos legales y técnicos tiene la vocación de plantear un modelo procedimental, modelo centrado en la estrategia de medición del ruido en las orquestas sinfónicas que sea útil a profesionales de la higiene industrial que se enfrentan por primera vez a la realización de mediciones de ruido a músicos de orquestas.

Aclarar que a lo largo de este estudio los términos ruido y sonido se han utilizado indistintamente en la medida en que la diferencia entre ellos no es de naturaleza física sino que tiene un componente subjetivo y tanto uno como otro tienen capacidad de producir daño auditivo de forma permanente e irreversible, como es la hipoacusia de origen laboral. De igual forma cuando se utiliza el término de “exposición al ruido” es sinónimo de “dosis de ruido”, que es la cantidad de energía sonora que recibe el músico durante un periodo determinado, siendo el valor de la dosis la que determina la capacidad lesiva del sonido, dependiendo de los siguientes factores:

- La intensidad (nivel de presión sonora)
- Tiempo de exposición
- Características del sonido (espectro frecuencial del sonido).
- Características individuales.

2.3. Objetivos generales.

Como principal objetivo general se tiene el poder mejorar la calidad de vida laboral de los profesionales de la música en OS, pudiendo incorporar cambios preventivos en las condiciones de trabajo, aminorando el impacto de la exposición a sonidos de altas intensidades.

Siempre el conocimiento de las condiciones de trabajo desde la prevención de riesgos laborales es un conocimiento evaluador para poder intervenir y esta es la directriz a seguir.

Otro de los objetivos generales es poder dar respuesta al cumplimiento legal de evaluación de riesgos como instrumento de gestión y aplicación del plan de prevención y una adecuada planificación preventiva (artículo 16 de la Ley 35/1995 de 8 de Noviembre y el artículo 2 del RD 39/1997, de 17 de Enero).

2.4. Objetivos específicos.

- Establecer un modelo estandarizado de evaluación higiénica del ruido ajustada a las peculiaridades laborales de los músicos de OS, que permita, dentro del marco legal de referencia que es el RD 286/2006 y la Guía Técnica que lo desarrolla.
- Unificar el criterio técnico en la estrategia de medición del ruido y forma en la que se deben utilizar las distintas fórmulas matemáticas para que el resultado sea útil para la toma de decisiones. Estas no son otras que las medidas técnicas, organizativas y de protección a través de una adecuada planificación preventiva.
- Diseñar un proceso metodológico específico para las mediciones higiénicas de ruido en las OS.

2.5. Metodología

Metodológicamente se ha optado por técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas que permiten una evaluación diagnóstica de las condiciones de trabajo de los músicos de orquesta.

Se ha realizado un recorrido por trabajos previos mediante un análisis del estado del arte que abordan el problema de la hipoacusia en músicos profesionales y se ha tenido igualmente de referencia los resultados de las técnicas cualitativas utilizadas en el trabajo realizado que realicé en el año 2012 *“La organización del trabajo y la estructura de la empresa, elementos clave de los riesgos laborales en las orquestas sinfónicas”*. Estas técnicas son el grupo de discusión y la encuesta de salud que se utilizó en dicho trabajo, y que se han considerado en este trabajo en los resultados que se derivaron en relación a la percepción de salud de los músicos de orquesta y concretado al daño auditivo que produce la música sinfónica en estos profesionales.

Las técnicas cualitativas sientan las bases de la problemática común de todas las orquestas sinfónicas españolas. Estas técnicas tienen gran valor por permitir un recorrido descriptivo y analítico de la problemática en salud que presentan los músicos de las orquestas españolas.

El procedimiento seguido da un valor sustantivo a las técnicas cualitativas –entrevistas semiestructuradas, observación directa, fuentes secundarias, etc- y en especial a una de las técnicas utilizadas “los grupos de discusión”, por dos motivos. El primero porque permite la participación activa de los músicos en la investigación y segundo, por cuanto integra en la ruta de análisis la interpretación subjetiva que realizan los músicos de su propia realidad laboral.

Permitiendo conocer el mapa perceptivo de su estado de salud en relación a distintos parámetros de los que se han cogido los valores relativos para incorporarlos al trabajo específico del ruido en las OS.

Se ha considerado oportuno por cuanto el conocimiento técnico-preventivo se valida en términos de utilidad para la mejora, de la situación laboral de los músicos y adquiere sentido cuando se ha incorporado el conocimiento vivido por parte de los músicos de su propio contexto laboral, esto es, a través de su propia percepción.

En los grupos de discusión han participado 45 músicos en 6 grupos diferentes de Cataluña, Madrid, Euskadi, Canarias, Andalucía y Extremadura. Unos grupos de discusión han estado formados por miembros de solo una orquesta y otros por miembros de varias. Se configura un discurso grupal, colectivo.

A partir de aquí se elabora la encuesta y contiene ítems relacionados con los problemas auditivos de los músicos.

La encuesta es contestada por 309 músicos de un universo de 1.850, estando el índice de participación en el 16,7%, de los que el 63,1 son hombres y el 36,9 mujeres.

Tabla 2.5-1: Valores relativos percepción daño auditivo en músicos de OS españolas

Nivel sonoro	% sí
Nivel sonoro te afecta a oídos	76,7
Nivel sonoro afecta sueño	17,2
Nivel sonoro afecta fatiga	27,2
Nivel sonoro afecta ansiedad	19,4
Nivel sonoro afecta estrés	34,3
Nivel sonoro afecta relaciones interpersonales	16,5
Nivel sonoro te afecta a otros factores	4,9

En relación a la protección auditiva adecuada – EPIS - solo ha contestado afirmativamente el 36,9% y en cuanto a protecciones colectivas solo dispone de ellas el 17,3%.

La técnica cuantitativa ha sido la evaluación higiénica de ruido en la ROSS como estudio de caso.



Capítulo 3. Antecedentes y contexto teórico y normativo

Capítulo 3. Antecedentes y contexto teórico y normativo

3.1. Estado del arte

“La pérdida de capacidad auditiva inducida por el ruido es insidiosa, permanente e irreparable. En un país desarrollado, la exposición a un ruido excesivo es, cuando menos parcialmente, la causa de más de un tercio de las pérdidas de capacidad auditiva de la población. La pérdida de capacidad auditiva inducida por el ruido es la enfermedad industrial irreversible más extendida, y el ruido es el mayor peligro profesional indemnizable⁷”.

A nivel general, la referencia más antigua sobre el efecto del ruido en la audición, es una observación registrada en el siglo I de nuestra era por *Plinio* el viejo en su “Historia natural”, cuando menciona que la gente que vivía cerca de las cataratas del Nilo “quedaba sorda”. A finales del siglo XIX, con el aparición de la máquina de vapor y la iniciación de la era industrial, aparece el ruido como un importante problema de salud pública. En esta etapa comienza a documentarse la sordera de los trabajadores expuestos, como los forjadores y los soldadores. *Fosbroke*, en 1831, mencionó la sordera de los herreros y *Wittmarck* hizo lo propio en 1907, al mostrar el efecto histológico del ruido en el oído; en 1927, *McKelvie* y *Legge* informan acerca de la sordera de los algodóneros; en 1939, *Lars* describe la sordera de los trabajadores en astilleros y, en 1946, *Krisstensen* se refiere a la sordera de los aviadores y de los tripulantes de submarinos⁸.

En el caso específico de la hipoacusia en músicos, han sido numerosos los estudios sobre el efecto de la música en estos profesionales.

⁷ Discurso pronunciado por el Dr. R.H. Henderson, Subdirector General de la Organización Mundial de la Salud, en «Prevención de las pérdidas auditivas provocadas por el ruido», consulta informal celebrada en la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, del 28 al 30 de octubre de 1997.

⁸ Hernández Héctor Sánchez y Mabelys Gutiérrez Carrera , Hipoacusia inducida por ruido: estado actual, Rev. Cubana Medicina Militar v.35 n.4, Habana 2006 .

En un trabajo publicado en Francia sobre los músicos de la Guardia Republicana⁹, se detectaron numerosas anomalías auditivas de distinto tipo con diferencias entre instrumentos de percusión y los de viento.

En los umbrales audiométricos se observó que en las bajas frecuencias, se presentaban anomalías en un 47,5% de los instrumentos de viento y en un 61% de los de percusión.

En las altas frecuencias estaban afectadas, en un 86,5% de los instrumentos de viento y un 89% de la percusión.

También presentaban distintos tipos de disfunciones auditivas, como la fatiga, acúfenos, intolerancia al ruido etc. Pero desde el punto de vista auditivo, sólo un 9% de los audiogramas eran normales, siendo las altas frecuencias las más afectadas con un 87%, mientras que las bajas estaban en un 49%, y un 94% de las lesiones auditivas se sitúan con caída en los 4 y los 18 kHz.

En 1989 se publicó un trabajo en Dinamarca sobre los músicos de la Royal Danish Theatre¹⁰ (15 mujeres y 80 hombres) entre los 22 y 64 años de edad.

Se encontró que el 58% de los músicos tenían un déficit auditivo, un 50% de los hombres y un 13% de las mujeres padecían el típico escotoma en las altas frecuencias, así como los violinistas presentaban una mayor afectación en las altas frecuencias en el oído izquierdo.

En numerosos países, la pérdida auditiva provocada por el ruido es la enfermedad profesional irreversible más prevalente¹¹ y se calcula que el número de personas que padecen problemas de audición en Europa es superior a la población de Francia.

⁹ Cudennec, Y. F; Fratta, A; Poncet, J. L; Rondet, P. ; Buffe, P: Effets de la musique de forte intense chez les musiciens de la Garde Republicaine. Ann. Otolaryngol. Chir Cervicofac. 1990; 107 (6): 393-400.

¹⁰ Ostri, B.; Eller, N.; Dahlin, E. ; Skylv, G.; Hearing impairment in orchestral Musicians. Scand. Audiol. 1989; 18 (4): 243-9.

¹¹ Prevention of noise-induced hearing loss, Organización Mundial de la Salud, 1997.

En Europa la hipoacusia inducida por ruido laboral es la enfermedad profesional más común y representa aproximadamente una tercera parte de las enfermedades de origen laboral, por delante de los problemas de la piel y del sistema respiratorio¹².

Estos datos hicieron que la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (FACTS), realizara una campaña de ámbito europeo que culminó con una cumbre sobre el ruido en el trabajo en el 2005.

Fue en esta cumbre en donde por primera vez se presenta un seminario sobre el ruido en el sector del entretenimiento, entre los que se encuentran los músicos de orquestas, siendo Gabriele Fröhlich de la inspección de trabajo del Ministerio Federal de Economía y Trabajo de Austria, la que mostró un trabajo realizado en el 2003 en Orquestas Sinfónicas y salas de conciertos con estimaciones de nivel de exposición a ruido y deficiencias en las evaluaciones de riesgo, proponiéndose medidas preventivas.

En la semana europea del ruido también expuso por primera vez la Asociación de Orquestas Británicas (ABO) un conjunto de buenas prácticas que estuvo desarrollando en el 2003, sobretodo en la formación de músicos de OS, sensibilizando para trabajar en un entorno de trabajo seguro interviniendo sobre el ruido.

Gracias al trabajo realizado en 2005 la ABO fue premiada con el galardón a las buenas prácticas, entregado por la Agencia Europea de Seguridad y Salud laboral y en el 2008 publica una guía revisada que actualiza la evidencia científica sobre los daños causados por el ruido en las orquestas, donde se incluye la guía *Sound Advice* (recomendaciones preventivas para el control del ruido en las OS)

¹² Fuente: Data to describe the link between OSH and employability 2002, Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, ISBN 92-95007-66-2.

El mensaje de la guía es que el control del ruido en las orquestas requiere cambios permanentes y debe ser una de las funciones centrales de la gestión.

El estudio se realiza a 500 músicos de la OBO con investigadores dando como resultado que el 86% de estos profesionales dice estar expuesto a ruidos fuertes que interfieren con su interpretación, y el 23% lo padece con frecuencia.

El 79% siente dolor como consecuencia de ruidos fuertes y el 14% lo experimenta frecuentemente.

La hipoacusia inducida por ruido aparece en un número importante de músicos siendo característica la presencia de otras dolencias del oído de forma conjunta o separadamente como es el tinnitus, hiperacusia, distorsión o diploacusia. Así aparece en el trabajo realizado por Graciela A. Larregui, experta en fonoaudiología, quien estudió las audiometrías de 55 músicos de orquesta, dando como resultado que el 78% presenta escotoma en los 4000 Hz, encontrándose también en los 3000 o 6000 Hz. De éstos el 46,5% estaba en un periodo subclínico, el 14 % en el primer periodo y el 25,6% en el segundo periodo, considerándose éstos últimos como daño permanente según los criterios de la American Medical Association¹³.

El 85% tiene reclutamiento en oído derecho y el 87,3% en el izquierdo. Los mayores porcentajes de hipoacusias están entre los 21 y 25 años de exposición (el 92,3%).

Otro dato importante es que el 25,4% presenta dolor tras los ensayos colectivos y el 21,8% acúfenos. El 38% de músicos presentaron más de un tipo de molestias en los oídos.

¹³ Considera que existe daño o deterioro permanente cuando hay un descenso del umbral auditivo permanente de más de 25 dB respecto al 0 audiométrico, en cualquiera de las frecuencias habituales investigadas.

En la investigación realizada por Graciela A. Larregui¹⁴, el 53% de los músicos que posee el oído izquierdo más expuesto, no presenta mayor afectación en éste que en el derecho como ocurre en otros estudios, haciendo pensar que en este caso la mayor carga de ruido está en los instrumentos vecinos y no al propio.

En el 2007 la Unidad de Apoyo a la Investigación del Hospital Clínico universitario de Valladolid, bajo la dirección del Dr. Darío Morais¹⁵ realiza un estudio a 65 músicos voluntarios de la Orquesta Sinfónica de Castilla León, comprobando si se produce traumatismo acústico en los músicos de música clásica. También se estudia las intensidades que emiten los distintos instrumentos que componen una orquesta.

Los resultados que arroja el estudio es que los músicos soportan intensidades de ruido que se encuentran por encima de los 80 dBA y que el porcentaje de músicos con pérdida auditiva en los 4000 Hz supone más del doble de lo esperado para la edad en el percentil 5.

Al contrario que en el estudio anterior se observa que el oído izquierdo es el más afectado en los instrumentos de violín y viola.

Respecto a otras dolencias del oído se detecta que el 32,3% presentan hiperacusia no coincidiendo con los músicos que presentan traumatismo acústico audiométrico, ya que solo 4 tenían una audiometría con caída en los 4000 Hz.

Los acufenos se reflejaron en el 16,9% y solo 3 de ellos tenían una caída en los 4000 Hz, relacionándolo los propios músicos con los ensayos especialmente largos u obras especialmente ruidosas indicando evolución hacia un traumatismo acústico posterior en su evolución temporal.

¹⁴ Graciela A. Larregui. "Hipoacusia inducida por música (HIM), la otra cara de la música". Evaluación de la audición en músicos de una orquesta sinfónica.

¹⁵ Darío Morais, José Ignacio Benito, Ana Almaraz. "Traumatismo acústico en los músicos de música clásica". Servicio de Otorrinolaringología del Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

En el 2012 se publica el trabajo realizado sobre las 26 Orquestas Sinfónicas Españolas¹⁶ con una población de 309 músicos y en el que los músicos manifiestan en un 34%, que el nivel sonoro le afecta al estrés, el 27,2% les afecta a la fatiga percibida y el 29,8% ha padecido un trastorno auditivo en el último año.

En la Orquesta Sinfónica de la Radio de Baviera¹⁷, los músicos se quejaban de que les zumbaban los oídos y se realizaron mediciones del nivel de ruido. Esto se produce en la pieza musical "State of Siege", del compositor Dror Feiler, y da el valor de 97,4 dBA, poco más del nivel de un martillo neumático.

Al no llegarse a un acuerdo sobre las medidas preventivas y de protección la obra se descarta del repertorio.

Con esta decisión se pone de manifiesto que se requiere que en Europa se integre el estudio de riesgo de exposición al ruido en orquestas en función también del tipo de obra a programar.

Un problema es que diferentes músicos están expuestos a diferentes niveles de ruido según sus instrumentos, la sala de conciertos, dónde se sientan en una orquesta y las fluctuaciones de la pieza que toca

En las orquestas europeas se están utilizando dispositivos que miden el ruido de cada músico, las compañías están alterando sus repertorios y los directores de orquesta están en proceso de reconsiderar la definición de "fortísimo".

¹⁶ La organización del trabajo y la estructura de la empresa, elementos clave de los riesgos laborales en las Orquestas Sinfónicas. M^a José Laguna Millán. ISBN-13 978-84-695-6450-9

¹⁷ <https://solotrompa.wordpress.com/2010/05/06/> "Las orquestas europeas reciben órdenes de bajar el volumen"

Un estudio realizado por el Observatorio para la Prevención Auditiva para los Músicos (OPAM), impulsado por Mutua Intercomarcal, Prevint y la Escuela Superior de Música de Cataluña (Esmuc), revela que la disposición tradicional de una orquesta sinfónica puede provocar lesiones auditivas a los músicos.

El estudio busca minimizar el impacto auditivo de la música en los intérpretes.

Para poder determinar cuál es la disposición idónea, el OPAM ha puesto en marcha un estudio previo. Ha realizado una serie de grabaciones de los ensayos de la *Symphonic Dances From West Side Story*, de Bernstein con la Orquesta de Práctica orquestal de 1^o y 2^o curso de la Esmuc, dirigida por Xavier Puig. Las grabaciones tienen como objetivo medir los valores de presión acústica a los que están expuestos los intérpretes e identificar posibles mejoras para disminuir el riesgo sin afectar a la calidad final del concierto.

Los primeros datos obtenidos apuntan a que la sección de viento es la más castigada en una orquesta y que la posición del director, a pesar de estar muy alejada de las partes con mayor impacto, también es una de las figuras que recibe una presión acústica mayor. Hay que tener en cuenta que 80 dBA es el valor máximo al que pueden estar expuestos los músicos para que no haya un riesgo de padecer problemas auditivos a medio y largo plazo y estas dos posiciones están muy por encima (90 dBA). En función de este nivel, pues, se determina el tiempo máximo que podrían estar tocando sin perjuicio. En este sentido, según el estudio, en la obra analizada, la sección de viento sólo podría estar tocando entre 12 y 30 minutos al día sin que se corra el riesgo de que haya afectación, cuando la media de los ensayos era de 2 horas y media.

En un segundo nivel de riesgo (entre 80 y 85 dBA) están los instrumentos de cuerda: arpa, violín y contrabajo. Esto conlleva que los músicos pueden estar sometidos a esta presión entre 3 y 4 horas. No obstante, algunos de los sectores estudiados muestran que algunas cuerdas están al nivel de los vientos por influencia de estos. De hecho, toda la disposición orquestal está pensada para que el Director de la formación reciba toda la sonoridad de la orquesta y, en este sentido, todos los músicos que se

encuentran en este camino están expuestos a niveles superiores a los del resto.

Otro estudio realizado por Dr. Wolfgang Ahrens¹⁸ del Departamento de Epidemiología Clínica del Instituto Leibniz, Bremen, Alemania en 2014, concreta que los músicos corren un riesgo casi cuatro veces mayor de padecer sordera que el resto de la población.

El estudio se realiza comparando la audición de músicos profesionales con la población general a través de la base de datos de distintos seguros de enfermedad alemanes de los años 2004- 2008.

Entre los sujetos, se identificaron 2.227 músicos profesionales, que abarcaban de guitarristas de grupos de rock a pianistas de música clásica.

Tras clasificar a los sujetos en grupos de edad y demás factores que pudieran influenciar las condiciones auditivas, los investigadores descubrieron que, en comparación con la población general, los músicos profesionales tenía un riesgo 3,51 veces superior de padecer pérdida de audición inducida por ruido, y eran 57% más propensos a contraer tinnitus.

3.2. Contexto histórico del músico profesional

Para conocer en qué situación se encuentra el músico profesional de orquesta en la actualidad es necesario conocer su trayectoria histórica como trabajador de la música.

¹⁸ <http://www.medicaldaily.com/>. El estudio fue realizado por investigadores de la Universidad de Bremen y publicado en la revista Occupational and Environmental Medicine

Estos datos han sido tomados de la ponencia que dio Víctor Pliego de Andrés¹⁹.

“En noviembre de 1717, el gran Johann Sebastián Bach (1685-1750) fue recluido en el calabozo de Weimer por pedir la rescisión de su contrato, cuando ocupaba el cargo de concertino y organista del duque de Weimar. Tenía entonces 32 años.

Franz Joseph Haydn (1732-1809) pasó la mayor parte de su vida sometido a la servidumbre del príncipe Nikolaus Estherázy (1710-1790) que en 1772 transmitió al príncipe el deseo de abandonar el aislado palacio de verano donde se recluía el príncipe y al que su séquito debía acudir sin su familia, componiendo la Sinfonía núm. 45 en fa sostenido menor “De los adioses”. La obra concluye con un adagio en el que los músicos se despiden progresivamente, apagando sus velas y abandonando el salón por orden, hasta dejar solos a dos violines con sordina. Fue un acto de rebeldía y una manifestación pública de descontento laboral.

Federico II de Prusia (1712-1786) fue un monarca admirador de la música e intérprete aficionado, pero su opinión sobre los músicos dejaba un poco que desear y los trataba de forma despótica, como se trasluce de una líneas enviadas a su director de espectáculos en Berlín, en estos términos: “Los cantantes y los músicos están sujetos enteramente a mi elección, junto con los otros objetos relacionados con el teatro, que encargo y pago yo”.

Un ejemplo espectacular es el del rey Christian IV de Dinamarca (1577-1648), que escondía a sus músicos en un sótano del Castillo de Rosenborg de Copenhague, para que la música sonara a través de unas trampillas, ocultas entre muebles y alfombras, sin que los ejecutantes fueran vistos.

¹⁹ Víctor Pliego de Andrés. catedrático de Historia de la Música en el Real Conservatorio Superior de Música de Madrid. Ponencia “I Simposium internacional de músicos de orquestas sinfónicas” que tuvo lugar en Sevilla en Abril de 2012

La ubicación de los músicos en lugares inapropiados no era algo nuevo, sino habitual. La presencia física de los músicos estorbaba a los nobles y restaba superficie para sus bailes y fiestas. Por eso, son colocados frecuentemente en tribunas o balcones altos y con muy poco espacio. Así ocurría en iglesias y palacios. Un espacio para los músicos oculto tras celosías sobre el dintel de una de las puertas del Salón de Embajadores. Los músicos tenían que colocarse allí subiendo por una escalera antes de que comenzara la celebración y no podían descender hasta que terminara el festejo”.

El siglo XIX supuso la dignificación de la música, pero sin duda se perpetúan detalles de algunas costumbres nocivas para la salud de los músicos que en el aspecto que estamos tratando el espacio y ruido van juntos.

3.3. Contexto situacional de ser músico

Es necesario hacer una reseña sobre aspectos que delimitan el perfil personal-profesional del músico, en cuanto ayuda a personas ajenas al mundo musical a entender la figura del músico-artista.

La principal característica es que el músico profesional de orquesta, trabaja de músico y es músico. Trabajar de músico profesional traspasa las fronteras del ámbito del trabajo y configura la personalidad de sentirse músico fuera de los tiempos de trabajo establecidos.

La música ocupa un lugar muy importante en la vida de estos profesionales por cuanto el entrenamiento y trabajo es continuo para tener un nivel adecuado de excelencia.

Existe una escasa cohesión grupal, circunstancia que choca con la coordinación perfecta con otros en el trabajo, y explica en parte la situación de que determinados derechos colectivos estén ocultos por no exigirlos.

Guillermo Dalia Cirujeta ha estudiado en profundidad la personalidad del músico y especifica las siguientes características que presenta como atributos que lo definen y explican:

- Individualismo. Sea cual sea el ámbito de la dedicación musical. Profesor o integrante de orquesta. Esta característica dificulta el sentimiento colectivo para el logro de mejoras colectivas como grupo.
- La competitividad. Esta se manifiesta entre colegas y entre el propio músico como motor para progresar, pero crea distancias entre los propios compañeros/as.
- El pensamiento dicotómico. Ver la realidad en dos extremos, o todo ha salido bien o muy mal. No existe un continuo de matices entre los extremos.
- La crítica y la autocrítica.
- El divismo. En algunos músicos prestigiosos y sobretodo la actitud de sentirse especial.

Estos atributos conforman la cualidad más característica del músico. El perfeccionismo que muchas veces sobrepasa el ámbito profesional al personal.

Para la sociedad la profesión de músico es una profesión que tiene todos los ingredientes para ser calificada como buena o muy buena, por cuanto se realiza un tipo de actividad que conlleva la realización personal, se ejecuta fácilmente, sin ningún tipo de esfuerzo físico o mental, es vocacional e implica un disfrute constante de la música, pero aunque pueda resultar extraño para los no iniciados en este sector, un violinista profesional empieza a los 5 años a tocar su instrumento – o incluso antes en muchas ocasiones –, con la ilusión de ser profesional de una orquesta sinfónica. No es anécdota que un músico cuando cumple 20 años ha estudiado música en solitario con los entrenamientos 10.000 o 12.000 horas.

3.4. Qué es una orquesta sinfónica

El término «orquesta» se deriva de un término griego que se usaba para nombrar a la zona frente al escenario destinada al coro y significa 'lugar para danzar'.

La orquesta sinfónica tiene su origen en pequeños grupos que se unían para hacer música en el siglo XV. Estos grupos no llegaban a superar los veinte miembros.

En el siglo XIX, con la llegada del romanticismo, se crea la necesidad de grupos sonoros más grandes y variados que las orquestas de cámara del siglo XV. Se considera que es a partir de Beethoven (1770-1827), el último clásico y el primer romántico, cuando la Orquesta Sinfónica empieza a crecer tanto de nuevos instrumentos, como de nuevos lenguajes musicales.

La orquesta sinfónica es una agrupación musical de gran tamaño formada por cuatro grandes grupos de instrumentos: cuerdas (violín, viola, violoncelo, contrabajo); viento madera (flauta, oboe, corno inglés, clarinete, fagot); viento metal (trompas, trompetas, trombones, tuba); percusión (timbales, platillos, gong, piano, campanas etc.) y otros que no pertenecen a ninguno de estos grupos como el arpa.

Generalmente el número de músicos varía de 80 a algo más de 100, pero el número de músicos empleados en una interpretación particular puede variar según la obra que va a ser tocada.

En España el número medio de músicos está en 60-65 músicos, siendo la OBC de Cataluña de las mayores con 83, el Liceu con 107 y llegándose en la ONE a 120 músicos.

La orquesta sinfónica típica consta de cuatro familias de instrumentos musicales:

- Cuerdas: 16 a 30 violines o más, 8 a 12 violas o más, 6 a 10 violonchelos y de 5 a 8 contrabajos o más. Ocasionalmente también se incluyen el arpa y piano.
- Viento madera: 1 flautín, 2 flautas, 2 oboes, 2 clarinetes y 2 fagotes. Ocasionalmente también se incluyen 1 clarinete bajo o 1 contrafagot.
- Viento metal: 2 a 5 trompetas, de 2 a 6 trompas, 2 o tres trombones tenores y 1 o 2 bajos y dependiendo de la partitura 1 tuba.
- Percusión: Depende siempre de la obra, aunque es básico tener timbales, siendo opcional otros percusionistas de 1 a 4, o más según la obra, que tocan el resto de instrumentos de percusión, como caja, platillos, bombo, tam-tam, etc.

La distribución en la orquesta puede ser variada, en este aspecto el director de orquesta es el que decide cómo quiere el reparto de los músicos para una determinada obra. La adjudicación espacial de los músicos en la orquesta tiene gran importancia como medida organizativa en la disminución de la presión acústica que deben soportar los músicos

3.5. Contexto normativo

- Ley Prevención de Riesgos Laborales (LPRL). Ley 31/1995 de 8 de Noviembre. Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Reglamento de los Servicios de Prevención RD 39/1997 de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.
- El RD 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003.
- Guía Técnica del Ruido del INSHT que desarrolla el RD 286/2006
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido ambiental.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1299/2006 Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Recomendación Europea 2003/670/CE de enfermedades profesionales.
- Ley General de la Seguridad Social (LGSS) Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio.
- Código de Conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del RD 286/2006 en los sectores de la música y el ocio del INSHT.
- el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía y cuáles son los requisitos técnicos que son exigibles del sistema de calidad establecido por la norma UNE-EN ISO / IEC 17025:2005.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

La Unión Europea se ha ido dotando de un cuerpo normativo importante entre los que se encuentran la Directiva sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Esta Directiva es la **2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo**, de 6 de febrero de 2003.

3.5.1 Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

Los elementos más importantes de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en adelante LPRL más importantes y necesarios de reseñar para contextualizar el marco normativo de referencia, se exponen a continuación.

*“La presente Ley **tiene por objeto** la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, y ello en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz de prevención de los riesgos laborales”*

Al insertarse esta Ley en el ámbito específico de las relaciones laborales, se configura como una referencia legal mínima en un doble sentido:

- El primero, como Ley que establece un marco legal a partir del cual las normas reglamentarias irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.
- El segundo, como soporte básico a partir del cual la negociación colectiva podrá desarrollar su función específica.

La LPRL tiene su referencia y responde a lo recogido en el art 43 de la Constitución Española, en donde la salud tiene un tratamiento diferenciado, lo que le confiere mayor relevancia (protección frente a riesgos que puedan lesionarla). La salud como tutela de la vida, integridad física y moral del trabajador/a.

En línea a ser cuerpo básico de garantías recogidas en el objeto de la LPRL, el art 14 de la LPRL recoge que los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección hacia sus trabajadores frente a los riesgos. Este genérico deber de protección del empresario para con sus trabajadores (Art. 14 LPRL),

engloba otros dos deberes básicos: El de prevención, para que el daño no ocurra y el de previsión, en el caso de que el daño se materialice.

La prevención es anticiparse al daño lo más posible a través de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

Previsión, son las cotizaciones de los empresarios para la cobertura de las contingencias de los trabajadores/as y se denominan primas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

Como consecuencia del incumplimiento de una obligación derivada del genérico deber de protección de riesgos, pueden derivarse para el infractor responsabilidad Administrativa, en Seguridad social, Penal, Civil.

El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales recogidos en el artículo 15 de la LPRL.

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

Las características fundamentales que presenta la LPRL que hace extensibles a su mejora en los distintos Reales Decretos que la desarrollan son las siguientes.

- **Es una prevención universal.** Tiene un ámbito universal a todas las empresas. La vocación universal de la Ley se recoge en la exposición de motivos en su punto 3.
- **Es una prevención integrada.** Esta característica se incorporó en la modificación que tuvo la LPRL con la Ley 54/2003 para garantizar un cumplimiento real de la Ley y no un cumplimiento meramente formal, quedando recogido en el Art. 16.1 Ley 31/1995.

“La PRL deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, ...”

En este sentido abunda el art 1.1 RD 39/1997 (modificado por RD 604/2006): “La PRL deberá integrarse en el sistema general de gestión comprendiendo tanto al conjunto de las actividades como a todos los niveles jerárquicos...”

La integración de la prevención en el conjunto de las actividades de la empresa implica que debe proyectarse en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste.

Su integración en todos los niveles jerárquicos de la empresa implica la atribución a todos ellos, y la asunción por éstos, de la obligación de incluir la prevención de riesgos en cualquier actividad que realicen u ordenen y en todas las decisiones que se adopten.”

- Es **una prevención integral**. Se actúa sobre todos los riesgos que afectan a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Es **una prevención participativa**. Participación y representación de los trabajadores, por cuanto el principio básico de la política de prevención de riesgos laborales es la participación de empresarios y trabajadores en la gestión relacionada con la mejora de las condiciones de trabajo y la protección de la seguridad y salud de los trabajadores -Art. 12 de la LPRL-, el derecho de información y consulta y el derecho a participar por parte de los trabajadores en tareas preventivas -Art 34.1 LPRL-.
- Es **una prevención interdisciplinar** en la que hay cabida para una multiplicidad de riesgos laborales y en donde existe una conjunción **coordinada de distintas especialidades o disciplinas preventivas** Art. 31 LPRL y 34 RSP entre las que se encuentra la Higiene industrial, que tiene como objetivo prevenir la aparición de enfermedades profesionales y otras patologías derivadas del ambiente laboral abordando los factores de riesgo derivados de los contaminantes físicos, químicos y biológicos.

La seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985.

En el ámbito de la Unión Europea, el artículo 137.2 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea establece como objetivo la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

3.5.2 Directiva es la 2003/10/CE

La pretensión de la Comisión Europea respecto a la Directiva sobre el ruido es adaptar las disposiciones de la misma a la estructura de la Directiva marco 89/391/CEE, de 12 de junio de 1989, relativo a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, por cuanto prima la filosofía preventiva de la misma.

La Directiva 2003/10/CE sobre el ruido pone como fecha límite de trasposición a los Estados miembros el 15 de febrero de 2006.

La principal característica de la Directiva sobre el ruido es el establecimiento de una estrategia clara y coherente de prevención capaz de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos al ruido.

La Directiva 2003/10/CE sobre el ruido incorpora mejoras respecto a la anterior Directiva que sustituye, la Directiva 86/188/CEE en relación a la reducción de los niveles de acción en 5 dBA y la introducción de un valor límite de exposición fijado en 87 dBA que nunca se debe sobrepasar en la jornada laboral, así como la inclusión de todos los sectores de actividad en el ámbito de la Directiva. De hecho, la Directiva 86/188/CEE excluía a los trabajadores del sector de la navegación marítima de su campo de aplicación y a los sectores de la música.

En el caso de la navegación marítima incluye un plazo opcional de cinco años para aplicar las disposiciones vinculadas con el cumplimiento de los valores límites para el personal que trabaja en buques, para ir adaptando las peculiaridades de las condiciones de trabajo de este sector.

Otro aspecto importante es que insta a los estados miembros a elaborar en consulta con los interlocutores sociales, de un código de conducta con orientaciones prácticas para la aplicación de las disposiciones de la Directiva en los sectores de la música y el ocio.

Para esto la Comisión Europea desarrolla unas directrices europeas para que puedan servir de referencia a los Estados miembros para desarrollar sus propias directrices nacionales.

Por tanto, la Directiva 2003/10/CE sobre el ruido:

- Ofrece una mayor protección a los trabajadores en todos los sectores de la economía, incluyendo los sectores del transporte marítimo y aéreo (excluidos de la anterior Directiva 86/188/CEE);
- Reconoce las particularidades del sector de la música y el ocio proporcionando un período transitorio de dos años de duración durante el cual establece códigos de conducta que ayuden a los trabajadores y empresarios de estos sectores a cumplir sus obligaciones legales que se disponen en la Directiva.
- Reduce el valor límite de exposición de 90 dBA, que se establecía en la Directiva de 1986, hasta 87 dBA, lo cual representa un claro progreso.

La Directiva define los siguientes parámetros físicos como indicadores de riesgo:

- Presión acústica de pico (Ppico), el valor máximo de la presión acústica instantánea ponderada C en frecuencia.
- Nivel de exposición diaria al ruido (LEX, 8h) -dBA, referido a 20 μ Pa, promedio ponderado en el tiempo de los niveles de exposición al ruido para una jornada de trabajo nominal de ocho horas. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulso.
- Nivel de exposición semanal al ruido (LEX, 8h), promedio ponderado en el tiempo de los niveles de exposición diaria al ruido para una semana de trabajo que conste de cinco jornadas de ocho horas.

La Directiva del ruido tiene en su aplicación los siguientes principios:

- Evaluación de los niveles de ruido en aquellos lugares en los que los trabajadores son susceptibles a una exposición.

- Eliminación del riesgo en la fuente o reducción al mínimo posible.
- Vigilancia de la salud apropiada en los casos en los que la evaluación indique un riesgo para la salud. Evaluación semanal de la exposición, en los casos en que sea justificado porque la exposición diaria al ruido varíe mucho de una jornada laboral a otra.
- Un límite de exposición personal, teniendo en cuenta el uso de protección auditiva de 87 dBA (LEX, 8h) y 200 Pa (Ppico).
- Las siguientes acciones en el caso en que la exposición al ruido, sin tener en cuenta el uso de protectores auditivos, sea superior a 85 dBA (LEX, 8h) y 112 Pa (Ppico):
 - Aplicación de un programa de medidas técnicas y/u organizativas encaminadas a reducir la exposición.
 - Señalización de las zonas de exposición y acceso restringido a las mismas.
 - Utilización de protectores auditivos cuando sea de aplicación : con arreglo a las siguientes condiciones:
 - a) cuando la exposición al ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales;
 - b) cuando la exposición al ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales;
 - c) los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.
 - Derecho por parte del trabajador a que se le realice una adecuada vigilancia de la salud con un control audiométrico preventivo.

- Las siguientes acciones en el caso de que la exposición al ruido, sin tener en cuenta el uso de protectores auditivos, sea superior a 80 dBA (LEX, 8h) y 112 Pa (Ppico).
- Disponibilidad de protectores auditivos.
- Información y formación a los trabajadores.
- Derecho a que se le realicen audiometrías cuando exista riesgo para la salud.
- En esta Directiva se introducen los conceptos de valores de exposición que dan lugar a una acción, y valor límite de exposición.
- Unos y otros se expresan en nivel de exposición diaria al ruido (dBA) y en presión acústica de pico (Pa).
- El valor límite de 87 dBA, o 200 Pa, se fija con la finalidad de evitar daños irreversibles en el oído del trabajador. Representa un nivel de exposición que no debe superarse en ningún momento y tiene en cuenta la utilización del protector auditivo.

En la determinación de los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tienen en cuenta los efectos producidos por los protectores auditivos.

Respecto a las medidas preventivas establecidas en la Directiva se basan principalmente en la determinación y evaluación de riesgos que el empresario ha de llevar a cabo mediante diferentes métodos de evaluación del nivel de exposición al ruido y la obligación de eliminar o reducir las exposiciones fundamentalmente en su origen. En este aspecto, a fin de evaluar correctamente la exposición de los trabajadores al ruido y teniendo en cuenta que es útil aplicar un método objetivo de medida.

La Directiva 2003/10/CE sobre el ruido ha sido traspuesta al Ordenamiento Jurídico Español, mediante el Real Decreto 286/2006, derogando el anterior vigente Real Decreto 1316/1989.

3.5.3 Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo,

El **Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo**, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido y Guía Técnica que lo desarrolla.

El Real Decreto consta de doce artículos, dos disposiciones adicionales, una disposición transitoria, una disposición derogatoria, dos disposiciones finales y tres anexos. La norma establece una serie de disposiciones mínimas que tienen como objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición; regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición a ruido se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible, e incluye la obligación empresarial de establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, encomienda de manera específica, en su disposición adicional segunda, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo. Esta Guía se complementará con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales tal como quedan establecidas en este Real Decreto.

El RD 286/2006 tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.

A los efectos de este Real Decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

Tabla 3.5-1: Valores límite de exposición, RD 286/2006

Valores límite de exposición:

$L_{Aeq,d} = 87$ dB(A) y $L_{pico} = 140$ dB (C), respectivamente;

- **Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:**

$L_{Aeq,d} = 85$ dB(A) y $L_{pico} = 137$ dB(C), respectivamente;

- **Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:**

$L_{Aeq,d} = 80$ dB(A) y $L_{pico} = 135$ dB(C), respectivamente

En el caso del valor límite referido al nivel de exposición diario equivalente $L_{Aeq,d}$ el valor de 87 dB(A) no debe ser excedido en ninguna jornada laboral.

En el caso del valor límite referido al nivel de pico L_{pico} el valor de 140 dB(C) no debe ser excedido en ningún momento. En esta línea insiste el art. 8 que recoge la limitación de exposición a ruido por parte del trabajador en su punto 1. *“En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición”*

Cuando el valor de $L_{Aeq,d}$ supere 87 dB(A) o el L_{pico} 140 dB(C), para evaluar si el valor límite ha sido o no superado, se tendrá en cuenta el efecto de la utilización de las protecciones individuales que en tales circunstancias es obligatorio emplear.

En relación a la evaluación de riesgo por exposición a ruido laboral. El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo

dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección 1ª del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

La evaluación de la exposición al ruido exigirá, como norma general, la medición de los niveles de ruido.

Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición de la exposición al ruido se conservarán de manera que permita su consulta posterior y el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la documentación relativa a la evaluación de los riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, incluido el resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores.

Según el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, en dicha documentación deberán reflejarse, para cada puesto de trabajo cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- La identificación del puesto de trabajo.
- El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.
- El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos entre otros:

- El nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 5.
- La prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario.

- La disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas.
- En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar la planificación preventiva, planificando a su vez la ejecución de la misma.

Puesto que la determinación exacta y fiable del nivel de exposición diario equivalente ($LA_{eq,d}$) y/o del nivel de pico (L_{pico}) es el aspecto central de la evaluación de riesgos, en el Apéndice 5 de La Guía técnica se dan algunas precisiones técnicas sobre la metodología de medida y se tomarán como referencia en el diseño de la estrategia de medición en las Orquestas. Por lo que estas especificaciones técnicas se tratarán en el apartado específico sobre el modelo de estrategia que se va a diseñar ad hoc para orquestas en el marco metodológico del Apéndice 5 de la Guía Técnica del ruido del INSHT.

El interés de la evaluación consiste en alcanzar un nivel de control razonable del ruido.

La evaluación de la exposición debe hacerse en términos de:

- Observación de las prácticas laborales específicas.
- Referencia a la información relevante de los niveles probables de ruido, correspondientes a cualquier equipo de medición que se haya utilizado en unas condiciones laborales particulares.
- Si es necesario, evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores se ven generalmente expuestos.

En vista de las peculiaridades que presenta el trabajo musical en OS en relación a elementos difíciles de controlar como son los tiempos de exposición que no son uniformes, la variación de dosis que supone el tipo de repertorio, las distintas ubicaciones de los músicos, el trabajo individual y los distintos espacios en los que ensayan y actúan hacen que aún cuando se quiera ser rigurosos y precisos en el diseño de la estrategia de medición, siempre se

consigue una estimación del nivel de riesgo pero esta circunstancia no desvirtúa los resultados que acotan el nivel de exposición sobre todo cuando se utiliza la estrategia de medición basada en la tarea o la basada en el muestreo.

De aquí que la evaluación de riesgos derivado de la exposición al ruido debe ser una valoración confiable con suficiente precisión para determinar si es posible, la probabilidad que se estén excediendo los “valores de acción de la exposición” o los valores límite.

La evaluación en el contexto orquestal sólo será confiable si emplea datos suficientemente representativos derivado de una adecuada estrategia de medición sobre la exposición individual. De esta forma se consigue minimizar las imprecisiones que pueden presentarse de la variación de los niveles de ruido y los tiempos de exposición.

En relación a la vigilancia de la salud La periodicidad, teniendo en cuenta la normativa general aplicable sería:

- Reconocimiento inicial, después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud. El objetivo de la misma sería disponer de un estado de salud de base
- que facilitaría el seguimiento ulterior y la detección de trabajadores especialmente sensibles.
- Reconocimiento periódico específico, cada 3 años como mínimo para trabajadores cuya exposición supera los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, y cada 5 años si su exposición supera los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.
- Reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud, con la finalidad de descubrir si guardan relación o pueden atribuirse a la exposición a ruido o si ha aparecido una especial sensibilidad, ya sea temporal o permanente.

3.5.4 Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido ambiental.

Esta Ley se centra principalmente en los focos emisores de ruido ambiental, tanto los generados por actividades humanas, los de los medios de transporte (tráfico rodado, ferroviario y aéreo) y los generados por actividades industriales; todo ello con el fin de prevenir, controlar y reducir la contaminación acústica.

Están sujetos a esta Ley todos los emisores acústicos tanto públicos como privados, con determinadas excepciones.

Será objeto de cada comunidad autónoma la clasificación de las áreas acústicas en función del uso predominante del suelo, siendo el gobierno quien determine los criterios para la delimitación de éstas áreas acústicas.

3.5.5 Decreto 6/ 2012, de 17 de Enero

El **Decreto 6/2012, de 17 de enero**, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía y cuáles son los requisitos técnicos exigibles del sistema de calidad establecido por la norma UNE-EN ISO / IEC 17025:2005.

3.5.6 Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Los lugares de trabajo en los que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, será necesario una correcta señalización. Asimismo, cuando desde el punto de vista técnico y el riesgo técnico lo justifique, se delimitará y se limitará el acceso a dichos lugares. Si los trabajadores disponen de locales de descanso, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso.

3.5.7 Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

El gobierno con las organizaciones sindicales y empresariales suscriben el día 13 de julio de 2006 un Acuerdo sobre medidas en materia de Seguridad Social, entre las cuales se incluye la aprobación de una nueva lista de enfermedades profesionales que, siguiendo la Recomendación 2003/670/CE de la Comisión, de 19 de septiembre de 2003, relativa a la lista europea de enfermedades profesionales, ajuste la lista vigente a la realidad productiva actual, así como a los nuevos procesos productivos y de organización. Asimismo, se acordó modificar el sistema de notificación y registro, con la finalidad de hacer aflorar enfermedades profesionales ocultas y evitar la infradeclaración de tales enfermedades.

La citada Recomendación europea sobre enfermedades profesionales, encarga a los Estados miembros la introducción en sus disposiciones legislativas, reglamentarias o administrativas de la lista de enfermedades cuyo origen profesional se ha reconocido científicamente, que figura en su anexo I, y que, asimismo, procuren introducir en dichas disposiciones las enfermedades recogidas en el anexo II, que no figuran en la lista del anexo I pero cuyo origen y carácter profesional podrían establecerse en el futuro.

El cuadro está organizado en dos Anexos. En el primero figuran los seis grandes grupos de enfermedades profesionales. Este “Anexo 1” contiene los diferentes agentes, tareas y patologías que conforman lo que se reconoce como enfermedad profesional. El Anexo 1 es, por tanto, el auténtico cuadro de enfermedades profesionales. En el “Anexo 2” figuran aquellos procesos no contemplados en el Anexo 1, pero cuyo origen y carácter profesional podrían establecerse en el futuro. Centrándonos en el Anexo 1 vemos que los grandes grupos de enfermedades profesionales se han reordenado, adaptándose al esquema de la lista de la Recomendación de la Comisión Europea. Desaparece la denominación de “enfermedades sistémicas” en el último grupo,

siendo sustituido por el de “Enfermedades profesionales causadas por agentes carcinogénicos”

La calificación de las enfermedades como profesionales corresponde a la entidad gestora respectiva, sin perjuicio de su tramitación como tales por parte de las entidades colaboradoras que asuman la protección de las contingencias profesionales.

En la Dirección General de Ordenación de la Seguridad Social del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales existirá una unidad administrativa encargada de recoger y analizar la documentación relativa a las enfermedades profesionales.

El cuadro de enfermedades profesionales se recoge en el Anexo I, siendo las enfermedades producidas por agentes físicos las recogidas en el grupo 2.

3.5.8 Recomendación 2003/670/CE de la Comisión, de 19 de septiembre de 2003, relativa a la lista europea de enfermedades profesionales.

Las enfermedades enumeradas en esta lista deben estar directamente ligadas con la actividad ejercida. La Comisión establece los criterios de reconocimiento de cada una de las enfermedades profesionales que se citan en la Recomendación entre las que se encuentra en el punto 5 las enfermedades provocadas por los agentes físicos: 503 Hipoacusia o sordera provocada por el ruido lacerante.

La Recomendación 2003/670/CE encarga a los Estados miembros en 4 art. que introduzcan cuanto antes la lista europea que figura en el anexo I en sus disposiciones legislativas, reglamentarias o administrativas relativas a las enfermedades cuyo origen profesional se ha reconocido científicamente, que pueden dar lugar a indemnización y que deben ser objeto de medidas preventivas; que fijen por sí mismos los criterios para el reconocimiento de cada enfermedad profesional conforme a su legislación y sus prácticas nacionales vigentes e insta a los Estados miembros a que informen a la

Comisión de las medidas adoptadas para dar curso a la presente Recomendación a más tardar el 31 de diciembre de 2006.

Tabla 3.5-2: La hipoacusia provocada por ruido laboral en el cuadro de enfermedades profesionales (EP)

**ANEXO I. GRUPO 2.
CUADRO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES (CODIFICACIÓN)**

Grupo	Agente	Subagente	Actividad	Código	Enfermedades profesionales con la relación de las principales actividades capaces de producirlas
2					Enfermedades profesionales causadas por agente físicos
	A				Hipoacusia o sordera provocada por el ruido:
		01			Sordera profesional de tipo neurosensorial, frecuencias de 3 a 6 KHz, bilateral simétrica e irreversible Trabajos que exponen a ruidos continuos cuyo nivel sonoro diario equivalente (según legislación vigente) sea igual o superior a 80 decibelios A, especialmente:
			01	2A0101	Trabajos de calderería
			02	2A0102	Trabajos de estampado, embutido, remachado y martillado de metales.
			03	2A0103	Trabajos en telares de lanzadera batiente.
			04	2A0104	Trabajos de control y puesta a punto de motores de aviación, reactores o de pistón.
			05	2A0105	Trabajos con martillos y perforadores neumáticos en minas, túneles y galerías subterráneas
			06	2A0106	Trabajos en salas de máquinas de navios
			07	2A0107	Tráfico aéreo (personal de tierra, mecánicos y personal de navegación, de aviones a reacción, etc.)
			08	2A0108	Talado y corte de árboles con sierras portátiles.
			09	2A0109	Salas de recreación (discotecas, etc.)
			10	2A0110	Trabajos de obras públicas (rutas, construcciones, etc.) efectuados con máquinas ruidosas como las bulldozers, excavadoras, palas mecánicas, etc.

3.5.9 Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de Junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social (LGSS).

La LGSS es donde se recoge la definición de accidente de trabajo y enfermedad profesional en su art. 115 y 116 respectivamente.

3.6. Accidentes de trabajo. Características que debe cumplir el accidente de trabajo

La ley solo considera accidente de trabajo cuando:

- Exista una relación laboral asalariada
- Exista una lesión corporal en el trabajador/a
- Exista una relación de causalidad entre la lesión y el trabajo

Según el artículo 115 se entiende por accidente laboral o de trabajo, toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena.

- Lesión corporal, que puede ser física o psíquica.
- Que el trabajador/a sea por cuenta ajena o esté dado de alta en la contingencia de accidente de trabajo como autónomo por cuenta propia.
- También se extiende el concepto a los trabajadores socios de sociedades mercantiles.
- Que el accidente sea con ocasión o por consecuencia del trabajo.
- Se consideran asimismo laborales en España, a diferencia del resto de los países del entorno, los accidentes que ocurren al ir o volver del trabajo denominados accidentes in itinere.

Serán accidentes de trabajo:

- Los que desempeñe el trabajador con ocasión o como consecuencia del desempeño de cargos electivos de carácter sindical o de gobierno de las entidades gestoras, así como los ocurridos al ir o al volver del lugar en el que se ejerciten las funciones propias de dichos cargos.
- Los ocurridos con ocasión o por consecuencia de las tareas que, aun siendo distintas a las de su categoría profesional, ejecuta el trabajador en cumplimiento de las órdenes del empresario o espontáneamente en interés del buen funcionamiento de la empresa.
- Los acaecidos en actos de salvamento y en otros de naturaleza análoga, cuando unos y otros tengan conexión con el trabajo.
- Las enfermedades que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su trabajo, siempre y cuando se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la realización del mismo y no esté catalogada como enfermedad profesional.
- Las enfermedades o defectos padecidos con anterioridad por el trabajador que se agraven como consecuencia de la lesión constitutiva del accidente.
- Los infartos de miocardio, trombosis, hemorragias cerebrales o similares cuando se producen a causa o consecuencia del trabajo (Art 115 LGSS).

No se considerará accidente de trabajo:

- La Imprudencia temeraria, aunque sí la imprudencia profesional.
- El accidente que se produce en el puesto de trabajo cuando el accidentado está cometiendo un delito doloso.
- Los infartos de miocardio, trombosis, hemorragias cerebrales o similares si no son producto del trabajo.

Existe una presunción **iuris tantum** en el artículo 115 del Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social que dice que se

presumirá, salvo prueba en contrario, que son constitutivas de accidente de trabajo las lesiones que sufra el trabajador durante el tiempo y en el lugar del trabajo.

3.7. Enfermedad profesional. Características que debe cumplir la enfermedad profesional:

- Es la contraída a consecuencia del trabajo ejecutado por cuenta ajena y provocada por las sustancias o elementos tipificados en la ley.
- Debe estar recogida en el cuadro de enfermedades profesionales.
- El cuadro de enfermedades profesionales está desglosado en el **Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre.**

Para el diagnóstico de una enfermedad profesional (EP) es necesaria la concurrencia de cuatro elementos básicos:

- Agente: debe existir un agente en el ambiente de trabajo que pueda producir un daño a la salud
- Exposición: debe existir la demostración de que el contacto entre trabajador afectado y las condiciones de trabajo nocivas puedan provocar un daño a la salud.
- Enfermedad: debe existir una enfermedad clara y definida en el trabajador expuesto
- Relación de causalidad: deben existir pruebas de orden clínico, o epidemiológico que permitan establecer una asociación causa-efecto entre la patología definitiva y los agentes/condiciones presentes en el lugar de trabajo.

3.8. Análisis cuadro enfermedades profesionales Real Decreto

1299/2006, de 10 de noviembre con especial atención a las hipoacusias y otras EP que pueden padecer los músicos.

En el año 1962 la Unión Europea²⁰ se marca como objetivo la armonización respecto a las enfermedades profesionales (EP) de los estados miembros, que entonces eran 6. Fue entonces cuando se adoptó la primera Recomendación europea para la armonizar el reconocimiento de las EP, siguiendo otras en 1966, 1990, y 2003.

Cuando surgió la primera en 1962, se daba la circunstancia de que en Bélgica la silicosis no estaba reconocida, se anteponían los intereses de la industria del carbón, además de que sus trabajadores eran todos emigrantes provenientes de Italia que enfermaban y morían de silicosis. Esto provocó que Italia aprobara una ley atípica mediante la cual indemnizaba a los mineros italianos por una silicosis que habían contraído trabajando en minas belgas.

La EP es tratada por tres conjuntos normativos distintos y complementarios: La normativa de Prevención de Riesgos Laborales, normativa sanitaria y la normativa de la Seguridad Social. Ésta última constituye el eje del sistema y proporciona la definición legal de EP en su Art. 116.

El cuadro de EP español está basado en la lista de enfermedades profesionales de la OIT de 2002 y en la Recomendación de lista europea de 2003.

1.1.1 ²⁰ CECA (Comunidad Europea del Carbón y del Acero). Los Estados miembros eran Francia, Alemania, Italia y los Estados del Benelux (Bélgica, Países Bajos y Luxemburgo). Se ocuparía de los sectores del Carbón y el Acero y el de esos seis países Fundada el 1951 es considerada la "semilla" de la Unión Europea por ser la primera Comunidad Europea

3.8.1 Características del cuadro de EP valoradas como deficiencias

- Una de las principales mermas del tratamiento europeo de las EP es haber elegido la Recomendación para la armonización de la materia, por cuanto ésta permite a las instituciones dar a conocer sus puntos de vista y sugerir una línea de actuación pero sin imponer obligaciones legales a quienes se dirige. No existe unificación de criterios en el registro de las enfermedades profesionales en toda la unión europea.
Al ser una Recomendación no tiene poder vinculante para los estados miembros, haciendo pensar que debería haber sido una Directiva, que sí tiene poder vinculante.
- El cuadro de EP es una lista “cerrada” en donde cada patología o enfermedad viene tipificada por un código de números y letras que definen la enfermedad y la ubica en el cuadro facilitando su búsqueda.
- El concepto de lista cerrada implica que para que sea reconocida una EP en un trabajador se deben cumplir los siguientes criterios: Que la enfermedad esté causada por el trabajo (sea contraída a consecuencia del trabajo), que figure listada en el cuadro de EP y que sean coincidentes también el agente causal y las actividades listadas en el cuadro, con el puesto de trabajo del profesional.

Si alguno de estos requisitos no está presente no se tratará como EP. Podrá ser otra cosa, normalmente se ubican como enfermedad común y en el mejor de los casos se trata como accidente de trabajo.

Se valora, por tanto, como una merma del cuadro de EP ser una lista cerrada, por cuanto no ayuda a que aflore la infradeclaración de las EP.

Existe incertidumbre en la libre circulación de trabajadores en la Comunidad Europea cuando algunas enfermedades son consideradas EP en unos países y

no en otros. Ejemplo en este momento el nódulo de cuerda vocal en una teleoperadora es reconocido como enfermedad profesional en España, pero no en otros países de la Unión Europea.

3.8.2 Características del cuadro de EP valoradas como mejoras

Contempla dos vías de actualización:

- 1) A través del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales que requiere informe previo del Ministerio de Sanidad y Consumo y de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo.
- 2) A través de las enfermedades que sean incorporadas como EP a la lista Europea, siendo ésta vía cuasi automática.
 - Existen sentencias que no consideran el cuadro de EP como una lista cerrada en cuanto a las principales tareas o actividades capaces de producirla, por lo que esta lista no sería una lista exhaustiva y cabrían otras.
 - En el grupo de Enfermedades profesionales producidas por agentes físicos se han incorporado enfermedades provocadas por posturas forzadas y movimientos repetidos en el trabajo (síndrome de túnel carpiano de los soldadores, carpinteros, camareros, etc.), patologías oftalmológicas por exposición a radiaciones ultravioletas (soldadura de arco, vidrieros, etc.), enfermedades provocadas por el esfuerzo mantenido de la voz (nódulos vocales de cantantes, actores, teleoperadores, profesores, etc.). En este caso estamos ante lo que se puede considerar una mejora en la calificación de esta patología en la

lista española (anexo I) con respecto a la europea ya que esta figura en el Anexo II de la Recomendación de la Comisión Europea.

Visto lo anterior. El cuadro de EP, después de su modificación (RD 1299/2006), no ha resuelto que la gran mayoría de las enfermedades de origen laboral no estén reconocidas como enfermedades profesionales. Esta circunstancia es mucho más acuciante en el caso de los músicos profesionales, situándolos en clara desventaja respecto a otros colectivos profesionales puesto que se les excluye de que las dolencias que sufren a consecuencia del trabajo por cuenta ajena relacionados con el movimiento repetitivo o carga postural no serán reconocidas como EP puesto que se omite la actividad musical profesional en el cuadro.

3.8.3 Análisis centrado en el daño auditivo. El caso de la hipoacusia inducida por música laboral.

Las consideraciones de hipoacusia inducida por ruido laboral como enfermedad profesional tienen distintos matices en función de la normativa. Así. La lista de EP de la OIT la define como *“Deterioro de la audición producida por ruido”*, la Recomendación europea de 2003 *“Hipoacusia o sordera provocada por el ruido lacerante”*, el Real Decreto 1299/2006, de 10 de Noviembre *“Hipoacusia o sordera provocada por el ruido: Sordera profesional de tipo neurosensorial, frecuencias de 3 a 6 KHz, bilateral simétrica e irreversible”* siempre que sea en *“trabajos que exponen a ruidos continuos cuyo nivel sonoro diario equivalente (según legislación vigente) sea igual o superior a 80 decibelios A”*, seguido del listado de las actividades que puedan provocarlo, en las que nada se recoge respecto a músicos profesionales.

La razón por la que a los profesionales de la música no se tienen en cuenta como colectivo que presenta alta probabilidad de padecer hipoacusia inducida por ruido derivada de la actividad musical profesional, a la hora de acotar tanto la definición de hipoacusia inducida por ruido laboral como al tipo

de actividad, seguramente esté relacionada con el hecho de que cuando se actualiza el cuadro de EP con el RD 1299/2006, los músicos profesionales se encontraban en un limbo jurídico.

La justificación está en la demora de dos años que se establece en el RD 286/2006 del ruido, por cuanto no es de aplicación a los sectores de la música y el ocio hasta el año 2008 y el código de conducta con orientaciones prácticas no se publica en el INSHT hasta el 2011.

Esto hace que los profesionales de la música y en concreto los músicos de OS no se les considerara en la definición de hipoacusia laboral que se hace en la actualización del cuadro de EP.

Otra razón por la que ocurre esto se puede buscar en la adaptación que se hizo en el Estado español de la Recomendación europea 2003/670/CE ésta solo recoge la hipoacusia o sordera provocada por el ruido lacerante.

Sean estas u otras las razones, lo cierto es que la definición dada por el RD 1299/2006 de hipoacusia laboral no es afortunada para los músicos, y además es discriminatoria para éstos.

En primer lugar porque el RD 1299/2006 recoge que la hipoacusia debe ser bilateral simétrica. Este requisito en los músicos raramente se cumple, ya que normalmente en los violines o violas el oído izquierdo es el más afectado por el apoyo que tiene el instrumento al estar colocado sobre el hombro izquierdo sujetado con la mandíbula. En el caso de las flautas ocurre al contrario, siendo el oído derecho el más afectado. Además de presentarse la no asimetría entre los dos oídos puede ocurrir que la hipoacusia sea monoaural.

En la definición dada en la hipoacusia inducida por ruido laboral, existen resquicios por los que se escapa la calificación de enfermedad profesional para muchos músicos por no cumplirse el criterio de "simetría" en la hipoacusia.

Ni siquiera demostrando el nexo causal con el trabajo: Existencia de ruido, dosis recibida mediante la determinación del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) superior a 80 dBA y los requisitos de las audiometrías en las que se presentara escotoma en las frecuencias de 3 a 6 kHz, por el hecho de no presentarse la simetría en ambos oídos los músicos estarían excluidos en la calificación de enfermedad profesional, en una patología como es la hipoacusia profesional cuyo diagnóstico tiene un importante componente objetivo, es decir, el mayor peso en el diagnóstico de la enfermedad la tienen las pruebas complementarias que se realizan, las audiometrías.

No ocurre lo mismo con otras enfermedades que produce el ruido en los músicos y en los que su diagnóstico está basado en el conjunto de síntomas en que se manifiesta la enfermedad, es decir, tiene un fuerte componente subjetivo²¹, junto al criterio clínico del facultativo/a que trata la patología, y en el que, las pruebas objetivas de apoyo al diagnóstico, permanecen normales cuando se realizan.

Este es el caso de la “hiperacusia”²², que puede aparecer después de que el músico se haya expuesto a sonidos agudos y/o elevados de intensidad y donde la audiometría no presenta alteración alguna, necesitando para su diagnóstico pruebas específicas, que solo pueden ser realizadas por personal médico muy cualificado en esta dolencia y especialistas en otorrinolaringología.

Entre las pruebas que se realizan está el test de umbrales de discomfort auditivo (LDL- loud loudness level) y la medición del rango dinámico de la audición, entre otras.

²¹ Algunos síntomas o componente subjetivo son: Dolor, fatiga, vértigo, hipersensibilidad, picor, náuseas, mareos, sofoco, sensación de falta de aire, visión de túnel, visión borrosa, acúfenos, astenia, fatiga auditiva, somnolencia, escalofríos, ansiedad, otalgia por hipersensibilidad a sonidos, etc

²² Desde un punto de vista fisiológico consiste en que los sonidos habituales se convierten en altos o dolorosos y hasta intolerables para la persona que lo sufre. Una de las causas potenciales de producir hiperacusia al trauma acústico inducido por ruido, debutando, en estos casos la hiperacusia de manera súbita.

La dificultad que presenta la “hiperacusia”, para poder establecer la relación causal con el trabajo en orquestas cuando se presenta, está en primer lugar, en que se descarta la existencia de lesión orgánica objetiva y por tanto la patología no existe. Esto hace que cuando se solicita la contingencia profesional como accidente de trabajo, al no considerarse que existe lesión, se desestima dicha calificación y en el caso de enfermedad profesional cuando cronifica, se desestima puesto que no está recogida en el RD 1299/2006, obligando al músico a ir a los tribunales para conseguir la contingencia profesional. También en la “hiperacusia”, existen vacíos jurídicos y médicos por los que los músicos profesionales se ven desatendidos.

Pero la “hipoacusia” y la “hiperacusia” no son las únicas dolencias de los músicos de orquesta en relación al oído, presentan otros daños que de forma generalizada son invisibles a la relación causal con el trabajo, aunque necesite tratamiento específico con especialistas y éstos establezcan dicha relación, porque legalmente no existen en el cuadro de enfermedades profesionales ni se consideran accidentes de trabajo. Tal es el caso del Tinnitus o acúfenos²³, el reclutamiento, distorsión y la diploacusia.

En el caso de las hipoacusia inducida por ruido en los músicos de OS, las Mutuas hacen una interpretación restrictiva del cuadro de EP, buscando rendijas a través de los cuales poder eludir la declaración de EP en patologías sufridas por los músicos y no solo en las hipoacusias, sino también las relacionadas con el daño músculo esquelético, dejándolos fuera del vínculo causal con el trabajo dándole la calificación de enfermedad común.

En el mejor de los casos, las enfermedades profesionales que sufren los músicos quedan perdidas engrosando la estadística de los accidentes de trabajo, acogiéndose al Art 115.2.e (Las enfermedades, no incluidas en el artículo siguiente, que contraiga el trabajador con motivo de la realización de su

²³ Los acúfenos son pitidos o zumbidos en los oídos, en el reclutamiento se alcanza el umbral de dolor auditivo a menor intensidad que en sujetos normales, en la distorsión los sonidos se oyen con poca claridad y en la diploacusia se oye un mismo tono como diferente en cada oído.

trabajo, siempre que se pruebe que la enfermedad tuvo por causa exclusiva la ejecución del mismo).

El cuadro de EP queda hueco de contenido al orientarse hacia los accidentes de trabajo. Quizás arrastrando la inercia que llevaba a este objetivo puesto que hasta el 2006 las EP costaban a las mutuas un 25% más que los accidentes de trabajo.

3.9. Enfermedad relacionada con el trabajo Características Enfermedad relacionada con el trabajo

La OMS definió en 1985 el término de enfermedad relacionada con el trabajo como aquellos trastornos de salud en los que los riesgos laborales actúan como uno de los factores causales de forma significativa, junto con otros externos al trabajo o bien hereditarios.



Figura 3.9-1: Enfermedades relacionadas con el trabajo



Capítulo 4. Valoración evaluaciones higiénicas de ruido en distintas Orquestas Sinfónicas españolas

Capítulo 4. Valoración evaluaciones higiénicas de ruido en distintas Orquestas españolas

4.1. Medición orquesta “A”

- Medición realizada en Octubre de 2006.
- Se hace en referencia al RD 286/2006
- Pieza musical “Segunda de Schuman” y “Réquiem de Mozart” en días distintos del mismo mes.
- Se realiza la evaluación por zonas y una sola medición de la que se desconoce el tiempo.
- Disponen de pantallas de metacrilato que no son utilizadas
- Equipo de medición Sonómetro Casella Cell 450 tipo II.
- La fórmula utilizada es

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqt} + 10 \log \frac{T}{8}$$

- Los valores son los relativos a 5 horas de ensayo colectivo.
- No se explica la estrategia de medición elegida.
- No especifica el tiempo de medición de cuánto tiempo fue.
- No se considera el tiempo de exposición de trabajo individual recogido en Convenio Colectivo que es de 2 horas más diarias.
- Tres zonas superan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y dos zonas superan los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, para 5 horas de exposición diaria.

Puestos de trabajo objeto del estudio:

- Entre oboes y violas
- Entre fagots y trompetas

- Entre chelos y contrabajos
- Entre trompas y violines segundos
- Entre clarinetes y timbales

Equipo	Marca	Modelo	Nº serie
SON 015	CASELLA	CEL 450.B2/E-01	125860
CAL-007	BRUEL KJAER	BK-4231	2477812

Horario de trabajo: A fecha de esta medición, en el Convenio Colectivo está reflejado que deben trabajar 37,5 horas semanales. En el nuevo Convenio de los trabajadores de la empresa, estará reflejado que deberán realizar 35 horas de trabajo a la semana. Estas horas están repartidas entre:

- Servicios: Incluyen conciertos, ensayos generales con toda la orquesta. Los trabajadores deben realizar como máximo 32 servicios al mes.
- Ensayos personales en su propia casa. En este caso, el trabajador dispone de una serie de horas para realizar el aprendizaje de forma individual; y por tanto no ensaya con la orquesta.

Durante el día de la visita realizaron el siguiente horario: De 10 h a 13 h, con 25 minutos de descanso y de 17 h a 19:30 h con 15 minutos de descanso. Los trabajadores realizan como máximo 5,5 horas de ensayo con la orquesta al día (sin descontar los 40 minutos que disponen de descanso). Por consiguiente, el tiempo de exposición al ruido registrado en las diferentes mediciones corresponde a 5 hora respecto la jornada laboral del día de la visita.

$$LA_{eq,d} = LA_{eq,t} + 10 \log \frac{T}{8}$$

En la tabla siguiente están los datos de la pieza musical en la que se hacen las mediciones: “Segunda de Schuman”.

Los datos y fórmulas que se recogen en el análisis de las evaluaciones higiénicas que se han visto son copiadas literalmente como vienen en el documento de evaluación, de ahí que no se considere el redondeo.

Tabla 4.1-1: Nivel de exposición orquesta "A" en pieza musical Segunda de Schuman

Puesto de trabajo/zona	Tareas Ensayo	Tiempo exposición (h)	Nivel equivalente durante la medición ($L_{Aeq,t}$)	Nivel diario equivalente ($L_{Aeq,d}$)	L_{pico} dBC
Entre oboes y viola		5	88,2	86,1	117,4
Entre fagots y trompetas		5	90,8	88,8	126,1
Entre chelos y contrabajos		5	82,1	80	115,5
Entre trompas y violines segundos		5	82,1	80	116
Entre clarinetes y timbales		5	88,2	86,2	125,4

Pieza musical Réquiem de Mozart

Mediante la utilización de un sonómetro analizador de frecuencias se realizaron diferentes mediciones entre los diferentes puestos de trabajo de los músicos:

Violas y trompetas

- Contrabajos
- Violines segundos y fagots
- Violines primeros
- Fagots y timbales

Tabla 4.1-2: Nivel de exposición orquesta “A” en pieza musical Réquiem de Mozart

Puesto de trabajo/zona	Tareas Ensayo	Tiempo exposición (h)	Nivel equivalente durante la medición ($L_{Aeq,t}$)	Nivel diario equivalente ($L_{Aeq,d}$)	L_{pico} dBC
Entre violas y trompetas		5	87,1	85,1	116,2
Entre contrabajos		5	82,7	80,6	115,3
Entre violines segundos y fagots		5	82,1	80	115,3
Entre violines primeros		5	82,2	80,1	116,1
Entre fagots y timbales		5	82,5	80,5	117,4

4.2. Medición orquesta “B”

- Mediciones realizadas en Mayo, Noviembre y Diciembre de 2004.
- La referencia normativa se hace con el RD 1316/1986 de 27 Octubre.
- Las mediciones se realizan en sala sinfónica y salas individuales de ensayo.
- Pieza musical “Guía de orquesta para jóvenes” de Benjamín Britten, con 70 músicos, “sinfonía doméstica” de Richard Strauss, “Fontana de Roma” de Ottorino Respighi, estas últimas con 100 músicos.
- Se realiza la medición por zonas marcadas en la figura de la distribución espacial que tiene la orquesta de 1, 2 ó 3 mediciones de las tres obras enumeradas.
- La duración de las mediciones es de 1,20 h la primera obra y de 15 y 44 minutos las siguientes.

- Equipo de medición Sonómetro integrador Casella Cell 440 con nº de serie 50130, y dosímetros personales CEL 460 con distintos números de serie.
- La fórmula utilizada es la media logarítmica ponderada de las mediciones

$$L_{eq,d} = 10 \log \sum_i \frac{T_i}{T} 10^{0,1L_i}$$

siendo L_i el nivel de presión acústica equivalente en dBA correspondiente a cada tipo de ruido y

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqt} + 10 \log \frac{T}{8}$$

- Se trabaja 40 h semanales, 20 h de ensayo colectivo y 20 h individual. De martes a jueves de 10,30 h a 13,30 h y de viernes a domingo 2 h y cada 3 h se tiene estipulado descanso de 20 minutos.
- No se explica la estrategia de medición elegida.
- Los valores de exposición medidos son muy altos, siendo los más elevados los realizados en la sala de ensayo individual.
- Si se realiza la valoración de los resultados y se comprueba teniendo en cuenta los criterios del apéndice 5 de la Guía Técnica del Ruido, daría unos resultados a 4 horas solamente de exposición distintos a los recogidos en la valoración diaria. Si se considera la exposición a 8 h tampoco daría los resultados finales. Ejemplo la trompeta sería:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log (1/3(10^{0,1*93} + 10^{0,1*92} + 10^{0,1*102})) = 97 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d} = 97 + 10 \log(4/8) = 94 \text{ dBA para 4 h}$$

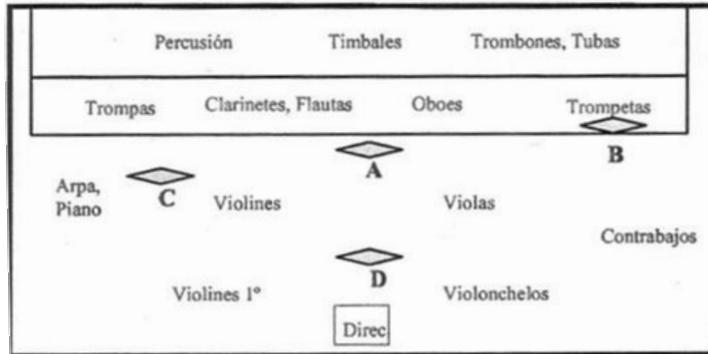


Figura 4.2-1: Distribución espacial instrumentos en la medición realizada

Tabla 4.2-1: Nivel de exposición orquesta “B” en pieza musical Guía de orquesta para jóvenes” de Benjamín Britten, sinfonía doméstica” de Richard Strauss y Fontana de Roma” de Ottorino Respighi,

Puesto evaluado	Orquesta				Sala ensayo		
	mediciones	L _{Aeq,t}	L _{pico}	Tiempo exposición h/día	L _{Aeq,t}	L _{pico}	L _{Aeq,d}
Trompeta	1	93,1	136,7	4	101,5	121	99,1
	2	92,4	125,2				99,1
	3	---	----				---
Fagots	1	93,6	124,5	4	-----	-----	---
	2	---	---				---
	3	----	---				---
Oboe	1	86,9	137,6	4	-----	-----	---
	2	----	---				---
	3	85,6	126				----
Trompas	1	84,8	138,2	4	121,6	143,5	118,6
	2	----	111,8				---
	3	89,4	143,3				118,6
Clarinetes	1	85,8	121,9	4	92,3	113,9	90,2
	2	---	---				---
	3	----	---				---
Viola	1	82,5	118,5	4	-----	-----	---
	2	---	---				---
	3	84,7	119,2				---
Violín	1	81,7	140,5	4	97,6	121,4	94,7
	2	89,8	143,3				95,3
	3	---	---				---
Timbales	1	84,5	132,5		103,6	133,2	100,6
	2	---	---	4			---
	3	100	132,9				102,2

Los números 1, 2, y 3 de la tabla corresponden a:

- 1 “Guía de orquesta para jóvenes” de Benjamín Britten
- 2 “sinfonía doméstica” de Richard Strauss
- 3 “,Fontana de Roma” de Ottorino Respighi,

4.3. Medición orquesta “C”

- Mediciones realizadas en Agosto de 2011.
- La referencia normativa se hace con el RD 286/2006.
- Las mediciones se realizan en salas de ensayo.
- Pieza musical “Las bodas de Fígaro” de Mozart.
- El tiempo de medición de 1 h y 20 minutos.
- Las mediciones se hacen con dosímetros personales con números de series, pero no consta la marca.
- Estrategia de medición muestreo con dosímetros por grupos homogéneos de instrumentos.
- La fórmula utilizada es:

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqt} + 10 \log \frac{T}{8}$$

- Los valores de exposición diario están por encima de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, y los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción. Así mismo sorprende que los $L_{Aeq,t}$ de la viola o violín se encuentre por debajo de los valores que se toman como referencia de valores medidos a violines y violas solos sin la carga orquestal de otros instrumentos vecinos, además de ser éstos instrumentos los que más tocan durante la obra.

Los músicos son personal artístico de la empresa. Su jornada laboral es de 37,5 horas semanales, de las cuales 26 se destinarán al trabajo de conjunto y las 11,5 restantes al estudio personal dentro o fuera de los locales de ensayo, sin horario fijo. La duración máxima de una sesión de trabajo será de 5 horas y la cantidad de horas trabajadas en un día no podrá exceder de 7.

La exposición al ruido es derivada de la propia actividad, pudiéndose identificar dos tareas: Ensayo conjunto y ensayo individual. La exposición potencial máxima de conjunto diaria corresponde a una sesión de trabajo de 5

horas, tiempo máximo diario que se toma como referencia en el estudio por ser la más desfavorable.

Tabla 4.3-1: Nivel de exposición orquesta "C" en pieza musical Las bodas de Figaro" de Mozart

Tareas	Tiempo exposición h/día	$L_{Aeq,t}$	L_{pico}	$L_{Aeq,d}$
Timbal	4,25	83,4	127,9	80,7
Oboe	4,25	89	119,6	86,3
Viola	4,25	80,1	113,2	77,4
Violín	4,25	81	113,6	78,3
Fagot	4,25	87,7	130,7	85
Violonchelo	4,25	84,9	117	82,2
Trompa	4,25	88	125,9	85,3
Flauta	4,25	89,7	132,9	87
Trompeta	4,25	83,7	123,5	81

4.4. Medición orquesta "D"

- Fecha de medición Junio de 2007.
- La obra "Concerto per pianoforte e orchestra" de Mozart.
- Normativa de referencia RD 1386/89. Este Real Decreto estaba derogado a fecha de esta medición.
- Las mediciones se realizan mientras se realiza la grabación de la obra indicada.
- No se especifica el tiempo de medición.

- No se especifica los valores de los $L_{Aeq,t}$, solamente los valores de exposición diaria para 4 horas, por lo que no es posible determinar las fórmulas que se han aplicado.
- Las mediciones se hacen con dosímetros personales con números de series, pero no consta la marca.
- Estrategia de medición por muestreo con dosímetros por distintas zonas grupos homogéneos de instrumentos.

El horario de trabajo en los ensayos es de lunes a viernes de 10 h a 13 h o 14 h, o de 17 h a 20 h y en las actuaciones es variable según programación establecida (tarde en fines de semana y festivos), siendo generalmente de 21 h a 23 h. La duración habitual de un concierto es de unas dos horas aproximadamente, con descansos, pudiendo realizar actuaciones de superior duración como por ejemplo en óperas. Se suelen hacer ensayos de tres o cuatro horas con descansos de 20 minutos con secuencias del tipo:

Ensayo de 3 h: 1 h y 20 minutos de ensayo, 20 minutos de descanso, 1 h y 20 minutos de ensayo.

Ensayo de 4 h, 1 h y 10 minutos de ensayo, 20 minutos de descanso, 1 h y 10 minutos de ensayo, 20 minutos de descanso y 1 h y 10 minutos de ensayo.

Las mediciones se realizaron durante la grabación de un concierto, con paradas continuadas, a petición del director de orquesta.

El número de instrumentos que participaban cuando se realizaron las mediciones eran: 14 violines primeros, 12 violines segundos, 10 violas, 8 violonchelos (durante el ensayo y grabación no estuvieron presentes durante toda la grabación a petición del director de orquesta), 6 contrabajos, trompetas, trombones, tubas, flautín, flauta, oboe, clarinetes, piano y arpa e instrumentos de percusión.

Tabla 4.4-1: Nivel de exposición orquesta “D” en pieza musical “Concerto per pianoforte e orchestra” de Mozart 2007

Instrumento	Tiempo exposición	$L_{Aeq,t}$	L_{pico}
Contrabajos	4	78,8	113,1
Trompeta, tuba, trombón, metales	4	88,8	127,1
Trompas, oboe, madera	4	87,1	136,0
Flautín, flauta, viento madera	4	85,2	119,4
Violines	4	78,8	112,9
Violonchelos, violas	4	78,2	127,3

- Las zonas, áreas de medición y de distribución de equipos (dosímetros):
- Dosímetro 1 (nº de serie: 3/046392), lateral derecho: zona de contrabajos.
- Dosímetro 2 (nº de serie: 3/066622), lateral derecho zona superior: trompetas, trombones y tubas.
- Dosímetro 3 (nº de serie: 3/046251), zona central: trompas, fagots, contrafagot, oboe.
- Dosímetro 4 (nº de serie: 3/036207) lateral izquierdo, central: flautín, flauta, arpa.
- Dosímetro 5 (nº de sere 3121184) lateral izquierdo: violines.
- Dosímetro 6 (nº de serie: 3/006633) lateral derecho: Viola y violonchelos.

4.5. Medición orquesta “D 1”

- Mediciones realizadas en dos días distintos en Febrero de 2015
- No viene especificada la obra que se ha medido
- El horario de trabajo es de 4 h de ensayo colectivo y dos horas de concierto en el fin de semana (sábado y domingo).
- Se utilizan dosímetros Casella modelo CEL-352
- Normativa de referencia RD 286/2006
- Las mediciones se realizan mientras se realiza un ensayo colectivo
- No se especifica el tiempo de medición
- Viene especificada la estrategia de medición
- Las mediciones se realizan en distintas zonas y los valores de exposición diarias se concretan en un solo valor para todos los músicos, sin hacer la segregación por instrumentos distintos o zonas homogéneas.
- Calcula la equivalencia de dosis para una hora solamente en vez de hacerlo como mínimo para 4 h.

Las mediciones se hacen en puestos de trabajo con exposición a diversos niveles de presión sonora según diversos ciclos de trabajo.

Medición de los distintos ciclos de trabajo = L_{Aeq,T_i}

Estimación del tiempo total diario para cada tipo de ciclo de trabajo = T_i

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(A_{eq,d})^i} = 10 \lg \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i 10^{0,1 \cdot L_{Aeq} T_i}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,di}} = 10 \lg \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i 10^{0,1 \cdot L_{Aeq} T_i}$$

Tabla 4.5-1: Nivel de exposición orquesta "D" año 2015

Puesto y subtareas	$L_{Aeq,Ti}$	Tiempo exposición h/día	Nivel de pico	$L_{Aeq,d}$
Profesor de orquesta (día 4 de Noviembre)				91,3
Med 1 fondo de orquesta	97,6	1	127,1	
Med 2 fondo de orquesta	91,3	1	125,9	
Med 3 fondo de orquesta	92,1	1	127,3	
Med 4 mitad orquesta	90,5	1	120,2	
Med 5 mitad orquesta	88,4	1	120,7	
Med 6 mitad orquesta	81,4	1	120,3	
Descanso y preparación	65,5	2	95,8	
Profesor de orquesta (día 5 de Noviembre)				84,7
Med 1 fondo de orquesta	87,3	1	120,4	
Med 2 fondo de orquesta	82,5	1	116,6	
Med 3 fondo de orquesta	84,4	1	124,5	
Med 4 mitad orquesta	88,5	1	114,2	
Med 5 mitad orquesta	85,9	1	113,9	
Med 6 mitad orquesta	84,1	1	118,9	
Descanso y preparación	69,1	2	95,9	

4.6. Medición orquesta “D 2”

Las mediciones se realizaron los días 14/02/2013, 20/02/2013, 26/02/2013, 05/06/2013.

El equipo utilizado es un sonómetro Bruel & Kjaer de precisión modelo 2240 y nº de serie 340843. Para su calibración se ha utilizado un calibrador acústico CASELLA CEL- 282 y nº de serie 3/02326189, a 94 dB con una frecuencia de 1 kHz. El sonómetro es de características integrador promediador.

Las mediciones se hacen en puestos de trabajo con exposición a diversos niveles de presión sonora según diversos ciclos de trabajo.

Medición de los distintos ciclos de trabajo = $L_{Aeq,Ti}$

Estimación del tiempo total diario para cada tipo de ciclo de trabajo = T_i

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(A_{eq,d})^i} = 10 \lg \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i 10^{0,1 * L_{Aeq,Ti}}$$

Tabla 4.6-1: Nivel de exposición orquesta “D” año 2013

Mediciones en puestos de trabajo con exposición a diversos niveles de presión sonora según diversos ciclos de trabajo				
Puesto y subtareas	$L_{Aeq,Ti}$	Tiempo exposición h/día	Nivel de pico	$L_{Aeq,d}$
Músicos				82,3
Función “El barbero de Sevilla	83,5	1	117,1	
Ensayo	82,8	1	117,7	
Auditorio	83,4	1	129,8	
Función “Otelo”	88,6	1	124,8	

4.7. Medición orquesta “E”

- Fecha de medición 18 de Noviembre de 2014
- Normativa referencia RD 286/2006
- Equipos utilizados: DOS- 1381122, DOS- 1381123 entre otros.
- Para el cálculo de resultados se usan las fórmulas prescritas en el Anexo I del RD 286/2006. Siendo las siguientes: Media logarítmica ponderada de las mediciones

$$L_{aeqd} = 10 \log \sum \frac{T_i}{T} 10^{0,1 L_i}$$

- siendo L_i el nivel de presión acústica equivalente en dBA correspondiente a cada tipo de ruido y

$$L_{Aeqd} = L_{Aeqt} + 10 \log \frac{T}{8}$$

- No viene especificado el $L_{Aeq,d}$ para el tiempo de ensayo conjunto ni individual.
- Se realiza una medición de 10 a 14 h, con dos descansos. Se encienden los equipos con 15 minutos antes del comienzo del ensayo ya que el personal se encuentra probando los instrumentos antes del comienzo del ensayo.
- En el descanso que se efectúa a las 12,50 h, finalizan los vientos, no incorporándose al ensayo después del mismo, quedando sólo las cuerdas.
- Las obras ensayadas han sido: Dvorak Symphony, Martinu Concierto (Orquesta sola), Elgar (orquesta sola). Finaliza el ensayo a las 14
- El pico de 143,50 en el puesto de contrabajo es puntual y debido a un grito de uno de los concertistas.

Tabla 4.7-1: Nivel de exposición orquesta “E” Dvorak Symphony, Martinu Concierto (Orquesta sola), Elgar (orquesta sola).

Puesto o lugar de trabajo	$L_{Aeq,Ti}$	Tiempo exposición h/día	Nivel pico de	Observaciones
Timbal	91,10	3,20	134,90	Finalizan a las 13 h
Trompeta	90,80	3,20	127,80	Finalizan a las 13 h
Fagots	90,50	3,20	125,10	Finalizan a las 13 h
Flauta	94,10	3,20	124,30	Finalizan a las 13h
Viola 1	82,30	4,10	124,10	Finalizan a las 14 h
Viola 2	83	4,10	117,80	Finalizan a las 14h
Contrabajo	82,50	4,10	143,60	Finalizan a las 14h
Violín	83,40		117,10	
Violonchelo	85,30	4,10	125,80	Finalizan a las 14h

4.8. Conclusiones apartado de valoraciones

En el marco del análisis y valoración de evaluaciones higiénicas de ruido que se ha abordado en el apartado anterior, se ha visualizado la falta de un criterio estándar común a la hora de realizar las mediciones higiénicas de ruido en una orquesta sinfónica. Las razones son varias, siendo las más relevantes:

La consideración heterogénea de los tiempos de trabajo. Así en la dosis diaria nunca se tiene en cuenta el trabajo de estudio individual de cada instrumentista en su totalidad y solo una medición considera 1 h en este aspecto. Otras mediciones se alejan bastante de los tiempos reales llevando la dosis equivalente a 1 h diaria de ensayo colectivo que se aleja bastante de los tiempos reales. En cualquier caso aun considerando tiempos muy inferiores a los niveles reales de exposición, los niveles equivalentes dados se encuentran por encima de los valores inferiores y superiores de exposición que dan lugar a una acción.

En las mediciones realizadas no se ha previsto que el número, la duración y el momento de realización de las mediciones deben elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el RD 286/2006. Las obras medidas son repertorios considerados como muy poco ruidosos. No se ha medido ninguna ópera en donde la mayoría son de 5 horas aproximadamente y el día de representación hay ensayo colectivo por la mañana con toda la orquesta.

De forma sistemática ninguna medición especifica la estrategia de medición elegida. Esto es importante por cuanto la necesidad de obtener una exactitud razonable en los resultados de las mediciones hace que éstas deban organizarse de forma distinta según cuales sean las condiciones del trabajo. Así, si el trabajo se realiza en un puesto fijo y sus características son relativamente estables en relación con el ruido generado, la estrategia de medición será distinta de la empleada en el caso en el que el trabajador se desplace a distintas ubicaciones y en cada una de ellas se registren niveles de ruido distintos.

Los dosímetros se han utilizado como muestreadores, ya que estos no fueron portados por los músicos durante toda su jornada laboral que incluye los ensayos individuales. Pero en general, aunque las mediciones se efectúen con dosímetros personales, es conveniente obtener, con un sonómetro integrador, referencias del nivel de ruido existente en las diferentes situaciones que

pueden darse, incluidos los valores de pico. Esto permite comprobar si los resultados son coherentes y el nivel de exposición por zonas homogéneas de riesgo en función del tipo de familia de instrumentos.

Para entender el significado de las mediciones de ruido es esencial conocer algunas cuestiones básicas de esta escala:

Decibelios + 3 = Intensidad x 2

Cada vez que aumenta o disminuye el ruido en 3 dB, la intensidad del ruido se multiplica o divide por 2. Así, 83 dB no es «casi lo mismo» que el límite de seguridad, que son 80 dBA, sino que es exactamente el doble.

Medidas que consigan reducir el ruido en 3 dB, en realidad han conseguido que la exposición sea la mitad de la existente.

También, para dos fuentes sonoras iguales emitiendo a la vez, por ejemplo a 85 dBA cada una, el sonido resultante sería de una intensidad de 88 dBA (85 + 3), y en general: 2 fuentes = 1 fuente + 3 dB, 200 fuentes = 100 fuentes + 3 dB. Es decir, **si el nivel sonoro se incrementa en 3 dBA, la duración debería reducirse a la mitad para mantener el mismo nivel de exposición.**

Así, según se fije el límite máximo de ruido se podrá calcular cuál es el tiempo máximo a que se puede estar expuesto en los diferentes niveles.

En la tabla siguiente se visualiza la correspondencia entre el nivel de ruido y la duración máxima de exposición, a fin de respetar el valor inferior de exposición recogida en el RD 286/2006 (en ausencia de toda exposición al ruido fuera de la duración específica de la jornada).

Tabla 4.8-1: Correspondencia entre el nivel de ruido y la duración máxima de exposición en referencia al nivel inferior de exposición que da lugar a una acción

Nivel sonoro de dBA	Duración de exposición (h)
80	8 h
83	4
86	2
89	1
92	30 minutos
95	15 minutos
98	7,5 minutos

En el caso de considerar la referencia del nivel superior de exposición que da lugar a una acción sería:

Tabla 4.8-2: Correspondencia entre el nivel de ruido y la duración máxima de exposición en referencia al nivel inferior de exposición que da lugar a una acción

Nivel sonoro de dBA	Duración de exposición (h)
85	8 h
88	4
91	2
94	1
97	30 minutos
100	15 minutos
103	7,5 minutos

Esto es interesante a la hora de establecer medidas preventivas en donde el factor tiempo sea uno de los parámetros a considerar para bajar la dosis diaria a un nivel aceptable de riesgo, entre otras medidas técnicas u organizativas que se abordan en el apartado de medidas correctoras y preventivas.

Para hacer una estimación ligera del nivel de exposición al ruido es oportuno conocer un método simplificado que establece la equivalencia entre el tiempo y nivel de exposición. Este método está recogido en la Norma UNE-EN ISO 9612:2009 (Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería).

Esta Norma ha sido de referencia al determinar las tres estrategias de medición de ruido recogidas en la Guía Técnica del Ruido del INSHT, en el apéndice 5, si bien la ISO referenciada en dicho apéndice es del año 1997 y especifica que en el momento de redactar la Guía del Ruido, está en periodo de revisión para adaptar su contenido a los criterios establecidos en el documento “GUM. Guide to the expression of uncertainty in the measurements. ISO, 1995”, aceptado internacionalmente como referencia en el cálculo de la incertidumbre de los resultados de las mediciones.

A falta de la publicación de la norma revisada, este Apéndice se basa en el NORDTEST METHOD NT Accou 115 (2005) Measurements of occupational noise exposure of workers: Part II: Engineering Method y en el documento ISO/TC 43/SC 1 N1649 que estaba previsto que se convirtiera en la nueva versión de la ISO 9612 en el momento de la publicación de la Guía Técnica del ruido.

4.8.2 Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición²⁴.

Corresponde con un trabajo de dos fases de exposición distintas:

Fase 1: 80 dBA durante 6 h

Fase2: 90 dBA durante 1 h

²⁴ Encontrado en el libro “Evaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit” del Inés (Institut National de Recherche et de Sécurité). Equivalente al INSHT del Estado Español.

Para calcular los puntos de exposición en la fase 1 se combinan los tiempos conjuntos de la tabla correspondiente a las 6 h.

En una línea determinada todas las sumas y restas son posibles. En el ejemplo se considera que $6h = 4 h + 2 h$ y su equivalencia en puntos está indicado en la tabla si $16 + 8 = 24$ puntos. De igual forma la fase 2 contribuye con 24 puntos.

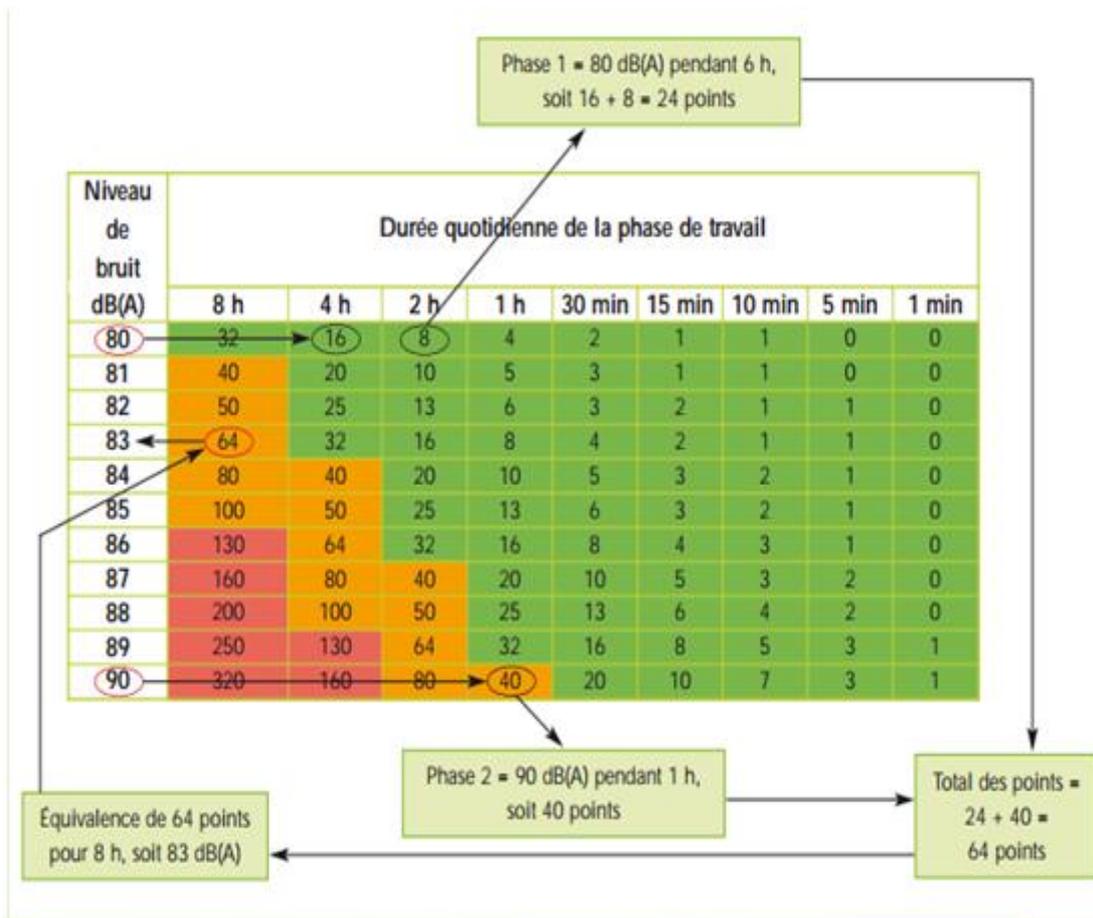


Figure 14. Illustration de l'utilisation du tableau des « points d'exposition » (voir chapitre 2.5) pour combiner deux phases d'exposition. Phase 1: 6 heures à 80 dB(A). Phase 2: 1 heure à 90 dB(A).

Figura 4.8-1: Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición

Tabla 4.8-3: Ejemplo de utilización de tabla de puntos de exposición

Niveau de bruit dB(A)	Durée quotidienne de la phase de travail								
	8 h	4 h	2 h	1 h	30 min	15 min	10 min	5 min	1 min
75	10	5	3	1	1	0	0	0	0
76	13	6	3	2	1	0	0	0	0
77	16	8	4	2	1	1	0	0	0
78	20	10	5	3	1	1	0	0	0
79	25	13	6	3	2	1	1	0	0
80	32	16	8	4	2	1	1	0	0
81	40	20	10	5	3	1	1	0	0
82	50	25	13	6	3	2	1	1	0
83	64	32	16	8	4	2	1	1	0
84	80	40	20	10	5	3	2	1	0
85	100	50	25	13	6	3	2	1	0
86	130	64	32	16	8	4	3	1	0
87	160	80	40	20	10	5	3	2	0
88	200	100	50	25	13	6	4	2	0
89	250	130	64	32	16	8	5	3	1
90	320	160	80	40	20	10	7	3	1
91	400	200	100	50	25	13	8	4	1
92	510	250	130	64	32	16	11	5	1
93	640	320	160	80	40	20	13	7	1
94	800	400	200	100	50	25	17	8	2
95	1000	510	250	130	60	32	21	11	2
96	1300	640	320	160	80	40	27	13	3
97	1600	800	400	200	100	50	33	17	3
98	2000	1000	510	250	130	60	40	21	4
99	2500	1300	640	320	160	80	50	27	5
100	3200	1600	800	400	200	100	70	33	7
101	4000	2000	1000	500	250	130	80	40	8
102	5100	2500	1300	630	320	160	110	50	11
103	6400	3200	1600	800	400	200	130	70	13
104	8000	4000	2000	1000	500	250	170	80	17
105	10000	5100	2500	1300	630	320	210	110	21
106	13000	6400	3200	1600	800	400	270	130	27
107	16000	8000	4000	2000	1000	500	330	170	33
108	20000	10000	5000	2500	1300	630	420	210	40
109	25000	13000	6400	3200	1600	790	530	270	50
110	32000	16000	8000	4000	2000	1000	670	330	70
111	40000	20000	10000	5000	2500	1300	840	420	80
112	51000	25000	13000	6300	3200	1600	1100	530	110
113	64000	32000	16000	8000	4000	2000	1300	670	130
114	80000	40000	20000	10000	5000	2500	1700	840	170
115	100000	51000	25000	13000	6300	3200	2100	1100	210
116	125000	64000	32000	16000	8000	4000	2700	1300	270
117	160000	80000	40000	20000	10000	5000	3300	1700	330
118	200000	100000	50000	25000	13000	6300	4200	2100	420
119	255000	125000	64000	32000	16000	8000	5300	2600	530
120	320000	160000	80000	40000	20000	10000	6700	3300	670

Capítulo 5: Desarrollo modelo propuesto.

Estrategia de medición

Capítulo 5. : Desarrollo modelo propuesto. Estrategia de medición

5.1. Estrategia de medición propuesto en Orquestas Sinfónicas

5.1.1 Introducción

En este capítulo se exponen los aspectos y requisitos que deben tenerse en cuenta para realizar una adecuada estrategia de medición. El objeto es poder tener una estimación cercana al nivel de exposición al ruido que tienen los músicos profesionales que realizan su actividad en OS, con peculiaridades y condicionamientos específicos de trabajo.

En general la información recabada debería detallar lo concerniente a los factores que pueden influir en el nivel de ruido y a su variación en el tiempo y el espacio. Para ello incluirá:

- Las diferentes operaciones que se llevan a cabo durante la jornada,
- Las fuentes de ruido existentes,
- La distribución del ruido por zonas de trabajo,
- El trabajo habitual y los episodios de ruido significativos.

La información debe posibilitar que el técnico/a, una vez realizadas las mediciones, sea capaz de reconocer los valores obtenidos al identificar las causas que los motivaron.

Cobra por tanto especial significado la elección de la estrategia de medición adecuada a cada caso teniendo en cuenta varios factores:

- Cuál es el objetivo de la medición
- La complejidad de la situación de trabajo
- El número de trabajadores implicado

- La duración efectiva de la jornada laboral
- El tiempo y la dificultad para realizar las mediciones
- Cuál es la cantidad de información detallada que se requiere para la toma de decisiones.

Las estrategias de medición elegibles son tres y se recogen en el Apéndice 5 de la Guía Técnica del Ruido.

El documento de referencia para la elección de la estrategia de medición es la UNE-EN ISO 9612: 2009 que es la Norma que en el momento en que se publica la Guía del ruido está en revisión y se tiene la versión de 1997.

La Norma UNE-EN ISO 9612: 2009 especifica un método de medición de ruido teniendo como soporte tres estrategias de medición de la exposición al ruido laboral y se orienta a los efectos auditivos y exclusivamente en relación a las hipoacusias.

5.1.2 Objetivos de la estrategia de medición.

5.1.3 La estrategia de medición que se expone y los aspectos recogidos en la estrategia de medición que se presenta tienen tres objetivos:

1. En primer lugar dar respuesta al cumplimiento legal de evaluación de riesgos como instrumento de gestión y aplicación del plan de prevención y una adecuada planificación preventiva (artículo 16 de la Ley 35/1995 de 8 de Noviembre y el artículo 2 del RD 39/1997, de 17 de Enero).
2. Segundo ser una herramienta útil para los técnicos de prevención que deban hacer mediciones higiénicas de ruido en orquestas cumpliendo los requisitos que establece la Guía Técnica que facilita la aplicación del RD 286/2006

3. Tercero, unificar los criterios técnicos de medición, por cuanto de ello depende una valoración justa de la exposición de los profesionales de orquesta al ruido que con una probabilidad no descartable producen daño auditivo, concretamente hipoacusias así como consecuencias posteriores en el ámbito del derecho laboral que se pudieran derivar al respecto.

En cumplimiento del rigor técnico/ legal la estrategia de medición supone:

- La planificación de las mediciones en lo que respecta al tiempo de duración.
- La elección de la jornada o jornadas de medición.
- Los periodos de la jornada que se desea medir.
- Los músicos sobre los que se van a realizar dichas mediciones.
- Los instrumentos de medida que se van a utilizar.

Cada estrategia de medición es una herramienta de cálculo del nivel de exposición sonora que permite estimar la exposición al ruido en función de dos características de trabajo que se especifican: Movilidad del puesto y complejidad de la tarea. En función de estos dos parámetros se pueden diferenciar tres estrategias de medición:

- Las mediciones basadas en la operación o la tarea.
- Las mediciones basadas en el trabajo o muestreo.
- Las mediciones de jornada completa.

Tabla 5.1-1: Estrategias de medición

Características del trabajo		Tipo de estrategia de medición		
Movilidad del puesto	Complejidad de la tarea	Mediciones basadas en la operación	Mediciones basadas en el trabajo	Mediciones de la jornada completa
Fijo	Sencilla o una sola operación	Recomendada		
Fijo	Compleja o con muchas operaciones	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo definido o con pocas operaciones	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Trabajo definido con muchas operaciones o con un patrón de trabajo complejo	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo impredecible		Aplicable	Recomendada
Fijo o móvil	Compuesta de muchas operaciones cuyo tiempo de duración es impredecible		Recomendada	Aplicable
Fijo o móvil	Sin operaciones asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir		Recomendada	Aplicable

En el caso de los profesionales de OS, la estrategia elegida sería la reseñada en la tabla por cuanto no siempre ensayan en el mismo espacio (escenario, foso, sala de ensayo, cabinas de ensayo, instalaciones auxiliares y

domicilio de los propios músicos), también realizan desplazamientos colectivos a otras ciudades o a otros espacios que pueden ser abiertos o cerrados. Las tareas son muy especializadas pero es siempre la misma operación (tocar un instrumento musical), por lo que la estrategia de medición recomendada es la basada en la operación.

5.1.4 Mediciones basadas en la operación o la tarea.

La jornada de trabajo se divide en operaciones o tareas. Dentro de cada operación el trabajo que se realiza debe ser similar y el nivel equivalente, $L_{Aeq,T}$ correspondiente debe ser repetible, representativo de ella y debe conocerse la duración de la operación.

Esta estrategia es muy útil para trabajadores o grupos de trabajo homogéneos (grupos de trabajadores que están desempeñando la misma función laboral durante la jornada diaria). En la evaluación se tiene en cuenta la duración total de la jornada incluidas las pausas.

La duración de las tareas u operaciones es especialmente importante para aquellas fuentes de ruido con niveles de ruido elevados.

Si en una operación el ruido fluctúa de forma aleatoria, el tiempo de medición debe ser el suficiente para que el resultado sea representativo del ruido existente durante la operación.

Esta estrategia está enfocada a las tareas que producen una importante exposición al ruido.

Las características de la medición basada en la tarea son las siguientes:

- La medición basada en la tarea es especialmente útil cuando el trabajo se puede dividir en tareas bien definidas, con condiciones de ruido claramente diferenciables durante las que se pueden realizar las mediciones. Sin embargo, conviene garantizar que todas las contribuciones al ruido importantes, están incluidas en el periodo de medición, lo que requiere un conocimiento de todos los sucesos acústicos de corta duración y de fuerte intensidad durante la jornada laboral.
- Se basa en un análisis detallado del trabajo para comprender todas las tareas. Además requiere de una validación de las mediciones. Esto permite realizar un número menor de mediciones para las tareas que producen una pequeña variación en el nivel de ruido.
- Proporcionan información sobre la contribución de las distintas tareas a la exposición al ruido diario. Esto es ventajoso si el objetivo de las mediciones es el de determinar las prioridades para un control del ruido.
- Ofrece la posibilidad de calcular la exposición al ruido para jornadas laborales diferentes de la jornada de medición en lo referente a la distribución y duración de las tareas.
- Reduce el esfuerzo de medición comparado con otros métodos de medición. El uso de esta estrategia de medición permite acortar los tiempos de medición cuando grupos de trabajadores importantes están realizando actividades similares en entornos acústicos similares.
- Empleando esta estrategia de medición, las mediciones se pueden controlar con mayor facilidad.

Sea cual sea el tipo de ruido, la medición debería repetirse tres veces para cada operación. Si los resultados de una misma operación difieren 3 dB o más, se optará por una de las siguientes acciones:

- Subdividir la operación en otras operaciones y medir.

- Realizar otras tres mediciones como mínimo para la operación en cuestión.
- Realizar una nueva serie de mediciones alargando el tiempo de cada una de ellas hasta que la diferencia sea inferior a 3 dB.

En las OS, los músicos tienen una jornada laboral de 37,5 horas semanales, de las cuales 26 son de trabajo conjunto y 11,5 de trabajo individual, que se realiza sin horario fijo, tanto en cabinas de ensayo de la empresa como en domicilio particular, u otros lugares.

La duración máxima de una sesión de trabajo es de 5 horas y la cantidad de horas trabajadas en un día no podrá exceder de 7.

La exposición potencial máxima de cómputo diario se realiza para una sesión de 5 horas. Las 2,5 h de trabajo individual se estiman con los valores establecidos para cada instrumento.

Los descansos en los Servicios se estructuran de la siguiente forma:

- Servicios de 2 h, un descanso de 15 minutos
- Servicios de 3 h, un descanso de 25 minutos
- Servicios de 4 h, un descanso de 25 minutos y otro de 15
- Servicios de 5 h, un descanso de 25 minutos y otro de 20

En algunas orquestas viene especificado que no se podrá trabajar más de una hora y media continuada.

El ruido en las OS, tiene la característica de ser aleatorio, por lo que la duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga para garantizar que el LAeq,T sea representativo de cada operación.

En las mediciones de ruido en los ensayos ocurre que no se pueden realizar tres mediciones iguales, en la medida en que el director de orquesta repite

distintos tramos del repertorio no siendo coincidentes. De esta forma no se puede considerar mediciones de la misma tarea, más bien tareas distintas.

Solo sería posible en mediciones de ensayos generales y midiendo justo el tiempo de cada movimiento. Esta tarea sería ardua y quitaría el valor de optar por la estrategia de medición basada en la tarea, a favor de medir con dosímetros personales.

La estrategia de medición basada en la tarea es la mejor opción siempre y cuando la relación eficacia- eficiencia sea la óptima

El valor del nivel equivalente de presión sonora de cada operación viene dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] dBA$$

En donde: $L_{Aeq,T,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m, $L_{Aeq,T,m,n}$ es el resultado de cada una de las mediciones de dicha operación y N es el número de mediciones.

La contribución de cada operación al nivel equivalente diario es la siguiente:

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] dBA$$

En donde $L_{Aeq,d,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m y T_m es el valor medio de la duración de dicha operación. El nivel equivalente diario se puede calcular de dos formas a partir de las operaciones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] dBA$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

En cualquier caso las mediciones:

- Deben de cubrir las valoraciones del nivel de ruido en el seno de cada tarea, en el tiempo, espacio y en las condiciones de trabajo habituales.
- El técnico/a encargado de realizar la medición debe garantizar que la situación de trabajo, durante el periodo de medición es representativa de la jornada laboral.
- Para cada tarea/operación se deben garantizar al menos 3 mediciones, para así cubrir la variación real del nivel de ruido, recomendándose que estas mediciones se realicen en diferentes momentos o diferentes trabajadores de un mismo grupo.
- La duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga como para representar el nivel de presión sonora continuo equivalente medio para la tarea real.

5.1.5 Mediciones basadas en el muestreo durante el trabajo.

En este tipo de estrategia, se trata de tomar aleatoriamente muestras durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración.

Los aspectos relevantes de este tipo de medición son:

- Las mediciones basadas en la función²⁵ o muestreo son muy útiles cuando el contenido del trabajo y las tareas más importantes y significativas son difíciles de describir o cuando no se requiere o no es práctico realizar un análisis del trabajo detallado. No se recomienda utilizar este método de medida si lo que se pretende medir consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.
- Esta estrategia de medición, puede llevar mucho tiempo debido al tiempo de medición que se requiere. En cambio produce una incertidumbre de medición menor en el resultado obtenido.
- Como en el caso de las mediciones basadas en la tarea, se debería prestar especial atención en garantizar que las principales contribuciones al ruido están incluidas en el período de medición.
- Las mediciones basadas en la función no proporcionan toda la información acerca de la contribución relativa a la exposición diaria al ruido de las diferentes tareas que constituyen la función, dado que no tienen en cuenta las tareas realizadas en el seno de la función definida.
- Si la situación del trabajo es simple, esta estrategia de medición puede requerir de una duración de medición más larga que la estrategia basada en la tarea.
- El muestreo puede llevarse a cabo en un grupo homogéneo de exposición.
- Se selecciona la duración acumulada mínima de las mediciones.
- Se elige el número de mediciones (como mínimo 5) y se decide la duración de cada muestra.
- Hay que asegurar que las muestras se distribuyen aleatoriamente tanto entre los trabajadores del grupo homogéneo, como a lo largo de la jornada de trabajo.

²⁵ Al conjunto de tareas realizadas por un trabajador a lo largo de la jornada se le puede denominar función, por lo que en ocasiones, a la estrategia de medición por muestreo también se la conoce como “estrategia de medición basada en la función”

El cálculo del nivel equivalente, durante la exposición de la jornada, asignable a los trabajadores del grupo homogéneo de exposición es:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{L_{Aeq,T,n}/10} \right] \text{ dBA}$$

Donde $L_{Aeq,T,n}$ es el nivel equivalente obtenido de la muestra n y N es el número de muestras tomadas.

Por último, el nivel equivalente diario de los trabajadores es:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left[\frac{T}{8} \right] \text{ dBA}$$

Donde T es el tiempo de exposición durante la jornada.

5.1.6 Mediciones de la jornada completa

Este tipo de medición supone cubrir la totalidad del tiempo de trabajo de la jornada, incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos. Lo más práctico es, en estos casos, utilizar dosímetros personales.

Cuando no es posible que las mediciones se extiendan a la totalidad de la jornada, deben cubrir lo máximo posible e incluir los periodos más significativos de ruido. El valor que se obtiene es la media de lo que ha ocurrido,

La medición de una jornada completa es más útil cuando el tipo de trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir. Sin embargo, requiere incluso menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo. Por otra parte, si la situación de trabajo es sencilla, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que cualquiera de las otras.

Se recomienda la medición de una jornada completa cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo. También es posible utilizar esta estrategia para cualquier modelo de exposición al ruido, especialmente donde no sea necesario o no se desee realizar un análisis de trabajo detallado.

Inicialmente se realizan mediciones sobre tres jornadas completas, tomadas sobre grupos homogéneos de exposición. La media de las tres jornadas se toma como el LAeq,d. Si los resultados difieren 3 dB o más, se deberá medir sobre una jornada adicional.

Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles pico, están fijados por el Real Decreto 286/2006 en:

- Valores límite de exposición:
- LAeq,d = 87 dB(A) y Lpico = 140 dB(C)
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:
- LAeq,d = 85 dB(A) y Lpico = 137 dB(C)
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:
- LAeq,d = 80 dB(A) y Lpico = 135 dB(C).

El valor que se obtiene finalmente, redondeando decimales al valor entero más próximo, debe servir de base para la comparación con los valores anteriores establecidos en el RD 286/2006.

En función de donde se encuentren los valores medidos, las obligaciones por parte del empresario en relación a vigilancia de la salud y cronograma de nuevas evaluaciones higiénicas serán distintas y se recogen en la siguiente tabla de forma resumida:

Tabla 5.1-2: Obligaciones empresariales en función del nivel diario equivalente y pico

	Nivel diario equivalente $L_{Aeq,d}$ y pico L_{pico}		
Medidas a adoptar	Valores inferiores de exposición	Valores superiores de exposición	Valores límite de exposición
	$L_{Aeq,d} \geq 80$ dBA	$L_{Aeq,d} \geq 85$ dBA	$L_{Aeq,d} \geq 87$ dBA
	$L_{pico} \geq 135$ dBC	$L_{pico} \geq 137$ dBC	$L_{pico} \geq 140$ dBC
Evaluación higiénica	Trienal	Anual	Anual
Formación e información	si	si	Si
Acceso a información de evaluaciones y resultados	si	si	Si
Control médico inicial	si	si	Si
Control médico periódico	Quinquenal	Trienal	Anual
Suministro de protección auditiva	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Utilización de protección auditiva	Optativo	Obligatorio	Obligatorio
Señalización	-----	Obligatorio	Obligatorio
Atenuación de los protectores auditivos individuales EPI	No	No	Si

5.1.7 Ventajas e inconvenientes. Estrategia basada en la tarea y estrategia basada en la función o muestreo.

La estrategia de medición basada en la tarea y la estrategia de medición basada en la función no son mutuamente exclusivas. La medición basada en la tarea y la medición basada en la función o muestreo se basan en el muestreo del nivel de ruido y no siempre son excluyentes una de otra, sino que se pueden complementar. En muchos casos, una misma situación de trabajo, se puede analizar empleando una estrategia de medición basada en la tarea y una estrategia de medición basada en la función obteniendo la misma calidad del resultado.

Las principales diferencias entre estas estrategias de medición se establecen en relación a los siguientes aspectos:

- La elección de los grupos homogéneos de exposición al ruido.
- Los planes de medición difieren.
- La duración de medición.

En determinados casos es necesario utilizar varias estrategias de medición pero hay que especificar en la evaluación higiénica siempre cuál o cuáles son las elegidas por cuanto la formulación, los tiempos y la incertidumbre a aplicar son distintos.

Tabla 5.1-3: Comparativa estrategias de medición

Estrategia basada en la función o muestreo	Estrategia basada en la tarea
No requiere una descomposición detallada de la actividad profesional en las tareas.	Si requiere una descomposición detallada de la actividad profesional en las tareas.
No requiere conocimiento exhaustivo de las condiciones de trabajo.	Si requiere conocimiento exhaustivo de las condiciones de trabajo.
El plan de la medición es generalmente más fácil de llevar a cabo (no se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada laboral).	El plan de la medición es generalmente más difícil de llevar a cabo (si se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada laboral).
Requiere periodos de medición más largos.	Requiere periodos de medición más cortos.

5.2. Estudio de caso. Mediciones higiénicas de ruido en la Real Orquesta Sinfónica de Sevilla (ROSS)

Hay que tener presente que la forma en la que se desarrollan las mediciones determina la fiabilidad de los resultados. Por tanto, debe primar el rigor técnico/ legal en la aplicación de los criterios que establece la “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la

exposición de los trabajadores al ruido” en aplicación del RD 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

En acústica la música clásica es un ruido que contiene impulsos, es decir, ruidos discretos en los que el ascenso y la disminución de la presión acústica son muy rápidos. Además tiene la característica de ser aleatorio en el tiempo de jornada laboral, en función del tipo de repertorio.

Las mediciones de ruido en la ROSS se realizan teniendo como base la estrategia de medición basada en la operación o la tarea.

Los aspectos específicos que recoge son comunes a todas las OS españolas y están básicamente centrados en cómo se distribuye la organización de los tiempos de trabajo y descansos.

Los tiempos de trabajo que tienen los músicos en orquesta tienen una distribución particular que hace que en la estrategia de medición para las mediciones higiénicas del ruido sea un parámetro fundamental.

El procedimiento se sigue en función de un conocimiento exhaustivo de la actividad musical en orquestas, entrevistas semiestructuradas sobre la percepción de cómo afecta el ruido a la salud de los músicos en relación a los efectos auditivos como extra auditivos y sobre la preocupación que manifiestan los músicos profesionales de OS sobre los altos niveles de ruido que se da en su trabajo y que salieron a debate en grupos de discusión realizados entre distintas orquestas españolas.

El lugar de trabajo donde realizan los músicos su actividad tiene como sede principal el teatro de la Maestranza. Dicha actividad se ejecuta en espacios distintos –escenario, foso, sala de ensayo, cabinas de ensayo, instalaciones auxiliares y domicilio de los propios músicos- este último espacio está expresamente recogido en convenio colectivo como parte del estudio individual que necesita el propio músico con un cómputo de horas específico.

Los músicos de la ROSS también realizan desplazamientos colectivos a otras ciudades o a otros espacios que pueden ser abiertos o cerrados.

La interpretación musical se segrega en ensayos individuales, colectivos y actuaciones. Estos tiempos son todos, tiempos de trabajo pero no siempre son regulares ni con la misma cadencia.

El proceso de trabajo que la actividad musical en OS requiere hace que previamente al ensayo colectivo y en todo el tiempo que dura el repertorio, el instrumentista realice la práctica de la obra, la ensaye-estudie de forma individual, limitándose el ensayo colectivo, a la implementación del criterio artístico del director de orquesta y al trabajo de coordinación con el resto de músicos de la orquesta. Es por esta razón por la que de forma atípica, los tiempos de trabajo están segregados en tiempos de trabajo individual y colectivo y que en ambos deben considerarse la exposición al ruido. En el trabajo individual las del propio instrumento y en los ensayos colectivos y actuaciones las mediciones higiénicas de conjunto.

La jornada laboral que tienen los músicos de la ROSS es de 37,5 h semanales, de las que 26 h es de trabajo conjunto, tanto de ensayos colectivos como de las actuaciones, y 11,5 h corresponden al estudio individual.

La “Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la exposición de los Trabajadores al Ruido” del INSHT, recoge en el punto 5 que *“En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos:*

“La prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario; La evaluación de riesgos deberá tener en cuenta la realización de horas extras u otras prolongaciones similares de la jornada de trabajo, sean o no esporádicas.”. Pág. 20 y 23 de la Guía Técnica.

Así, los ensayos individuales establecidos en el Convenio Colectivo son exposiciones fuera de la empresa pero sufridas a causa de la prestación

laboral, con un nivel de exigencia mayor que el ensayo colectivo, puesto que se trata de repetir y ensayar la obra concreta. Es más, la mayoría de los músicos debe hacer este ensayo individual en las cabinas de ensayo que dispone la empresa, cuyas características acústicas hacen que la contribución de contaminante acústico a la dosis diaria recibida por cada músico sea muy importante. Es el caso de los instrumentos viento- metal.

Señalar que las características anteriores son comunes al conjunto de orquestas españolas.

Al tener como referencia el RD 286/2006, la evaluación de la exposición al ruido necesita como soporte la medición de los niveles de ruido y la comparación con los valores inferior y superior de la exposición, así como con los valores límite. El procedimiento en el que se desarrollan las mediciones es el que estipula la fiabilidad de los resultados, que son los que deben ofrecer garantías más allá de la mera exposición de unos valores numéricos.

La lógica técnica para la evaluación del ruido en el caso que nos ocupa, pretende medir la dosis recibida por los músicos, que más se ajusta a la realidad del trabajo musical en las orquestas, esto es considerar el trabajo individual, ensayos colectivos, y trabajo en las actuaciones, si bien las mediciones se realizan en los ensayos colectivos y el cálculo se realiza sobre estos tiempos de trabajo.

El nivel de exposición de cada músico en relación al trabajo individual se estima a partir de los valores dados por el Código de conducta con orientaciones prácticas en los sectores de la música y el ocio, del INSHT.

5.2.1 Procedimiento y metodología seguida en la evaluación higiénica de ruido en la ROSS

Al establecer un procedimiento de medición del nivel de exposición sonora de los músicos profesionales en OS como higienista industrial, se tiene la vocación de que sea una herramienta útil para el cálculo del nivel de exposición diario equivalente para este colectivo profesional.

- Aspectos fundamentales son:
- Análisis del trabajo musical
- Selección estrategia de medición
- Estudio funcionamiento sonómetro y configuración según los objetivos de análisis marcados.
- Realización de mediciones según el plan de trabajo y la estrategia de medición elegida, valorando las limitaciones en la medición y la dificultad.
- Cálculo del nivel de exposición según las fórmulas que corresponde aplicar en función de la estrategia elegida.
- Evaluación de riesgo higiénico del colectivo de la zona que se ha elegido medir.
- Cálculo de la incertidumbre en función de la estrategia elegida.
- Conclusiones
- Medidas preventivas correctoras a aplicar.

El primer paso es la observación y el análisis de las condiciones de trabajo en las que se produce la exposición al ruido, de manera que se pueda controlar la calidad de las mediciones.

Si bien en determinadas obras puede existir una diferencia considerable en el nivel de exposición diaria, dependiendo de la partitura, por ejemplo una

ópera, del espacio en el que se trabaje, ejemplo foso de orquesta o bien el número y distancia entre instrumentistas que pudieran justificar el cálculo del nivel de exposición semanal, se descarta esta opción, por cuanto no se tiene la certeza de que el resto de requisitos para poder tener la referencia temporal semanal se cumplan, debido a la organización de los tiempos de trabajo, el tipo de repertorio y el lugar donde se realiza el trabajo.

Pero no se descarta que si se tuviera la seguridad de que se cumplen los criterios para la utilización del cálculo semanal en determinadas orquestas, en circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos se podría utilizar el cálculo semanal.

Los criterios a cumplir serían:

- El nivel de exposición semanal al ruido no es superior al valor límite de 87 dBA y se adoptan las medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a las actividades que se realizan (artículo 5.3 del RD 286/2006).
- Ninguno de los valores de LAeq,d de los distintos días de la semana supera en más de 10 dB al valor obtenido de LAeq,s (Norma ISO 1999:90 apartado 4.4.2).

En vista de lo anteriormente expuesto, se opta por el cálculo de los niveles de exposición equivalentes diarios ya que la finalidad es conocer la probabilidad de daño auditivo (hipoacusia) en los músicos de OS.

Se realiza medición del sonido in situ, teniendo como referencia la estrategia de medición basada en la operación o tarea.

No es estrictamente necesario ceñirse a una única estrategia de medición, si no que cabe la posibilidad de combinar varias estrategias de medición, siempre que quede debidamente justificado a nivel técnico y recogido tanto en el informe técnico como en la evaluación de riesgos.

Se valora como mejor opción realizar las mediciones por distintas zonas de la orquesta según familia de instrumentos y las posibilidades que ofrece la distribución espacial de los músicos. En la obra en la que se realizan las mediciones existe dificultad al colocar los trípodes. Hay una parte de músicos que se colocan en gradas y el ensayo se efectúa con el coro en la parte de atrás.

En función de estas limitaciones se eligen tres zonas distintas que se consideran zonas homogéneas de exposición.

Para la selección de la jornada de medición como referencia para realizar los cálculos de exposición una vez tomadas las medidas con sonómetro integrador se realiza en función del reparto de las partituras que se realizan en una distribución temporal heterogénea pero no corresponde a una semana.

Para el ajuste de la nomenclatura se considera el tiempo de cada operación la duración de cada parte entre descansos de cada obra.

En determinados casos también sería posible considerar el tiempo de trabajo dividido en ciclos cuando éstos no son los tiempos totales entre descansos, sino que son los tiempos en los que el director de orquesta detiene el ensayo para realizar las correcciones e indicaciones que considere oportunas o bien tiene el repertorio unas características que en el análisis de frecuencias con el SC310 y el CESVA editor a 125 ms se pueden dividir en ciclos en función de las características homogéneas del sonido en el tramo estudiado.

Las obras pueden durar 2, 3, 4 y 5 h. En obras de dos horas hay un descanso de 15 minutos, en servicios de tres horas un descanso de 25 minutos, en cuatro horas dos descansos, uno de 25 minutos y otro de 15 y en los servicios de 5 h, dos descansos, uno de 25 minutos y otro de 20 minutos.

En cualquier caso, independientemente de lo que dure el Servicio, nunca se puede trabajar más de una hora y media continuada sin realizar descanso

en los ensayos. Pero sucede en el caso por ejemplo de óperas que estas pueden tener dos o tres actos o partes en las 5 h aproximadas que puede durar, ajustándose los descansos a la obra y dándose también que cuando hay ópera en la tarde-noche se ha realizado el ensayo general con la misma duración durante la mañana.

Con estas características de tiempos de trabajo, al efectuar las mediciones se elige más de una jornada de trabajo.

Las mediciones deben de cubrir las valoraciones del nivel de ruido en el seno de cada tarea, en el tiempo, espacio y en las condiciones laborales.

El técnico/a encargado de realizar la medición debe de garantizar que la situación de trabajo, durante el periodo de medición, es representativa del trabajo realizado durante la jornada laboral. Siempre, los músicos implicados en la medición deben ser observados durante las mediciones a fin de detectar si las condiciones de operación o de trabajo se desvían de la situación laboral normal.

Para cada tarea se deben de realizar al menos tres mediciones, para así cubrir la variación real del nivel de ruido. Se recomienda realizar las mediciones en diferentes momentos durante la tarea o en diferentes trabajadores de un mismo grupo. La duración de cada medición debe de ser lo suficientemente larga como para representar el nivel de presión sonora continuo equivalente medio para la tarea real. Si la duración de la tarea es inferior a 5 min, la duración de cada medición debe ser igual a la duración de la tarea. Para tareas más largas, la duración de cada medición debe de ser de al menos 5 min. Sin embargo, la duración de cada medición se puede reducir si el nivel es constante o repetitivo.

Si el ruido durante la tarea es cíclico, cada medición debe de cubrir al menos tres ciclos. En el caso de que la duración de los tres ciclos fuera inferior a 5 min, cada medición debe de ser de al menos 5 min. La duración de cada medición debe corresponder siempre a la duración de un número de ciclos enteros.

Si el ruido durante la tarea es aleatorio, la duración de cada medición debe de ser lo suficientemente larga para garantizar que el $L_{AeqT,m}$ es representativo de la tarea. Cuando el ruido fluctúa de manera aleatoria como ocurre con la música clásica se pueden dividir los tiempos en ciclos cuando en las gráficas se aprecia el orden cíclico del ruido fluctuante. Esto es solamente posible si el tiempo de medida es suficientemente largo, cubriendo al menos una operación (tiempo entre descansos).

Como ejemplo de la posibilidad de hacer la división del trabajo en ciclos se expone a continuación la forma en la que podría hacerse con la utilización del software de “Capture Studio Editor”, siempre que la medición haya sido lo suficientemente larga como para dividir dicho tiempo en intervalos de tiempo que son los ciclos y se tratan posteriormente como mediciones independientes. Los intervalos elegidos por tanto, se consideran ciclos de trabajo con tramos de tiempo de medida. El ejemplo se expone para 125 ms porque al ser modo rápido son más fácilmente observables los ciclos de trabajo por las características espectrales.

Estos gráficos son de los datos de “Capture Studio Editor” del sonómetro CESVA SC 310, sin estar activo el software, sino utilizado en modo DEMO, pero es interesante para visualizar y definir ciclos de trabajo para el análisis de resultados. Con esta opción se puede ver la medición en la pantalla de edición, se edita una medición permitiendo seleccionar intervalos, invertir intervalos, eliminar intervalos y visualizar resultados en la pantalla de resultados.

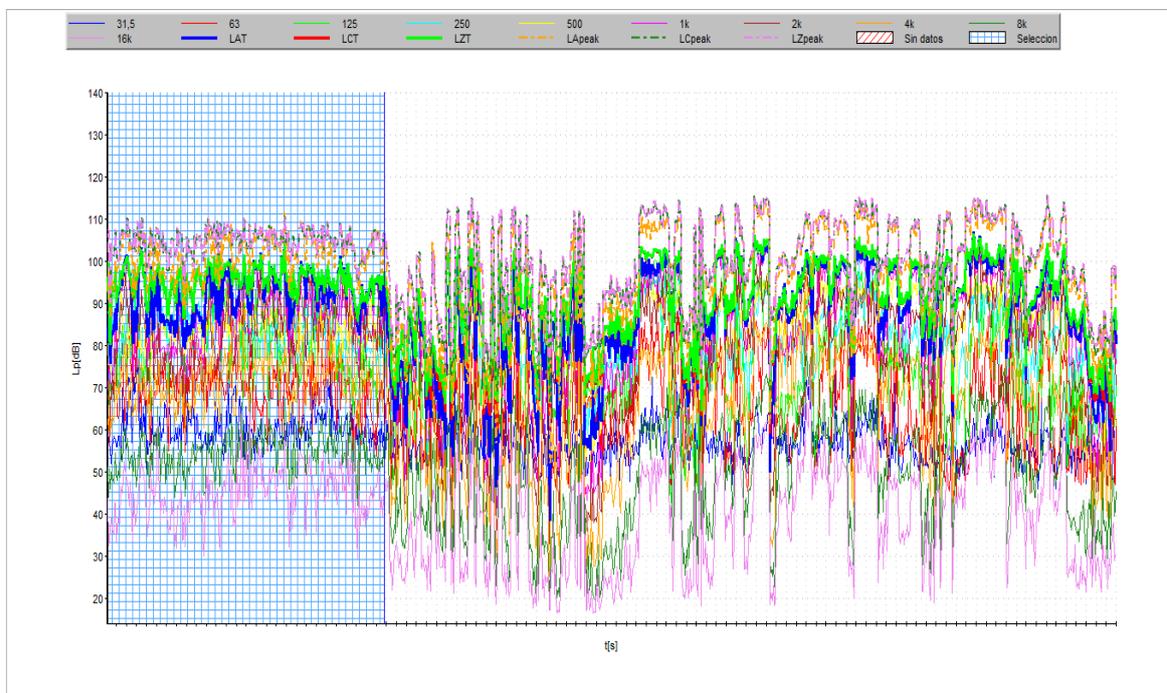
Las únicas limitaciones del modo de ejecución DEMO son:

- Los cálculos realizados por el programa no se actualizan. Es decir, aunque se eliminen intervalos, los resultados de la pantalla de resultados no variarán.
- Los archivos no pueden ser guardados una vez editados.

No se permite la exportación selectiva de funciones pero si un barrido de cursor por todos los datos de la medición para 125 ms, y barrido con la barra de estado (scroll) por la totalidad del tiempo medido.

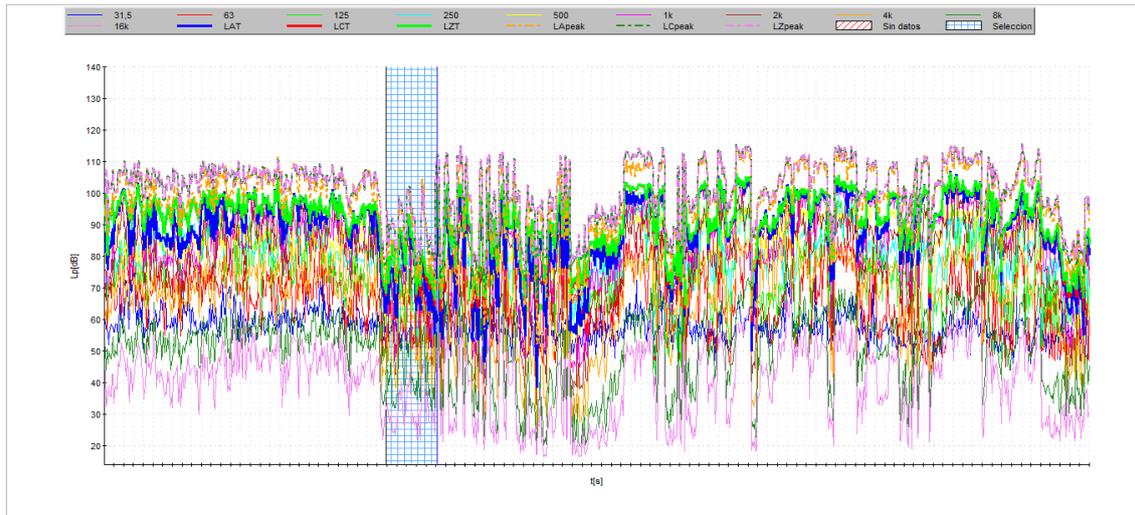
Datos globales del intervalo elegido de 11 minutos

LAT:	93,7 dBA
LCT:	97,4 dBC
LZT:	97,5 dBZ
LATPeak:	102,1 dBA
LCTPeak:	106,8 dBA
LZTPeak:	107,1 dBA



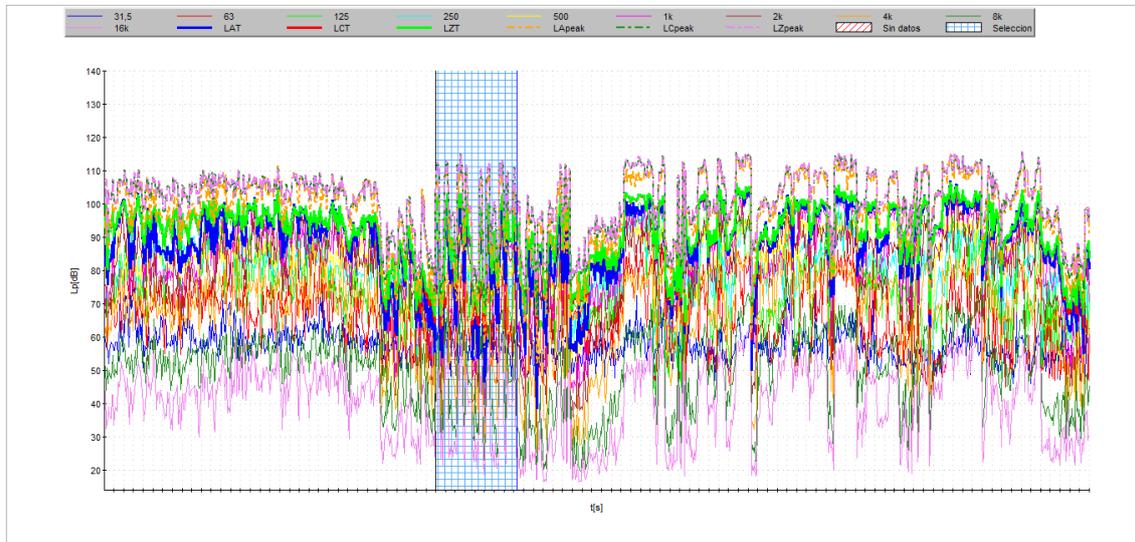
Datos globales intervalo elegido 13,31 minutos

LAT:	94,2 dBA
LCT:	101,7 dBC
LZT:	101,8 dBZ
LATPeak:	106,8 dBA
LCTPeak:	111,8 dBA
LZTPeak:	112,5 dBA



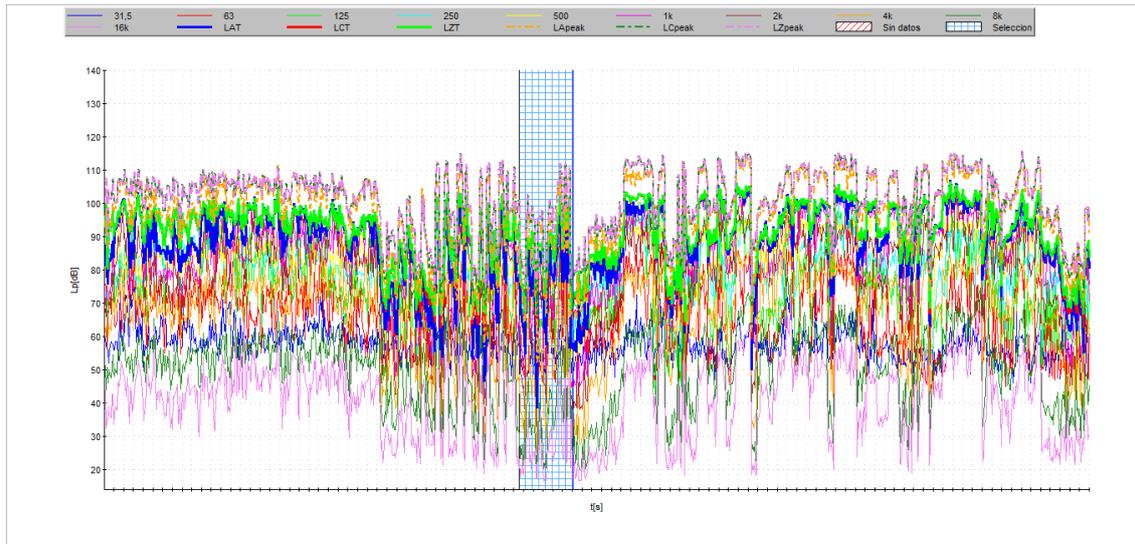
Datos globales para la selección de 16,45 minutos

LAT:	76,5 dBA
LCT:	89,4 dBC
LZT:	89,6 dBZ
LATPeak:	85,7 dBA
LCTPeak:	97,1 dBA
LZTPeak:	96,8 dBA



Datos globales para la selección de 19,02 minutos

LAT:	56,8 dBA
LCT:	70,3 dBC
LZT:	71,0 dBZ
LATPeak:	65,1 dBA
LCTPeak:	78,0 dBA
LZTPeak:	79,9 dBA



El ejemplo expuesto es resultado de la medición realizada con el sonómetro SC310 y que con más detalle se tratan en el Anexo I de este trabajo.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es que los resultados de las tres mediciones de cada una de las tareas, no deben de diferir en más de 3 dB entre ellas. En el caso de que la diferencia entre las tres mediciones fuera superior a 3 dB se debe de tomar alguna de las siguientes alternativas:

- Realizar, al menos, tres mediciones adicionales de la tarea.
- Subdividir la tarea en subtareas, y proceder con cada subtarea, como si se tratase de una tarea.
- Repetir las mediciones con una medición más larga en cada tarea.

Como dependiendo de la partitura o parte de obra puede diferir 3 dBA entre mediciones, siempre se opta por hacer mediciones largas.

Para cada tarea (operación), se calcula el $L_{AeqT,m}$ a partir de las N mediciones tomadas para cada tarea, a partir de la siguiente ecuación.

El $L_{AeqT,m}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A durante una tarea de duración T_m .

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] \text{ dBA}$$

Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel de exposición al ruido.

Se emplea este cálculo para averiguar cómo influye cada una de las tareas en el nivel de exposición al ruido diario.

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

Determinación del nivel de exposición al ruido diario.

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

El cálculo del nivel de exposición continuo equivalente y diario equivalente con las fórmulas anteriores están recogidas en el anexo I de la Guía Técnica del Ruido y la Norma UNE-EN ISO 9612:2009.

Una vez finalizadas las mediciones y calculado el nivel de exposición diario equivalente el siguiente paso consiste en calcular la incertidumbre de medición en función de la estrategia de medición seleccionada.

La referencia temporal diaria que recoge el RD 286/2006 es de 8 h para calcular el nivel de presión sonora a que está sometido un trabajador en su jornada laboral diaria, éste nivel de presión se indica mediante $L_{Aeq,d}$.

Aclarar que lo que se obtiene al calcular este parámetro $L_{Aeq,d}$ mediante las fórmulas correspondientes, es determinar la dosis recibida de ruido por el trabajador en función de la duración de la exposición, estableciendo la equivalencia a las 8 horas diarias. Así, una exposición de ruido a 4 horas quedará diluida en las 8 horas de referencia, o por el contrario, una exposición de 10 horas quedará concentrada al establecer la equivalencia a las 8 h. Unos y otros valores, al estar referenciados a las 8 horas, tienen una lectura igual que si la jornada laboral fuera de ese tiempo, se pondera a las 8 h.

Se tiene en cuenta la distribución del ruido por las distintas zonas por donde están ubicados los instrumentos musicales y los episodios de ruido significativos.

La medición de ruido en cada zona elegida tiene como objeto una estimación fiable que ayude a la toma de decisiones en relación a las medidas preventivas y a las obligaciones legales que se derivan en cuanto a la vigilancia de la salud y la realización de nuevas evaluaciones higiénicas. Así se prescinde de tener que realizar una medición individual con dosímetro con función de muestreo, siendo más versátil la opción de medir modo sonómetro, o en bandas de octava por cuanto arroja valores para zonas de varios músicos con características homogéneas de exposición.

En cualquier caso las distintas zonas de exposición homogéneas elegidas para la medición están en función de la distribución que haga el director de orquesta de las distintas familias de instrumentos.

Cuando se realizan las mediciones la distribución de los instrumentos en la orquesta es una posición clásica. Las flautas, oboes, clarinetes y fagotes en un bloque en la parte central de la orquesta.



Figura 5.2-Foto Escenario Teatro Maestranza1(ROSS)

En este caso las zonas elegidas han sido 3, realizándose 3 o 4 mediciones en cada zona:

- **Zona 1:** viento madera, delante de la flauta, colocando el sonómetro en trípode a 20 cm de la cabeza del flautista. Está ubicado en la zona central, casi en línea con el director de orquesta, ligeramente desplazado a la izquierda. Detrás del flautista están el resto del viento-madera. No es posible colocar el atril entre las filas traseras porque están en tarimas en orden decreciente hacia delante y no cabe el trípode.

El sonómetro se coloca a $0,80 \pm 0,05$ m del plano del asiento del flautista y el micrófono sigue la dirección de la vista del instrumentista.

En esta zona la fuente de ruido es en parte la flauta y en parte el resto de instrumentistas que están detrás y el coro.

- **Zona 2:** Parte derecha del director cerca del borde del escenario. Esta zona es la que permite el cable que se conecta al PC con las mediciones realizadas con el segundo equipo de medida. El sonómetro integrador tipo II, SC160, es la razón por la que los valores son bajos en relación a las otras dos zonas que se sitúan en el interno del escenario.
- **Zona 3:** Ubicada entre los contrabajos debajo de las tarimas en las que están parte de los viento metal. El equipo utilizado es el sonómetro integrador tipo II CELL 400 serie 450/490.

5.2.2 Ensayo cuarto movimiento de la novena sinfonía de Beethoven.

La Novena Sinfonía de Beethoven es conocida también como "Coral", es la última sinfonía completa del compositor alemán y es una de las obras más importantes de la música.

Su último y cuarto movimiento es un final coral y se ha convertido en símbolo de la libertad.

Se le llama "Coral" por la presencia del coro en la sinfonía. Tiene como hilo conductor la "Oda a la Alegría" del poeta alemán Friedrich Schiller, que era admirada por Beethoven y a la que puso música con esta sinfonía, que fue la última del compositor.

Se resalta el solo de bajo con poco instrumental. El coro interviene de manera intensa.

La armonía es tonal. Los matices de intensidad quedan repartidos en el largo movimiento (74 minutos), desde el pianísimo al fortísimo pasando por las intensidades intermedias, predominando los fortes en el coro.

La instrumentación del cuarto movimiento es la siguiente:

Viento madera: Piccolo, 2 flautas, 2 oboes, 2 clarinetes, 2 fagotes y 1 contrafagot.

Viento metal: 4 trompas, 2 trompetas y 3 trombones.

Percusión: Timbal de concierto, bombo, triángulo y platillos.

Voces: Soprano, alto, tenor, barítono y coro.

Cuerdas: Violines primeros y segundos, violas, violonchelos y contrabajos.

El cuarto movimiento comienza con breves recapitulaciones de los movimientos anteriores, con intervención importante de los violonchelos, después canta el bajo, siguiendo la melodía tocada primero por la orquesta y luego sigue el coro.

Los violonchelos, las flautas y los oboes junto con las voces masculinas y femeninas se alternan en un conjunto total de instrumentación que alcanza intensidades muy altas.

La sinfonía avanza y se eleva sobre sí misma, mientras los coros llegan a niveles atronadores.

Beethoven quería impresionar a sus oyentes y subrayar sus propósitos de fraternidad universal, y lo logró con este movimiento. La popularidad y belleza del tema de la alegría en este movimiento ha hecho olvidar los otros tres de una belleza y singularidad excepcionales, constituyendo los cuatro movimientos un todo hermoso y coherente, si bien el cuarto tiene en sí identidad de una sinfonía.

5.2.3 Equipos de medida utilizados

Sonómetros integradores-promediadores: Los sonómetros integradores-promediadores podrán emplearse para la medición del nivel de presión

acústica continuo equivalente ponderado A ($LA_{eq,T}$) de cualquier tipo de ruido. El Nivel de exposición diario equivalente ($LA_{eq,d}$) se calcula mediante las expresiones dadas en el punto 4 del anexo 1 de la Guía Técnica del ruido.

Estos sonómetros integradores-promediadores pueden ser utilizados en la medida del ruido continuo o estable, del ruido discontinuo y del ruido de impulso o impacto.

En las mediciones realizadas en la ROSS se han utilizado tres sonómetros distintos:

- **Equipo 1:** Sonómetro integrador SC310 y analizador de espectro. Es un sonómetro integrador clase I ampliable a analizador de espectros en tiempo real por octava y tercio de octava. Se mide en bandas de octava.
- **Equipo 2:** Sonómetro integrador SC160. Se mide en bandas de octava.
- **Equipo 3:** Sonómetro CELL 400 serie 450/490 midiendo modo sonómetro.

Un sonómetro es un dispositivo diseñado para medir el nivel de presión sonora y está formado:

- Micrófono, que es el encargado de traducir las variaciones de presión en variaciones eléctricas.
- Amplificador de señal, incrementa las magnitudes eléctricas, iniciales o filtradas para un mejor tratamiento.
- Ponderación en frecuencias, dispositivo que incorpora los filtros de frecuencia correspondiente a las curvas A, B y C.
- Ponderación temporal, permitiendo los resultados en respuestas pico, impacto, rápida y lenta

Existen cuatro clases de sonómetros:

Tipo 0: Sonómetros patrones

Tipo 1: De precisión

Tipo 2: De precisión y de uso general

Tipo 3: De inspección

El sonómetro mide exclusivamente niveles de presión sonora y su unidad de procesamiento permite realizar medidas globales o bien por bandas de frecuencias, con diferentes respuestas temporales.

El sonómetro funciona de la siguiente forma: Primero la señal pasa por el micrófono y acondicionada por el preamplificador, pasando seguidamente por una serie de circuitos amplificadores para acomodar el rango de lectura con los niveles a medir y posteriormente pasa a la red de ponderación. Estas redes de ponderación se introducen para que el sonómetro tenga una respuesta en frecuencia similar a la del oído humano.

Las curvas de ponderación dan cuenta de la distinta sensibilidad del oído humano para cada frecuencia y se corresponden con las curvas de igual nivel de sonoridad o curvas isofónicas. La escala del indicador del nivel de potencia está en decibelios.

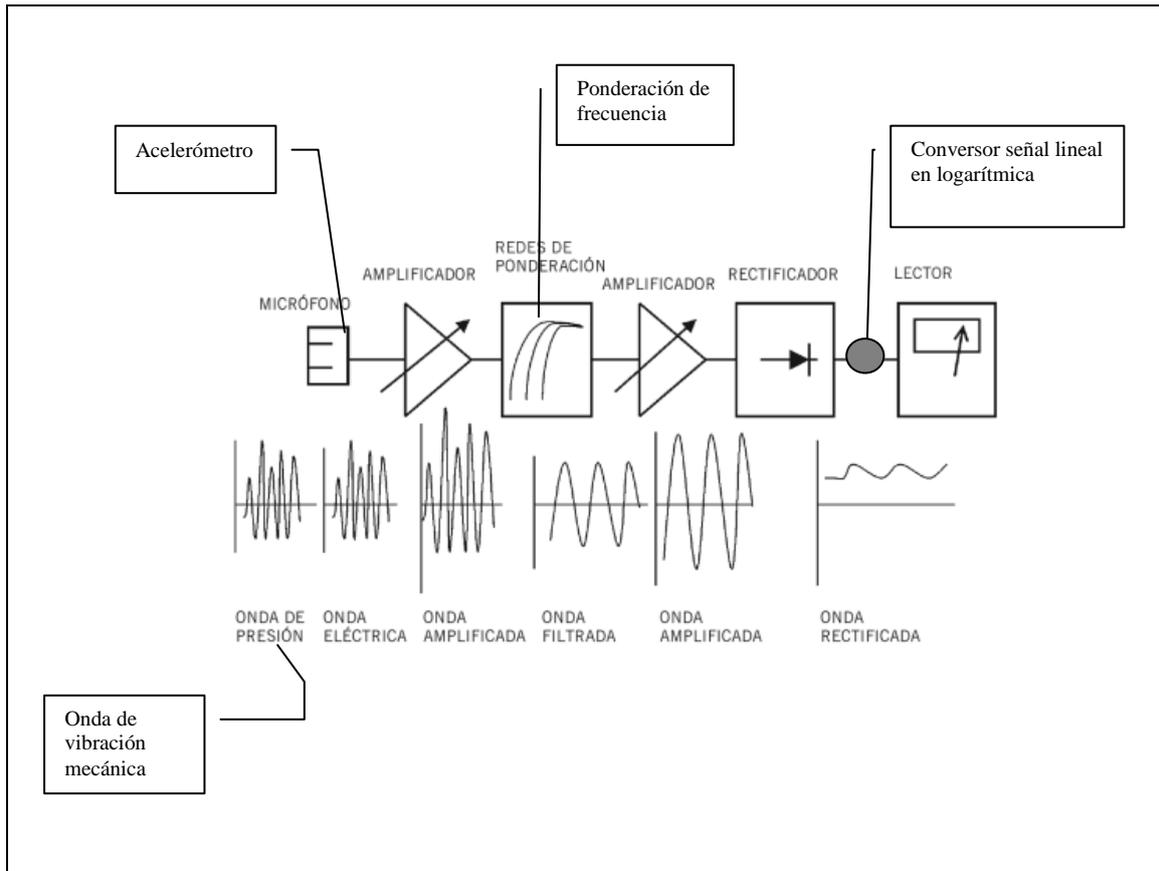


Figura 5.2-2: Esquema funcionamiento interno sonómetro

Características equipos de medición

Tabla 5.2-1: Especificaciones técnicas de los sonómetros utilizados

	Marca y modelo	Tipo	Nº serie	Frecuencia verificación	Niveles de presión		Tolerancia
Calibrador	CESVA-CB-5	1	033772	1 kHz \pm 1,5%	94 dB	104 dB	\pm 0,3
	Marca y modelo	Tipo	Nº serie	Rango de medida		Tolerancia	
Sonómetro	CESVA-SC160	2	T226223	23 a 140 dB		1 dB	
Sonómetro	CESVA - SC310	1	T237563	23 a 140 dB		0,7 dB	
	Marca y modelo	Tipo	Capacidad		Sensibilidad		
Micrófono	CESVA-P05-8223	De condensador	17 pF		46,4 mv/Pa		

Tabla 5.2-2: Instrumentos de medida

	<p>El sonómetro SC310 es un sonómetro integrador promediador tipo 1 según IEC 61672 y ANSI. Puede funcionar como sonómetro o, si se activa la opción, como analizador de espectro en tiempo real por bandas de tercio de octava (10 Hz a 20 Hz) y banda de octava (31,5 Hz a 16 kHz).</p>
	<p>El SC310 mide todas las funciones simultáneamente con todas las ponderaciones frecuenciales. Entre estas se encuentran las funciones necesarias para calcular los índices básicos de evaluación acústica de la mayoría de países del mundo: Funciones S, F e I, Niveles continuos equivalentes, Percentiles, Índices de impulsividad, Niveles de pico, Niveles de exposición sonora, Short Leq, etc...</p> <p>Mide 84 parámetros simultáneamente con rango de medida: 23 a 140 dB de pico y con ponderación frecuencial A, C, Z.</p> <p>Dispone de memoria circular permitiendo descargar datos mientras mide.</p> <p>Gracias a su plataforma modular el sonómetro SC310 puede ampliarse con opciones avanzadas de medición como el análisis espectral por tercio de octava, análisis FFT o la medición de tiempo de reverberación.</p> <p>Multiconectividad con PC: USB, Bluetooth, módem y serie.</p> <p>Preamplificador extraíble para cables prolongadores y para kit de exterior.</p> <p>Software capture studio incluido.</p>



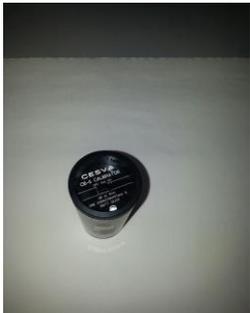
Es un sonómetro integrador promediador tipo II y analizador de espectro en tiempo real, analizador de espectro en bandas de octava. Mide todos los parámetros simultáneamente con ponderaciones frecuenciales A, C y Z. Una única escala y cumple con la metrología legal. Puede funcionar como sonómetro, analizador de espectro o como evaluador del ruido de sala mediante curvas NC.

El SC160 mide simultáneamente todas las funciones para cada modo de funcionamiento (sonómetro o analizador de espectro) con las ponderaciones frecuenciales A, C y Z.

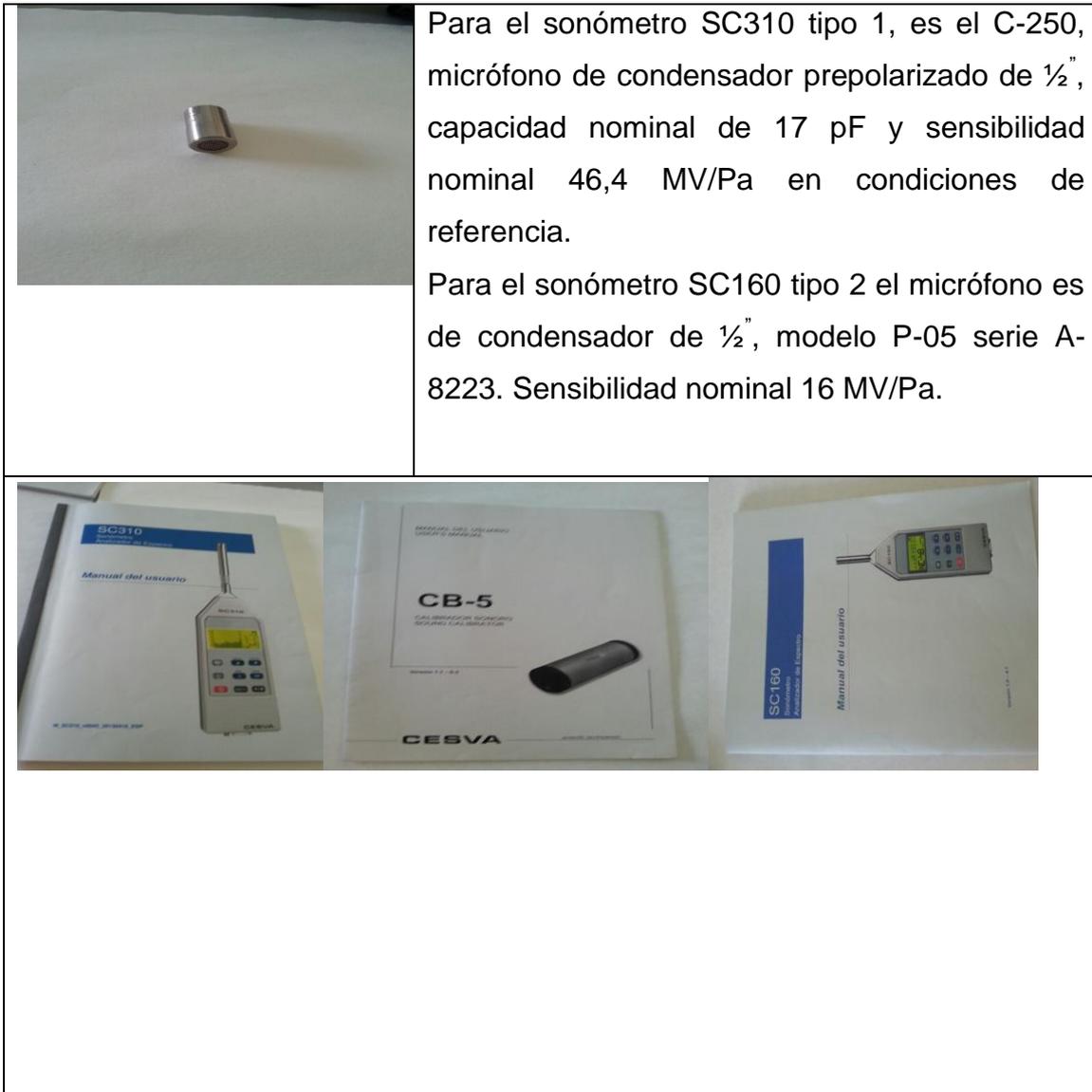
La pantalla gráfica permite la representación gráfica y numérica de las funciones medidas. Los datos medidos y registrados se pueden volcar a un ordenador personal para disponer de ellos en formato electrónico.

El micrófono es extraíble, de esta manera se puede desacoplar y alejarlo mediante un cable prolongador.

El SC160 puede funcionar como sonómetro, analizador de espectro o como evaluador de ruido de sala mediante las curvas NC y NR. El sonómetro está indicado para mediciones de niveles globales de presión sonora. Mide todas las funciones simultáneamente con todas las ponderaciones frecuenciales y calcula datos estadísticos como valores máximos y mínimos y percentiles.

	<p>El modo analizador de espectro permite medir simultáneamente y en tiempo real, los niveles de presión sonora y el nivel de pico para las bandas de octava de 31,5 Hz a 16 kHz y los niveles de presión sonora globales y de pico con todas las ponderaciones frecuenciales. Dentro del modo analizador hay una pantalla para analizar el ruido en salas, especialmente diseñado para instaladores de aire acondicionado y consultores que permite evaluar el ruido en tiempo real usando las curvas NC y NR.</p>
	<p>El sonómetro CEL-450/490 utilizado ha sido el tipo II y ofrece un rango dinámico de 0 a 140 dB en una única escala ininterrumpida. Además, las versiones de bandas de octava de estos equipos ofrecen análisis de frecuencias en tiempo real si bien el modo utilizado de medida ha sido el modo sonómetro en la medida que los otros dos equipos se ha realizado en 1/1.</p>
	<p>Calibrador sonoro clase 1 L según EN 60942:1998. El CB-5 genera dos niveles de presión sonora: 94 y 104 dB, esto permite la verificación en dos puntos. La señal es generada por un oscilador electrónico que alimenta un transductor especial. Ha sido especialmente diseñado para verificar sonómetros tipo 1 dentro del margen de</p>

	<p>temperaturas especificado y también para verificar sonómetros tipo 2 y 3.</p>
	<p>Cables de conexión sonómetros y PC para realizar la captura en tiempo real y programar a distancia las distintas mediciones, así como el apagar y encender el sonómetro en las distintas mediciones</p>
	<p>CD de instalación del programa capture estudio para poder analizar los ficheros en distintos PC. El correspondiente a SC310 sirve para el SC160 pero no al revés.</p>



5.3. Cálculo nivel de exposición diaria y de la incertidumbre para la obra Novena sinfonía de Beethoven, cuarto movimiento.

Para el cálculo del nivel equivalente diario, se considera el tiempo entre descansos como una operación, los descansos otra operación.

El ensayo de tarde estaba programado para 3 horas con descanso de 20 minutos a 1,5 h del inicio, pero el director de orquesta decidió que el ensayo fuera de 1,12 h en total.

En la mañana del mismo día 23 sí se completó el horario previsto de ensayo de 3 h con la totalidad de los músicos que intervienen en el repertorio y con el coro.

Durante los registros el sonómetro se ha colocado en trípode a 50 cm delante de la flauta, cuya distribución espacial ocupaba la parte frontal izquierda desde la perspectiva del director y en tarima de madera de 30 cm de contrahuella y así en orden ascendente con el resto de intérpretes, situándose al fondo del escenario el coro.

Las 3 mediciones corresponden al tiempo total de exposición de la tarde de forma continuada y cada medición es una tarea puesto que corresponde a una parte de la obra no repetible de igual forma. Las mediciones se consideran representativas puesto que así ha sido la variación del sonido a lo largo de la partitura.

Ambos son ensayos generales de la obra que se caracteriza por la repetición de distintas partes de la obra bajo los criterios que va marcando el director.

5.3.1 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada para la zona 1 con el SC310

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo. La exactitud de la precisión de la medición va a depender fundamentalmente de un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo y de las peculiaridades de la exposición, de los aparatos empleados y de la estimación de los tiempos de exposición.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre cabe destacar:

- La instrumentación empleada y su calibración
- La posición del micrófono
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Falsas contribuciones como viento, corrientes de aire, golpes extraños, etc.
- Un deficiente análisis de las condiciones de trabajo.

Para el resultado de la medición de ruido, se calcula la incertidumbre estándar combinada “u”, que proviene de la combinación de todas las componentes de la incertidumbre estándar “u”. Las contribuciones de cada componente se calculan utilizando los correspondientes coeficientes de sensibilidad “c_i” y su cálculo es mediante la ecuación:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

La incertidumbre expandida, “U”, viene dada por $U=k \cdot u$, donde k es un factor de cobertura que es una función del intervalo de confianza. La ISO 9612:2009 contempla el intervalo de confianza unilateral del 95%, dando como resultado que $k=1,65$ (significa que el 95% de los valores está por debajo del límite superior, $[L_{Aeq,d(8h)}+U]$).

El cálculo de la incertidumbre típica combinada “u” para el nivel de exposición diario equivalente “ $L_{Aeq,d(8h)}$ ”, para una medición basada en la tarea, se obtiene a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre mediante la siguiente ecuación:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

Donde “m” corresponde a cada tarea definida y “M” es el número total de tareas.

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{AeqT,mi} - \overline{L_{AeqT,m}})^2 \right]}$$

En donde:

$\overline{L_{AeqT,m}}$ es la media aritmética de I niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea “m”

i es el número de muestras de la tarea

I es el número total de muestras de la tarea

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - \overline{T_m})^2 \right]}$$

En donde:

J es el número de mediciones o estimaciones de tiempo de duración de la fase de trabajo.

$\overline{T_m}$ es la media aritmética de las mediciones o estimaciones

T_{mj} es cada uno de los valores disponibles de esas mediciones

u_2 es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono

$c_{1a,m}$ coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo de los niveles de ruido y se calcula mediante la expresión:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1(L_{Aeq,T} - L_{Aeq,d})}$$

$c_{1b,m}$ coeficiente de sensibilidad asociado a la estimación de la duración de la tarea y se calcula mediante la expresión:

$$c_{1b,m} = 4,34 \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

$c_{2,m}$ es el coeficiente de sensibilidad debido al instrumento de medida empleado.

$c_{3,m}$ es el coeficiente de sensibilidad debido a la posición del micrófono.

$c_{2,m}$ y $c_{3,m}$ se consideran iguales a $c_{1a,m}$ (en base a la Norma UNE EN ISO 9612: 2009), por esta razón se simplifica en la fórmula.

Las contribuciones a la incertidumbre típica combinada “ u ”, asociada al nivel de exposición al ruido, dependen de la desviación típica “ u_i ” de cada magnitud de entrada y de los coeficientes de sensibilidad “ c_i ” de cada una de las magnitudes de entrada.

Los coeficientes de sensibilidad son una medida de cómo se ve afectado el nivel de exposición al ruido por los cambios en los valores de las respectivas magnitudes de entrada.

Las contribuciones de las respectivas magnitudes de entrada vienen dados por los productos de las incertidumbres típicas y sus coeficientes de sensibilidad asociados.

Cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada SC 310

Los tiempos de trabajo en la ROSS son de 37,5 h semanales distribuidos en 26 h de trabajo conjunto en los ensayos colectivos y ejecución de la obra y de 11,5 h individuales de estudio realizado por cada músico.

Las obras pueden ser de 2, 3, 4, y 5 horas en las óperas.

Las mediciones realizadas han sido en una obra de 2 h, donde la cadencia de trabajo el día de la medición ha sido de 3 h de ensayo colectivo en la mañana y 3 h por la tarde.

Tabla 5.3-1: Tiempos netos de trabajo

	Trabajo neto minutos	descansos	Total
Mañana	160	20	
Tarde	160	20	320 neto

Zona 1 SC310
Tabla 5.3-2: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro SC310

4º movimiento Novena sinfonía de Beethoven	$L_{Aeq,T,m1}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,d}$	$T_{exp, min}$	$T_{exp, h}$	L_{pico}	$T_{medi,min}$
Tarea 1	92	92	89,85	85,57 M 85,57 T 171,14	2,85	115,5	39,57
Tarea 2	96	96	89,85	8 M 8 T 16	0,26	118,9	7,26
Tarea 3	90	90	89,85	66,35 M 66,35 T 132,7	2.21	120,6	20,35
Tarea 4	73	73	89,85	20 M 20 T 40	0,66		16,33

El valor del nivel equivalente de presión sonora de cada operación viene dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] dBA$$

Esta media logarítmica ponderada se utiliza cuando se realiza más de una medición en la misma tarea.

La contribución al nivel equivalente diario de cada operación o tarea es:

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$
$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

Siendo el nivel equivalente diario al aplicar la fórmula de \cong **a 90 dBA**

En el apéndice 1 se puede visualizar el procedimiento manual de operaciones.

Este valor es para el ensayo colectivo de mañana y tarde en una obra de 2 h. en la zona 1 de medición con el sonómetro SC310.

Aunque el procedimiento de la estrategia de medición basada en la tarea, estipula que el tiempo de los descansos también debe recogerse al realizar la división de las tareas en la jornada, el valor que arroja al incorporarlo al cálculo de la exposición diaria no modifica el resultado. Esto es debido a que cuando predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final, por lo que se pueden despreciar y se pueden simplificar de este modo los cálculos.

Cálculo incertidumbre asociada a la medición del ruido zona 1 SC310

El tiempo efectivo de ensayo colectivo es de 5,33 h, en obras cuya representación es de 2 h, siendo de forma atípica el día de la medición algo inferior por decisión del director de orquesta, quedándose como tiempo neto total 5,32 h.

Tabla 5.3-3: Incertidumbre medición SC310

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	89,9 dB(A)
Incertidumbre expandida U:	1,87 dB
Número de tareas:	4
Duración total de las tareas:	359 minutos
Incertidumbre típica de los instrumentos:	0,7 dB (Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Tabla 5.3-4: Tiempos por tarea SC310

Tarea 1		dBA		minutos
	Muestra 1	92	Tiempo 1	171
Tarea 2		dBA		minutos
	Muestra 1	96	Tiempo 1	16
Tarea 3		dBA		minutos
	Muestra 1	90	Tiempo 1	132
Tarea 4		dBA		minutos
	Muestra 1	73	Tiempo 1	40

Tabla 5.3-5: Balance incertidumbre medición SC310

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
Duración	Incertidumbre típica	$U_{1b,m}$	0,033 h	0,033 h	0,033 h
	Coefficiente de sensibilidad	$C_{1b,m}$	0,88	2,22	0,56
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$C_{1b,m} * U_{1b,m}$	0,028	0,67	0,018
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_{2,m}$	0,41	0,10	0,20
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_3$	0,58	0,14	0,28

Tabla 5.3-6: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición SC310

Resultados	Símbolos, relaciones	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
Mediana nivel de ruido dB(A)	$L_{A,eqT,m}$	92,0	96,0	90,0
Duración (min)	T_m	171	16	132
Contribución de la tarea m a $L_{ex,8h}$	$L_{EX, 8h,m}$	88,8	82,5	85,7
Instrumentos de medición	$(C_{1a,m} * U_{2,m})^2$	0,16	0,01	0,04
Posición de medición	$(C_{1a,m} * U_3)^2$	0,34	0,02	0,08
Suma por tarea m	$u^2 (L_{EX,8h})_m$	0,50078	0,4789	0,152

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

La incertidumbre $u = 1,13$

La incertidumbre expandida aplicando un factor $k = 1,65$ para obtener el intervalo de confianza (para el 95% de probabilidad) de un solo lado

$$U = 1,65 * 1,13 = 1,87$$

Las conclusiones en la zona 1 son:

- El nivel equivalente diario aplicable a los músicos en la zona medida con el sonómetro SC310 es de $L_{Aeq,d} = 92$ dBA.
- El cálculo de la incertidumbre expandida permite estimar con un 95% de probabilidad y de acuerdo con lo recomendado en la ISO 9642: 2009, que el nivel equivalente diario del puesto de trabajo supera el valor superior de exposición y el valor límite recogido en el RD 286/2006, ya que el intervalo llega a 92 dBA.

$$[L_{Aeq,d} + U]_{95} = 90 + 1,87 = 91,87 \cong 92 \text{ dBA}$$

Aún siendo así el procedimiento para el cálculo del nivel de exposición diaria basada en la operación, que es la elegida en el procedimiento de la estrategia de medición de ruido en Orquesta hay que aclarar que cuando predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final por lo que se pueden despreciar y se puede simplificar las operaciones anteriores, omitiendo el valor de las medidas de los descansos que se encuentran en los 73 dBA.

5.3.2 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada en zona 2 SC160

Zona 2 en el borde del escenario a la derecha del director de orquesta a 1 m de distancia aproximadamente.

Tabla 5.3-7: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro SC160

4º movimiento o Novena Sinfonía de Beethoven	L _{AeqT,m1} dBA	L _{Aeq,T} dBA	L _{Aeq,d} dBA	T _{exp, minut}	T _{exp, h}	L _{pico} dBC	T _{medi,min}
Tarea 1	83,5	84	85	5 M 5 T 10	0,16	126	2,17
Tarea 2	87,7	88	85	69,5 M 69,5 T 139	2,31	117	21,57
Tarea 3	83,6	84	85	85,5 M 85,5 T 171	2,85	116	18,14
Tarea 4	73	73	85	20 M 20 T 40	0,66	101	16,33

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] \text{ dBA}$$

La contribución al nivel equivalente diario de cada operación o tarea es:

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 1})} = 84 + 10 \log \left[\frac{0,16}{8} \right] = 67 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 2})} = 88 + 10 \log \left[\frac{2,31}{8} \right] = 83 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 3})} = 84 + 10 \log \left[\frac{2,85}{8} \right] = 80 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 4})} = 73 + 10 \log \left[\frac{0,66}{8} \right] = 62 \text{ dBA}$$

El nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

El $L_{Aeq,d} = 10 \log[(10^{0,1*67} + 10^{0,1*83} + 10^{0,1*80} + 10^{0,1*62})] = 84,85 \cong 85 \text{ dBA}$

Este valor es para el ensayo colectivo de mañana y tarde en una obra de 2 h. en la zona 2 de medición con el sonómetro SC160.

La zona 2 de medición está a la derecha del director de orquesta y a un metro del borde del escenario, teniendo valor como foco del nivel de salida del sonido para sala de auditorio de teatro.

Aunque el procedimiento de la estrategia de medición basada en la tarea, estipula que el tiempo de los descansos también debe recogerse al realizar la división de las tareas en la jornada, el valor que arroja al incorporarlo al cálculo de la exposición diaria no modifica el resultado. Esto es debido a que cuando predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final, por lo que se pueden despreciar y se pueden simplificar de este modo los cálculos.

Cálculo incertidumbre asociada a la medición del ruido en la zona 2 con el sonómetro SC160

Tabla 5.3-8: Incertidumbre medición SC160

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	84,5 dB(A)
Incertidumbre expandida U:	2,87 dB
Número de tareas:	4
Duración total de las tareas:	360 minutos
Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Tabla 5.3-9: Tareas y tiempos

Tarea 1		dBA		minutos
	Muestra 1	84	Tiempo 1	10
Tarea 2		dBA		minutos
	Muestra 1	88	Tiempo 1	139
Tarea 3		dBA		minutos
	Muestra 1	84	Tiempo 1	171
Tarea 4		dBA		minutos

Tabla 5.3-10: Balance incertidumbre medición SC160

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
Duración	Incertidumbre típica	$u_{1b,m}$	0,033 h	0,033 h	0,033 h
	Coefficiente de sensibilidad	$c_{1b,m}$	0,49	1,23	0,49
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$c_{1b,m} * u_{1b,m}$	0,01617	0,04059	0,1617
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_{2,m}$	0,03	0,98	0,48
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$c_{1a,m} * u_3$	0,02	0,65	0,32

*Niveles en dB(A)

Tabla 5.3-11: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición SC160

Resultados	Símbolos, relaciones	Tarea 1	Tarea 2	Tarea 3
Mediana nivel de ruido dBA	$L_{A,eqT,m}$	84,0	88,0	84,0
Duración (min)	T_m	10	139	171
Contribución de la tarea m a $L_{EX,8h}$	$L_{EX,8h,m}$	68,4	83,9	80,8
Instrumentos de medición	$(c_{1a,m} * u_{2,m})^2$	$9 * 10^{-4}$	0,96	0,23
Posición de medición	$(c_{1a,m} * u_3)^2$	$4 * 10^{-4}$	0,43	0,10
Suma por tarea m	$u^2 (L_{EX,8h})_m$	$1,56 * 10^{-3}$	1,39	0,35

*Niveles en dB(A)

La incertidumbre $u = 1,74$

La incertidumbre expandida aplicando un factor $k = 1,65$ para obtener el intervalo de confianza (para el 95% de probabilidad) de un solo lado

$$U = 1,65 * 1,74 = 2,87$$

Las conclusiones en la zona 2 son:

- El nivel equivalente diario aplicable a los músicos en la zona medida con el sonómetro SC160 es de $L_{Aeq,d} = 88$ dBA.
- El cálculo de la incertidumbre expandida permite estimar con un 95% de probabilidad y de acuerdo con lo recomendado en la ISO 9642: 2009, que el nivel equivalente diario del puesto de trabajo supera el valor superior de exposición y el valor límite recogido en el RD 286/2006, ya que el intervalo llega a 88 dBA.

$$[L_{Aeq,d} + U]_{95} = 85 + 2,87 = 87,87 \cong 88 \text{ dBA}$$

Aun siendo así el procedimiento para el cálculo del nivel de exposición diaria basada en la operación, que es la elegida en el procedimiento de la estrategia de medición de ruido en Orquesta hay que aclarar que cuando predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final por lo que se pueden despreciar y se puede simplificar las operaciones anteriores, omitiendo el valor de las medidas de los descansos que se encuentran en los 73 dBA.

5.3.3 Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y de la incertidumbre asociada en la zona 3 por el sonómetro clase II CELL 400 serie 450/490

Tiempo de medición 01:06:32 h Zona derecha a nivel contrabajo delante de trompetas y trombones.

Los valores están guardados en memoria de sonómetro. No se dispone del software de visualización gráfica.

Tabla 5.3-12: Nivel de exposición en la ROSS sonómetro CELL 400

4º movimiento	$L_{AeqT,m1}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,d}$	$T_{exp,}$	$T_{exp, h}$	L_{pico}	$T_{medi,min}$
Novena sinfonía de Beethoven	dBA	dBA	dBA	minut		dBC	
Tarea 1	98,9	98,9	97	319	5,32	132	66

Cálculo del Nivel continuo equivalente diario: $L_{Aeq,d}$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 1})} = 99 + 10 \log \left[\frac{5,32}{8} \right] = 97 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log[(10^{0,1 \cdot 97})] = 97 \text{ dBA}$$

Cálculo de la incertidumbre asociada a la medición

Tabla 5.3-13: Incertidumbre medición CELL 400

Nivel de exposición al ruido diario ponderado A:	97,1 dB(A)
Incertidumbre expandida U:	2,97 dB
Número de tareas:	1
Duración total de las tareas:	319 minutos
Incertidumbre típica de los instrumentos:	1,5 dB (Sonómetro de clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002)

Tabla 5.3-14: Tiempo exposición por tarea

Tarea 1		dBA		minutos
	Muestra 1	98,9	Tiempo 1	319

Tabla 5.3-15: Balance incertidumbre medición CELL 400

Balance de incertidumbre		Símbolos, relaciones	Tarea 1
Duración	Incertidumbre típica	$U_{1b,m}$	0,033 h
	Coficiente de sensibilidad	$C_{1b,m}$	0,82
Contribución a la incertidumbre de la duración de la tarea		$C_{1b,m} * U_{1b,m}$	0,2706
Contribución a la incertidumbre de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_{2,m}$	1,50
Contribución a la incertidumbre de la posición de los instrumentos de medición		$C_{1a,m} * U_3$	1,00

*Niveles en dB(A)

Tabla 5.3-16: Balance de incertidumbre en el nivel de exposición CELL-400

Resultados	Símbolos, relaciones	Tarea 1
Mediana nivel de ruido dBA	$L_{A,eqT,m}$	98,9
Duración (min)	T_m	319
Contribución de la tarea m a $L_{EX,8h}$	$L_{EX,8h,m}$	98,9
Duración	$(C_{1b,m} * u_{1b,m})^2$	0,07322
Instrumentos de medición	$(C_{1a,m} * u_{2,m})^2$	2,25
Posición de medición	$(C_{1a,m} * u_3)^2$	1,00
Suma por tarea m	$u^2 (L_{EX,8h})_m$	3,25

*Niveles en dB(A)

$$u^2 = 3,25; u = 1,8$$

$$U = 1,65 * 1,8 = 2,97$$

Las conclusiones en la zona 3 son con el sonómetro clase II CELL 400 serie 450/490 es de $L_{Aeq,d} = 99$ dBA.

- El cálculo de la incertidumbre expandida permite estimar con un 95% de probabilidad y de acuerdo con lo recomendado en la ISO 9642: 2009, que el nivel equivalente diario del puesto de trabajo supera el valor superior de exposición y el valor límite recogido en el RD 286/2006, ya que el intervalo llega a 102 dBA.

$$[L_{Aeq,d} + U]_{95} = 99 + 2,97 = 101,97 \approx 102 \text{ dBA}$$

Aún siendo así el procedimiento para el cálculo del nivel de exposición diaria basada en la operación, que es la elegida en el procedimiento de la estrategia de medición de ruido en Orquesta hay que aclarar que cuando

predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final por lo que se pueden despreciar y se puede simplificar las operaciones anteriores, omitiendo el valor de las medidas de los descansos que se encuentran en los 73 dBA.

5.4. Valoración de resultados y medidas preventivas

El cuarto movimiento de la Novena Sinfonía de Beethoven, a nivel acústico se considera como una partitura de alta intensidad.

En la zona 1 (delante flauta) y en la zona 3 en los contrabajos se superan los valores límite de exposición (valores que no se deben superar en la jornada laboral) y en la zona 2 se supera el valor superior de exposición que da lugar a una acción, referenciados a los valores de exposición diaria dados por el RD 286/2006

Valores límite de exposición LAeq,d	87 dBA
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción LAeq,d	85 dBA

Tabla 5.4-1: Valores de exposición globales en las tres zonas medidas

Zona 1 SC310	90 dBA
Zona 2 SC 160	85 dBA
Zona 3 CELL 400	97 dBA

Estos son valores dados para el trabajo colectivo realizado el día de la medición y sin contar el nivel de exposición diario del trabajo individual realizado por cada músico que hay que calcular con los valores de $L_{Aeq,T}$ de cada instrumento.

Los niveles energéticos por frecuencias en bandas de octava presentan en distintos tramos de tiempo componentes tonales en las bajas frecuencias, siendo característico durante todo el tiempo los valores que superan los 80 dBA en las medias y altas frecuencias, disminuyendo en las muy altas.

En relación a los valores pico, éstos se encuentran en torno a los 117 dB(C), no superándose los valores límite de exposición en los valores pico.

Uno de los aspectos destacables es la caída de presión sonora que se produce en la zona 2 situada a la derecha del director de orquesta y a un metro del borde de escenario (zona de la embocadura) haciendo intuir que se aproxima el cumplimiento de la ley del inverso del cuadrado en la zona de escenario realizándose la prueba de valores a la distancia estimada y quedando valores cercanos a los que se han medido en la zona 1 (embocadura).

$$\frac{I_2}{I_1} = \left[\frac{d_1}{d_2} \right]^2$$

Si se ha medido un nivel de sonido de $I_1 = 97$ dB

En una distancia $d_1 = 2$ m

Entonces a una distancia $d_2 = 6$ m la ley del inverso del cuadrado predice

un nivel de sonido de $I_2 = 87.4575749$ dB

Hay que inferir que la caída de la intensidad de sonido en la embocadura del escenario de acuerdo con la ley del inverso del cuadrado en un escenario

de música sinfónica es un problema a corregir. De nada sirve que en la zona 3 los músicos estén sometidos a altas intensidades de sonido y se apague antes de salir al auditorio, aunque éste cuente con los tiempos de reverberación y otros parámetros acústicos de forma correcta.

Sería necesario intervenir en el escenario para proteger a los músicos del impacto de la música a alta intensidad a la vez que garantizar una mejora en la proyección efectiva del sonido junto a una difusión del mismo también apropiado.

En el apartado de medidas preventivas se indica de forma general las características generales que se deben contemplar para mejorar el espacio de trabajo para los músicos y a superar los efectos de la ley del inverso del cuadrado en la salida del sonido al auditorio.

5.5. Clasificación del nivel de riesgo evaluado. Estimación de la magnitud del riesgo. Severidad y probabilidad.

La evaluación del riesgo higiénico por exposición a ruido en OS se ha realizado teniendo como referencia la severidad y probabilidad del daño según los criterios del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Las tablas siguientes muestran las consecuencias de la severidad del daño, que en el caso de la sordera o hipoacusia es considerada grave y de la probabilidad de que se produzca el daño, que en el caso que nos ocupa estaría entre probable e inevitable, dando como resultado un nivel de riesgo calificado como alto y muy alto.

Este resultado obliga a establecer las medidas preventivas y correctoras de manera inmediata mediante la implantación y un Plan de Control de riesgos y con los criterios de la Guía Técnica del ruido, que desarrolla el RD 286/2006 y

el Protocolo de actuación con orientaciones prácticas en los sectores de la música y el ocio del INSHT.

Tabla 5.5-1: Consecuencias en función de la severidad del daño INSHT

SEVERIDAD (S)	CONSECUENCIAS PREVISIBLES	
Daños muy leves	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeñas curas - Dolor de cabeza, u otros trastornos leves que no causen baja - Disconfort, fatiga visual - En general lesiones o trastornos que no requieren tratamiento médico o aún precisándolo no requieren baja médica 	
Lesión leve	<ul style="list-style-type: none"> - Contusiones, erosiones, cortes superficiales, esguinces - Irritaciones - Pequeñas quemaduras superficiales - En general lesiones o trastornos que requieren tratamiento médico y puedan ocasionar en algunos casos baja laboral de corta duración 	
Lesión grave	<ul style="list-style-type: none"> - Laceraciones - Quemaduras extensas - Conmociones - Fracturas menores - Enfermedad crónica que conduce a una incapacidad menor (sordera, dermatitis, asma) - Trastornos musculo-esqueléticos 	
Lesión muy grave o mortal	<ul style="list-style-type: none"> - Amputaciones, lesiones múltiples - Fracturas mayores - Intoxicaciones - Cáncer 	<ul style="list-style-type: none"> - Enfermedades crónicas que acorten severamente la vida - Incapacidades permanentes - Gran invalidez - Muerte

Tabla 5.5-2: Criterios para determinar la probabilidad de daño INSHT

PROBABILIDAD (P)	CRITERIOS APLICADOS
Improbable	<ul style="list-style-type: none"> - Extremadamente raro, no ha ocurrido hasta ahora - La exposición al peligro no existe en condiciones normales de trabajo o es muy esporádica - El daño no es previsible que ocurra
Posible	<ul style="list-style-type: none"> - Es raro que pueda ocurrir - Se sabe que ha ocurrido en alguna parte - Podría presentarse en determinadas circunstancias - La exposición al peligro es ocasional - El daño ocurrirá raras veces
Probable	<ul style="list-style-type: none"> - No sería nada extraño que ocurra el daño - Ha ocurrido en algunas ocasiones - Existe constancia de incidentes o de accidentes por la misma causa - Los sistemas y medidas aplicados para el control del riesgo no impiden que el riesgo pueda manifestarse en algún momento dada la exposición - El daño ocurrirá en algunas ocasiones - La exposición al peligro es frecuente o afecta a bastantes personas
Inevitable	<ul style="list-style-type: none"> - Es el resultado más probable si se presenta la exposición continuada o afecta a muchas personas - Ocurrirá con cierta seguridad a medio o a largo plazo - El daño ocurrirá siempre o casi siempre

Tabla 5.5-3: Nivel de riesgo en función de la probabilidad- severidad del daño INSHT

PROBABILIDAD DE MATERIALIZACIÓN DEL RIESGO				
GRADO DE SEVERIDAD POSIBLE (Consecuencias) ↓	IMPROBABLE (EXTREMADAMENTE RARO, NO HA OCURRIDO HASTA AHORA)	POSIBLE (ES RARO PERO HA OCURRIDO EN ALGUNA PARTE)	PROBABLE (NO SERÍA NADA EXTRAÑO, HA OCURRIDO EN ALGUNAS OCASIONES)	INEVITABLE (ES EL RESULTADO MÁS PROBABLE SI SE PRESENTA LA EXPOSICIÓN, OCURRIRÁ A LARGO PLAZO)
DAÑOS MUY LEVES (TRASTORNOS, MOLESTIAS, FATIGA, DISCONFORT, INSATISFACCIÓN)	IRRELEVANTE	MUY BAJO	BAJO	MEDIO
LESIÓN LEVE (CONTUSIONES, EROSIONES, CORTES SUPERFICIALES, IRRITACIONES)	MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
LESIÓN GRAVE (LACERACIONES, QUEMADURAS, CONMOCIONES, FRACTURAS MENORES, SORDERA, DERMATITIS, ASMA)	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
LESIÓN MUY GRAVE O MORTAL (AMPUTACIONES, INTOXICACIONES, CÁNCER)	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMADAMENTE ALTO

5.6. Medidas preventivas

La evaluación higiénica del ruido en Orquesta Sinfónica permite identificar las zonas de mayor riesgo prioritarias a la hora de establecer medidas de control. De igual forma, el conocimiento de las diversas obras que se interpretan en relación al volumen máximo, duración e instrumentación utilizados y la distribución de los músicos junto a la colocación respecto a otros intérpretes hace que se disponga de la información suficiente para realizar una adecuada planificación preventiva, que pasa en primer lugar por una información-formación a todos los músicos de los riesgos a los que están expuestos y de las medidas preventivas disponibles para disminuir el riesgo.

Los resultados que arroja la evaluación higiénica realizada hace clasificar el nivel de riesgo como importante en relación a los criterios establecidos por el INSHT de probabilidad de producirse el daño y la gravedad del mismo recogidos en las tablas anteriores y hace que sea de aplicación por parte de la empresa un conjunto de medidas técnicas y organizativas para disminuir el riesgo, junto con la puesta a disposición de los músicos de EPI auditivos, específicos para trabajadores de la música.

Estas medidas de prevención y control del riesgo de daño auditivo por exposición a la música sinfónica a altas intensidades por parte de los músicos que la ejecutan requiere de un Plan de Control de riesgos de forma integral, considerando tanto elementos de final de tubería como son los equipos de protección individual como un estudio acústico de cada obra o repertorio antes de su ensayo para disponer de las medidas técnicas y organizativas que obliga la Ley, renunciando lo menos posible a obras calificadas como ruidosas.

Así es necesario enfocar la atención más allá del ámbito del escenario, a todo el auditorio, haciendo compatibles las medidas preventivas de reducción del ruido en escenario con la buena calidad del sonido para los asistentes a la sala y así los espectadores puedan disfrutar de la música sinfónica en directo con todo su esplendor a la vez que los artistas realicen su tarea en las condiciones adecuadas para su seguridad y salud.

Al ver en los resultados de las mediciones la caída de intensidad del sonido en el perímetro externo del escenario ha hecho pensar en lo estéril de un sonido alto en el lugar de su ejecución y que se disipa en gran parte antes de pasar al auditorio.

Las reformas realizadas en el auditorio del Teatro de la Maestranza en 2005 contaron con el asesoramiento del Profesor Lotha Cremer en la acústica de la sala, quien buscó el tiempo de reverberación ideal y las mejores condiciones para la recepción del sonido. Se creó una topografía de formas convexas, planos truncados y terrazas que rompieron la concavidad acústica

del interior de la sala para corregir la posibilidad de focalizaciones sobre la audiencia.

Aurelio del Pozo, el arquitecto que realizó la reforma y la gran lámpara que cubre la sala “la margarita acústica” está diseñada para una mejor percepción del sonido en el auditorio. Puso especial cuidado en la calidad de los materiales, aislamientos y reflectores acústicos, incluso las butacas.

Sin embargo la parte de escenario debido a sus características cambiantes necesita un estudio acústico ad hoc para cada repertorio que se realice, y garantice que el sonido que sale en embocadura de escenario y se vuelca sobre el auditorio cumpla los criterios de calidad acústica sin perjudicar a los músicos.

El escenario tiene las siguientes características:

- Escena (incluido proscenio): 18 x 19.5 m
- Embocadura fija: 17,70 m. ancho, 8,70 m. alto.
- Altura al peine: 22.00 m.
- Altura máxima a las barras 21.00 m.
- De embocadura a fondo: 17.05 m.
- Foso orquesta (forma trapezoidal): de 15 a 21 m. ancho / 6,80 m. fondo.

En el modelado hecho con el programa informático ODEON²⁶ se puede ver que el coeficiente de difusión del sonido en escenario es bajo teniendo como referencia los materiales.

²⁶ ODEON es un software de simulación y cálculo de acústica de salas desarrollado por investigadores de acústica de la Universidad Técnica de Dinamarca. En la actualidad, investigación y desarrollo del software continúan en la compañía independiente Odeon A/S. La simulación acústica de una sala que se realiza con ODEON equivale a predecir su respuesta impulsiva en un modelo 3D desde el origen hasta el receptor. El modelo de la sala se puede importar desde SketchUp u otro software CAD. También es posible derivar parámetros acústicos como el tiempo de reverberación T30, T20, EDT, SPL, STI, Claridad, etc., diseñar la acústica de una sala controlando las reflexiones, la absorción del sonido y las propiedades de dispersión del sonido en las superficies con el fin de lograr la acústica deseada y una reducción adecuada de ruidos para discursos, conciertos, etc.

Se define el coeficiente de difusión, s , como el ratio entre la energía acústica reflejada en direcciones no especulares (en una sola dirección) y la total reflejada. Una superficie difusora es aquella con un valor $s \geq 0,5$. Este fenómeno, se da debido a que no todas las superficies son planas. Implica la distribución uniforme de la energía dentro de una sala.

La difusión se comporta de manera diferente según la frecuencia de la onda que incide, lo que hace el cálculo del coeficiente más complejo, pero el propio ODEON realiza todos esos cálculos, y solo hay que asignar el valor del coeficiente a cada superficie: Paredes, suelos, butacas, etc.



Figura 5.6-1: 3 D- modelización para la simulación acústica de recintos escénicos de gran capacidad.

ODEON, como software de predicción acústica maneja correctamente el diseño de la acústica de una sala y los sistemas de amplificación para público para:

Salas de concierto y ópera, cines, templos, estadios deportivos, oficinas abiertas, vestíbulos, restaurantes, estudios de música, metros, terminales aeroportuarias, entornos industriale



Figura 5.6-2: Maestranza de Sevilla. (Revista de información del Teatro de la Maestranza de Sevilla, número 7 ABRIL 2008)

El teatro de la Maestranza presenta una acústica variable haciéndola versátil para distintos tipos de espectáculos desde óperas a flamenco. Sin embargo el escenario habría que incorporar elementos de mejora acústica en función de cada obra incorporando intervenciones entre las que se encuentra la difusión del sonido con profesionales especialistas en acústica y en higiene industrial.

Los resultados se harán notar tanto en los ejecutantes como en los espectadores. Todos oirán de la forma adecuada debido a que el sonido está correctamente distribuido dentro del escenario y en el auditorio y se minimizará el estrés o cansancio auditivo principalmente por no tener que utilizar altos niveles sonoros.

Tabla 5.6-1: Coeficientes de difusión Teatro de la Maestranza modelado por ODEON²⁷:

Superficie	Materiales	Coefficiente de difusión
Paredes	[9]	0.1
Techo	[9]	0.4
Audiencia	[2], [5]	0.7
Escenario	[9]	0.05

²⁷Julen Echarte Puy,. Tutor: Ricardo San Martín Murugarren “3 D- modelización para la simulación acústica de recintos escénicos de gran capacidad”.. Pamplona 2012

El software ODEON²⁸ permite hacer simulaciones de intervenciones acústicas en salas de auditorios.

Las características generales²⁹ de un buen auditorio de música serían las siguientes:

- Una proyección buena del sonido hacia la parte posterior del recinto: Tiempo de reverberación suficientemente largo. entre 2,5 s y 3,5 s.
- Buena claridad y articulación: Si bien es deseable la riqueza y la plenitud añadida por la reverberación del auditorio, tal reverberación disminuye la claridad de la articulación. Así que la plenitud y la riqueza trabajan contra la claridad, y por ello, por medio de un equilibrio de compromiso entre la plenitud y la claridad. Sonido musical más rico y completo con valores de entre 2,5 s y 3,5 s.
- Equilibrio entre Altos y Bajos: El logro de un equilibrio adecuado entre las frecuencias de sonido altas y bajas en la parte trasera de un auditorio, es generalmente una cuestión de aumentar el bajo. En la mayoría de auditorios, este problema de pérdida de bajos se supera parcialmente, haciendo que tenga un tiempo de reverberación³⁰ para las bajas frecuencias, que sea más largo que el de las altas frecuencias.

²⁸ ODEON es un software de simulación y cálculo de acústica de salas desarrollado por investigadores de acústica de la Universidad Técnica de Dinamarca. En la actualidad, investigación y desarrollo del software continúan en la compañía independiente Odeon A/S.

La simulación acústica de una sala que se realiza con ODEON equivale a predecir su respuesta impulsiva en un modelo 3D desde el origen hasta el receptor. El modelo de la sala se puede importar desde SketchUp u otro software CAD. También es posible derivar parámetros acústicos como el tiempo de reverberación T30, T20, EDT, SPL, STI, Claridad, etc., diseñar la acústica de una sala controlando las reflexiones, la absorción del sonido y las propiedades de dispersión del sonido en las superficies con el fin de lograr la acústica deseada

²⁹ HyperPhysics is hosted by the Department of Physics and Astronomy. Georgia State University.

³⁰ La reverberación es la colección de sonidos reflejados por las superficies de un recinto como un auditorio. Se trata de una propiedad deseable en los auditorios en la medida en que ayuda a superar la caída de la intensidad del sonido en el recinto, producida por la ley del inverso del cuadrado. Además del tiempo total, una reverberación se caracteriza por el tiempo de la primera reflexión, que corresponde a lo que tarda el sonido en llegar al oyente después de reflejarse en la pared más cercana. El tiempo de la primera reflexión caracteriza el tamaño aparente de la sala, desde el punto de vista acústico.

El llamado "color de la reverberación" es un factor importante de la calidad del sonido de una sala. Las diferencias de color o timbre se deben a los distintos factores de absorción de los materiales de recubrimiento de las paredes, techo y suelo, para distintas frecuencias. Las reverberaciones "claras" o "brillantes" se producen en salas recubiertas de materiales que reflejan mejor la región aguda del espectro de frecuencias. Si el sonido reflejado por estas superficies es rico en sonidos de la parte baja del espectro, la reverberación es "opaca" u

- Dispersión Uniforme: El sonido es más agradable si se dispersa de forma uniforme, sin prominentes ecos, ni importantes "puntos muertos" "puntos vivos" en el auditorio. Esta dispersión uniforme se logra generalmente, evitando cualquier superficie de concentración y evitando grandes áreas planas que reflejen el sonido en el área de audición.
- Presencia Musical: Este concepto tiene que ver con la intimidad o sentirse parte integrante de la actuación y no como sujeto aislado de ella. Corto retraso entre el sonido directo y el primer sonido reflejado que alcanza al oyente.

La planificación preventiva es donde se recogen todas las actuaciones necesarias para reducir y controlar el riesgo evaluado mediante el informe higiénico en este caso. Ayuda a reducir la exposición al ruido de los profesionales de las OS, realizando una mejora acústica del escenario con elementos no fijos controlado mediante ODEON, incluyendo en la programación piezas musicales más silenciosas, alternando con otras de mayor intensidad en la que se utilicen los EPI y se disminuya el tiempo de ensayo colectivo con todos los instrumentos. Es fundamental la colocación y direccionamiento de los distintos instrumentos.

Situar los instrumentos o pasajes más ruidosos en diferentes partes de los ensayos y dar tiempo para realizar los ajustes necesarios y para que el oído de los intérpretes se recupere.

El director de orquesta puede jugar un importante papel a la hora de reducir la exposición al ruido de los músicos. Algunas medidas de control podrían ser las siguientes:

- En vez de realizar los ensayos con la orquesta al completo, efectuar más ensayos con una o varias secciones para trabajos específicos.
- Experimentar con mayor variedad de dinámicas dentro de la orquesta para conseguir unos menores niveles acústicos.

"oscura". En ambos casos, si el efecto es muy pronunciado, la inteligibilidad de la palabra hablada se ve perjudicada, pues la comprensión del habla depende de las frecuencias medias

- Realizar actuaciones con diversas distribuciones de orquesta, lo que dará descansos a las diversas secciones.
- Evitar ensayos innecesarios de las partes con sonidos muy fuertes.
- Los ensayos en los que participe la orquesta al completo, las correcciones se deberían trabajar únicamente con los músicos o secciones concretas que sean necesarias y no con toda la orquesta
- Utilizar paneles acústicos, telones y cortinas regulables para reducir los niveles de ruido.
- Estudiar la posibilidad de ampliar el escenario utilizando un proscenio para aumentar el espacio disponible para los intérpretes.
- Intentar que los locales dispongan de gradas para que los instrumentistas que están detrás no estén a nivel de las cabezas de los músicos de delante.
- Mejorar la proyección: Si se reduce la cantidad de energía dispersada entre el instrumento y el público, se podrá reducir la potencia que deban generar los músicos.
- Utilizar protectores auditivos si se prevé niveles por encima del nivel superior de exposición que da lugar a una acción.

En relación a la distribución de los asientos de los músicos, se debería considerar los siguientes aspectos:

- Aumentar la separación entre los músicos; un espacio medio de 1,7 a 2 m² por intérprete resulta adecuado.
- Evitar situar a los músicos bajo salientes o aleros, ya que esto contribuye a aumentar la exposición al ruido.
- Situar a las secciones de instrumentos más direccionales (como metales y maderas) en gradas para ayudarles a proyectar su sonido por encima de las cabezas de los intérpretes situados frente a ellos.
- No situar una fila de instrumentos ruidosos frente a otra fila de similares características, a menos que la fila trasera esté situada en una posición lo suficientemente alta como para poder tocar por encima de las cabezas de los intérpretes situados delante de ellos.

- En los escenarios planos, desplazar las filas de asientos de forma que los músicos no toquen directamente sobre la espalda del intérprete que tenga delante.

Capítulo 6. Conclusiones

Capítulo 6. . Conclusiones

6.1. Conclusiones

Por analogía a un balance de situación contable que muestra la fotografía estática de una organización, expongo a continuación a modo de síntesis los elementos más relevantes del estudio realizado y donde se muestra el vínculo entre el nivel de exposición a sonidos de alta intensidad en músicos profesionales de orquestas sinfónicas y la mayor prevalencia de hipoacusias inducida por este nivel de exposición.

Es objeto, de este apartado es plantear los aspectos básicos de las conclusiones que desde mi posición de prevencionista son relevantes y útiles, tanto para aquellos que tienen funciones gestoras dentro de la orquesta, para los higienistas industriales que necesitan valorar el nivel de exposición al ruido, como a los propios músicos, por cuanto conocer es lo que permite explorar en las claves para evaluar, intervenir y mejorar.

El trabajo que aquí se concluye se centra en el músico que realiza su actividad artística en una OS como trabajador por cuenta ajena y el riesgo de pérdida auditiva que conlleva trabajar de músico, siendo músico en una OS.

Ser músico implica ser artista y llevar la tarea musical fuera de las fronteras de la propia OS, como organización al ámbito de la vida privada.

De los objetivos que se marcaron al inicio del trabajo, ha habido un acercamiento al cumplimiento del objetivo general, de poder contribuir a la mejora de la calidad de vida laboral de los músicos de OS, por cuanto se da a conocer con este trabajo el nivel de riesgo por exposición al ruido de alta intensidad en su tarea laboral, a otros profesionales dentro del ámbito de la Universidad y que como un grano de arena sumará en un futuro inquietudes y otras sensibilidades profesionales que contribuirán para aminorar el impacto de la exposición al ruido de los músicos de orquestas.

En cuanto a los objetivos específicos marcados para este proyecto se ha llegado a establecer una estrategia de medición ad hoc, basada en la tarea, como la mejor opción para una estimación y valoración de la exposición al ruido, valorando siempre en términos de eficacia- eficiencia en la forma de obtener resultados que permitan aplicar las medidas técnicas, organizativas y de protección para la exposición que se prevea en cada repertorio.

Para ello se ha hecho un recorrido de análisis por las distintas estrategias de medición recogidas en la Norma UNE EN ISO 9612: 2011., las ventajas en inconvenientes que presenta cada una para la evaluación higiénica de la música sinfónica.

Gran parte del cuerpo del trabajo se centra en el análisis de evaluaciones higiénicas de distintas orquestas españolas. Las únicas que existen, ya que la mayoría de ellas no realiza mediciones higiénicas de ruido.

El resultado del dicho análisis arroja la presencia de elementos de desajuste entre unas y otras que dificultan la valoración de la propia evaluación higiénica del ruido por parte de personas ajenas al ámbito de la higiene industrial y que intervienen en las decisiones que afectan a la salud del músico y que por las características que presenta el propio trabajo musical se alejan del estricto cumplimiento legal del RD 286/2006.

En el diseño del proceso metodológico para referencia o modelo en las mediciones de ruido en las orquestas, como último de los objetivos marcados, se ha puesto de manifiesto carencias y desajustes en el propio RD 286/2006.

La razón está en que la normativa ha sido diseñada para evaluación de ruidos industriales en inicio, incorporándose o siendo de aplicación posteriormente a los sectores de la música y el ocio. Concretamente en el 2008.

Otra de las razones es que la base metodológica en la que se apoya el RD 286/2006 es la Norma UNE EN ISO 9612: 2011 que en el momento de

entrar en vigor estaba en plena modificación por el comité técnico, que terminó su ajuste en 2009.

Entre los aspectos que arroja que no son asimilables en mediciones de ruido se han encontrado algunos elementos, como por ejemplo el tiempo de medición en la música sinfónica siempre tiene que ser ajustado a la propia obra y descansos, no es válido el tiempo de 5 minutos de medición como representativo en la estrategia de medición basada en la tarea.

El número de mediciones entre 3 y 6 de cada tarea, tampoco resulta de aplicación puesto que ninguna tarea es repetible en modo ensayo por las propias características del trabajo, a demanda de lo que el director de orquesta quiere reseñar o repetir, de ahí que se hayan considerado solo una medición por tarea. Esto ha sido quizás una de las limitaciones de este trabajo y que da como opción a otros investigadores/as incidir en el estudio del desajuste de la normativa para la aplicación a la evaluación de riesgo higiénico a los profesionales de la música para que el procedimiento de medición sea plenamente aplicable a estos profesionales una vez incorporados en la normativa.

Otro aspecto es la forma de medir la intensidad de la música sinfónica es considerar la mejor opción la del modo bandas de octava o de tercio de octava ya que es necesario el estudio de frecuencias en función del tiempo para poder elegir la protección colectiva adecuada. Esta forma de medir en vez de modo sonómetro es la que ha sido de elección.

Por último reseñar que el diseño de la programación de los sonómetros, estudio de opciones y dificultades no contempladas en los manuales de la instrumentación utilizada ha sido uno de los escollos que más han demandado de estudio y de ensayo- error, hasta conseguir la mejor opción que se ajusta a la medición de ruido sinfónico.

En cualquier caso los beneficios potenciales de este trabajo está en ser un elemento facilitador para quienes se enfrenten por primera vez a una evaluación higiénica de ruido en una orquesta sinfónica y de ayuda a las

personas que de una forma u otra toman decisiones en la organización del trabajo de los artistas, para que éstas decisiones estén encaminadas a mejorar la calidad de vida laboral de éstos profesionales.

Capítulo 7. Bibliografía

- ASOCIATION OF BRITISH ORCHESTRAS, febrero 2008. El oído sano. Traducido al español por (AEOS) Asociación Española de Orquestas sinfónicas.
- ASSOCIATION OF BRITISH ORCHESTRAS. Formación y sensibilización sobre la exposición de los músicos al ruido. Semana Europea de la Seguridad y Salud en el Trabajo. 2005.
- BAKER, Mercedes (traductora). Como conocer los instrumentos de orquesta. Diagram Group. 1996
- BEJARANO PELLICER, CLARA El mercado de la música en la Sevilla del Siglo de Oro. Universidad de Sevilla. 2013
- CÁCERES ARMENDÁRIZ P, GARCÍA GONZÁLES J, El ruido y los músicos de la orquesta sinfónica. Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. Valencia 2001.
- CASARES RODICIO, Emilio. Música y actividades musicales. España, Everet. 1996
- CASTEJÓN, Emilio. CAVALLÉ Nuria, GUASCH Juan. Ruido problemas resueltos. INSHT.
- CHONG GL. Músicos OIT. Enciclopedia de salud y Seguridad en el trabajo, 3ª Edición 1999.
- CHONG, GL Músicos OIT. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. 3ª edición 1999; 96.26-96.28
- COMISIÓN EUROPEA- SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. Notas explicativas de ayuda al diagnóstico de las Enfermedades Profesionales.
- CONSEJO INTERTERRITORIAL SISTEMA NACIONAL DE SALUD. Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los/as trabajadores expuestos a ruido. 2000.
- CORTÉS DÍAZ, José María. Técnicas de Prevención de Riesgos laborales. Seguridad e Higiene en el Trabajo. Editorial Tébar S.L. 9ª edición.
- CUDENNEC, Y. F; FRATTA, A; PONCET, J.L; RONDET, P; BUFFE, P. Effets de la musique de forte intensite chez les musiciens de la Garde Republicaine. Ann. Otolaryngol. Chir Cervicofac. 1990;
- CYRIL, M, Harris. Manual de medidas acústicas y control de ruido. España. Impresos y Revistas S.A.
- DALIA, Guillermo. Como ser feliz si eres músico o tienes uno cerca. Ed Mundi música.

- DEBÉS I, Schneider MP, Malchaire J. Etude épidémiologique des problèmes de santé des musiciens d'un orchestre symphonique. Medecine du travail et ergonomie 2004.
- DEBÉS I, SCHNEIDER MP, NALCHAIRE J. Etude Épidémiologique des problèmes de santé des musiciens d'un orchestre Symphonique. Médecine du travail 2004.
- ECHARTE PUY. Julen.3D, Modelización para la simulación acústica de recintos escénicos de gran capacidad.
- ERGA Nº 77, 2012
- ERGA Nº 77, 2012.
- FLORES PEREIRA, P. Manual de acústica, ruido y vibraciones. Ed BYC, Barcelona, 1990.
- GEORGIA STATE UNIVERSITY. Hyperphysics is hosted by the departamento of physic and Astronomy.
- GIGER R, MATEFI R. CASTRILLÓN, N. LANDES, J.P. GUYOT. La audición en el músico de la orquesta sinfónica. Un seguimiento de 20 años en 78 músicos.
- GIGER, R; MATÉFI, L; CASTRILLÓN, R; LOUDIS, N; GUYOT, J, P. La audición en el músico de la orquesta sinfónica. Un seguimiento de 20 años en 78 músicos.
- Guía Técnica del Real Decreto 286/2006
- GUYOT J Ph. Le bruit et les troubles auditifs. Med et Hyg. 1999.
- GUYOT JPh. Le bruit et les troubles auditifs. Med et Hyg 1999;57:1968-9.
- HARRI, Ciril M. Manual de Medidas Acústicas y control de ruido. España Impresos y Revisas S.A.S
- HOHMANN, B.W. Musique et troubles de l'ouïe. Informations pour ceux qui font ou écoutent de la musique Lucerne, Suva, 2008.
- <http://prevengamosenfermedadesprofesionales.es.tl/LOS-MUSICOS-d--entre-el-arte-y-las-enfermedades.htm>
- <http://www.medecine-des-arts.com/>
- INSHT. Evaluación de la exposición al ruido; Determinación de niveles representativos.
- INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITÉ. Evaluer et mesures l'exposition professionnelle au bruit.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (INSHT). Calculadores de Prevención. 2011.

- JONSON, D.W.; SHERMAN, R. E; ALDRIDGE, J.; LORRAINE, A. Effects of instrument type and orchestral position on hearing sensitivity for 0,25 to 20 kHz in the orchestral musician. Scand. Audiol. 1985.
- KARLSSON, K; LUNDQUIST, P.G; OLAUSSEN, T; The hearing of symphony orchestra musicians. Scand. Audiol 1983.
- LAGUNA MILLÁN, M^a José. La organización del trabajo y la estructura de la empresa, elementos clave de los riesgos laborales en las orquestas sinfónicas. ISBN-13. 978-84-695-6450-9. 2012
- LARREGUI, Graciela A. Hipoacusia inducida por la música (HIM), la otra cara de la música.
- LEHNHARDT, Ernst. Práctica de la Audiometría, Argentina, Ed. Panamericana, 1992, 6^a edición.
- LÓPEZ MUÑOZ, G. INSHT. El ruido en el lugar del trabajo.
- María Setuain y Javier Noya. Género sinfónico. La participación de las mujeres en las orquestas profesionales españolas.
- MARTÍN VALVERDE, Antonio, RODRÍGUEZ SAÑUDO GUTIERREZ, Fermín, GARCÍA MURCIA, Joaquín. Derecho del Trabajo. Ed Tecnos.
- MEYER-BISCH, CH. Guide de prévention du risque auditif. Pratique de la musique acoustique. Angers (France), Association Française des Orchestres, 2007
- MORON ROMERO, M CARMEN. Fundamentos de acústica. Material del proyecto docente del módulo Higiene Industrial. 2014.
- NORTHERN, Jerry L. Trastornos de la audición. España, Salvat. 1979.
- NTP 864 y 865. Ruido en los Sectores de la música y el ocio. NISHT.
- NTP 865 del INSHT. El ruido en los sectores de la música y el ocio.
- NTP 951. Estrategia de medición y valoración de la exposición a ruido (II): Tipos de estrategias.
- NTP 952. Estrategia de medición y valoración de la exposición a ruido Ejemplos de aplicación.
- Observatorio de Prevención Auditiva para los músicos –OPAM-
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Detección precoz de enfermedades profesionales.
- OSTRI, B ; ELLER, N; DAHLIN, E; SKYLV, G; Hearing impairment in orchestral musicians. Scand Audiol. 1989.
- PATEL, J. Musician's hearing protection. A review. Harpur Hill (London), Health and Safety Laboratory (HSL), 2008

- Protocolo de Vigilancia sanitaria específica. Comisión de salud pública. Consejo interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de sanidad y consumo. Año 2000
- RABINOWITZ J, HUSLER R, BRISTOW G, REY P. Etude la musique de forte intensité chez les musiciens del, Orquestre de la Suisse Romande. Méd et Hyg 1982; 40: 1909-12.
- RABINOWITZ, J ; HAUSLER, R; BRISTOW, G, REY, P. Etude la musique de forte intensité chez les musiciens de l,Orquestre de la Suisse Romande. 1982.
- RAFAEL OROZCO DELCLÓS, Luis Tecnopatías del músico. Aritza comunicación SL. ISBN 84-922330-0-1.
- RD 286/ 2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de Octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 5/2000, de 4 de Agosto. Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.
- REJANO DE LA ROSA, M. Ingeniería acústica. Málaga, 1987.
- REJANO DE LA ROSA, Manuel. Ruido industrial y urbano. Ediciones Paraninfo, S.A.
- RICHOUX C, LOTH D, TEYRSON M. Consequences auditives de L,exposition sonore de musiciens d,orchestres de musique clasique. INRS. Documents pour le médecin du travail, nº 76, 1998.
- RICHOUX C, LOTH D, TEYRSON M. Consequences auditives de l,exposition sonore de musiciens d,orchestre de musique classique. INRS. Documents pour le medecin du travail, nº 76, 1998.
- Ruido en los sectores de la música y el ocio. Código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del RD 286/2006, en los sectores de la música y el ocio.
- SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA. Revista española de acústica.
- THIERY L. Estimación du risque auditif atribuible a la musique pour les personnels du monde de spectacle. INRS 2004.
- TUBIANA R. Prevention de la pathologie des musiciens. Medecine des Arts 1995.

- UNE EN ISO 9612: 2011. Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo, método de ingeniería 2011:1.
- UNE EN ISO 9612:2009. Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo, método de ingeniería 2009:51.
- UNE-EN ISO 7731:2006. Ergonomía. Señales de peligro para lugares públicos y lugares de trabajo. Señales acústicas de peligro (ISO 7731:2003).
- WERNER, Antonio. El ruido y la audición. Argentina. 1995.

ANEXO I

Valoración medidas en tiempo real realizadas con el sonómetro SC310 el 23 de Junio en la ROSS. Ensayo colectivo del cuarto movimiento de la Novena Sinfonía de Beethoven

El sonómetro integrador SC310 dispone de comunicación USB y RS-232. Mide todos los parámetros simultáneamente con ponderaciones frecuenciales A, C y Z. Una única escala y cumple con la metrología legal. Es un sonómetro integrador promediador tipo 1.

Se ha realizado la medición con la aplicación del software capture studio que permite:

- Configurar el equipo de medición CESVA
- Capturar datos del equipo de medición CESVA en tiempo real
- Volcar al PC registros almacenados en la memoria del equipo de medición CESVA.
- Visualizar gráfica y numéricamente ficheros de datos y convertirlos a diferentes formatos.
- Copiar al portapapeles los gráficos, texto y tablas.
- Editar ficheros de mediciones con el software de “capture studio editor”.

Se ha utilizado en la medición el control remoto mediante cables que conectan los sonómetros con los PC con USB.



Conexión USB sonómetro



Ordenador portátil

Previamente ha sido necesario un estudio minucioso del manual de instrucciones de los sonómetros que miden en banda de octava y del software “capture studio” para poder configurar la medición de forma adecuada.

En este proceso se han tenido que resolver cuestiones técnicas que dificultaban la medición y que solo son visibles cuando se realizan mediciones de campo.

Las mediciones se han realizado con el sonómetro integrador³¹ promediador clase I SESVA SC310, es también un analizador de espectro en tiempo real por bandas de octava y tercio de bandas de octava con filtros clase I.

Los filtros son uno de los componentes del sonómetro encargados de transformar la señal de entrada y adaptarla para el análisis. En este caso son de dos tipos:

- De Banda: Son los encargados de dividir la señal de entrada en bandas.
- De Ponderación: Son los encargados de aplicar las curvas A, C y Z a la señal de entrada.

Normas internacionales que cumple:

IEC 61672

EN 61672

IEC 60651

IEC 60804

EN 60651

EN 60804

³¹ Integrador: es el encargado de realizar la ponderación exponencial temporal

Se valora realizar un análisis espectral del sonido para obtener un número de niveles continuos equivalentes uno para cada banda de octava y conocer el nivel continuo equivalente total de cada banda de octava. Para ello ha sido necesario realizar las mediciones conectado con cable y puerto USB al PC donde está instalado el programa de capture studio.

Solo de esta forma quedan almacenados los datos en el proceso que dura la medición. De no ser así el sonómetro guarda solo los valores globales sin que se pueda visualizar las gráficas una vez terminada la medición y las gráficas solo muestran los valores del último segundo.

De no estar conectado el sonómetro con el PC, tampoco podrían verse las funciones a 125 ms.

En las instrucciones de manejo se recoge que estos valores se guardan en sonómetro con la opción grabación, pero probada esta opción solo guarda los valores globales y el nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración consecutiva de 125 ms, pero no la opción de las gráficas.

Esto es así para todas las opciones de programación del tiempo de integración "T" de que dispone el sonómetro y que cumplan el requisito de modo de integración de tiempo de 1000 ms, que insta la normativa laboral del ruido, el RD 286/2006.

Se han realizado pruebas de medición con las distintas opciones de que dispone el sonómetro para elegir el valor numérico del tiempo de integración "T".

- De 1 a 59 segundos
- De 1 a 59 minutos
- De 1 a 99 horas

Ha sido esta última opción la adecuada para poder visualizar el análisis espectral en bandas de octava 1/1.

Elegida esta opción se hace coincidir el tiempo de integración “T”, al tiempo de medición “t” y se actualiza el valor de las funciones medidas cada segundo que es lo que necesitamos. Además ofrece el modo short de integración de tiempo correspondiente a 125 ms.

El resto de opciones de programación de la configuración del tiempo de integración “T”, el valor de las funciones se actualiza cada vez que finaliza el tiempo de integración consecutiva, cada “T”.

Al elegir el modo analizador de espectro por banda de octava 1/1 en el SC310, se han obtenido simultáneamente en todo el rango dinámico (una sola escala) y en tiempo real las siguientes funciones:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración consecutiva programable “T” y sin ponderación frecuencial para cada una de las bandas de octava centradas en las frecuencias en Hz de 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, Hz.
- Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración consecutiva de 125 ms (short Leq), en tiempo real para las bandas de octava centradas en las frecuencias en Hz de 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, Hz.(sin ponderación frecuencial).
- Nivel continuo equivalente de presión sonora global con tiempo de integración 125 ms y con las ponderaciones frecuenciales A, C, Z.
- Nivel de pico global (Lpeak) para el tiempo de integración consecutiva de 125 ms y con ponderación frecuencial A, C, Z.
- Nivel de presión sonora continuo equivalente total del intervalo de integración “T”, con ponderación frecuencial A, C, Z.
- Nivel máximo de presión sonora de pico del intervalo de integración “T”, con ponderación frecuencial A, C, Z.
- Niveles percentiles parciales 1, 5, 10, 50, 90, 95, 99%, correspondiente al intervalo de integración “T” del nivel de presión sonora continuo equivalente medido en cada una de las bandas de octava.

- Niveles percentiles globales 1, 5, 10, 50, 90, 95, 99%, correspondientes al intervalo de integración “T” del nivel de presión sonora continuo equivalente total medido con la ponderación frecuencial A.
- Funciones acústicas NC y NR.

El modo slow o lento corresponde a una constante de tiempo de 1 segundo.

El modo fast, resulta de una constante de tiempo de 125 milisegundos

El modo impulse, corresponde a una constante de tiempo de 35 milisegundos

El modo peak es una constante de tiempo extremadamente pequeña de 50 microsegundos

Este tipo de respuestas condiciona el uso de los sonómetros y dosímetros frente a los distintos tipos de ruido.

A modo de aclaración decir que a la hora de analizar y caracterizar el sonido sería complicado analizar todas las frecuencias (el campo de las frecuencias es un campo infinito de números reales y positivos). Es por esto que se crea el concepto de análisis espectral consistente en agrupar las diferentes frecuencias por intervalos³².

Sin embargo el sonómetro da valores de nivel de presión sonora globales con ponderación frecuencial A, C, Z valorados con filtros continuos en frecuencia, no son calculados aplicando los coeficientes discretos a los filtros por banda de octava.

Es por esta razón por la que si se calculasen podrían existir diferencias apreciables entre unos y otros valores.

³² Desde los 16 Hz hasta 200 Hz se denominarán frecuencias bajas. Entre 200 Hz y 2 kHz frecuencias medias y, por encima de 2 kHz frecuencias altas. También pueden dividirse como graves/medias/agudas en función del tono que generan. el oído humano no tiene la misma sensibilidad para todas las frecuencias y se agrupan en bandas

Al espectro de ancho de banda de octava se concreta con la frecuencia central³³ de la banda, así pues, cuando se haga referencia a la banda de 500 Hz se estará refiriendo realmente a todas las frecuencias que van desde 352 Hz hasta 704 Hz.

El modo grabación escogido ha sido “Funciones T+125 ms”

Este tipo está especialmente diseñado para la obtención de información con un gran detalle a nivel temporal y espectral.

Guarda cada 125 ms las “Funciones 125 ms” y cada “T” las “Funciones T”.

En los ajustes previos a la realización de la medición se ha configurado el tiempo de integración “T” igual al tiempo de medición “t”, para ello en la configuración del sonómetro se elige la opción de tiempo de 1 a 99 h.

Con esta opción el valor de las funciones medidas se actualiza cada segundo.

1. Para valores “T”

Se le han aplicado a los valores espectrales los coeficientes del filtro de ponderación frecuencial A.

- a. Numérico modo Analizador 1/1
- b. Gráfico temporal modo analizador
- c. Gráfico curvas NC
- d. Gráfico curva NR
- e. Gráfico frecuencial modo Analizador 1/1
- f. Gráfico 3 D

2. Para valores de 125 ms

Se le han aplicado a los valores espectrales los coeficientes del filtro de ponderación frecuencial A.

³³ En cualquier caso el espectro de banda de octava cumple la condición $f_2=2f_1$, f_c =raíz cuadrada $f_1 \cdot f_2$, (frecuencia inferior *frecuencia superior)

- a. Numérico modo Analizador 1/1
- b. Gráfico temporal modo analizador
- c. Gráfico curvas NC
- d. Gráfico curva NR
- e. Gráfico frecuencial modo Analizador 1/1
- f. Gráfico 3 D

a. Numérico modo Analizador 1/1.

Aquí se muestra la información en formato tabla con los valores de nivel equivalente y nivel pico para cada banda de octava, conjuntamente con los valores globales con las ponderaciones frecuenciales A, C, Z.

Estas tablas en el capture studio tiene los valores sincronizados con el gráfico temporal, gráfico frecuencial, gráfico 3D y curvas NC y NR.

A los valores espectrales se les ha aplicado los coeficientes de los filtros de ponderación frecuencial A, Z, C en cada banda de octava.

Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:29:43 T:00:39:57 Se aplica coeficientes ponderación : A	

	31,5H	63H	125H	250H	500H	1kH	2kH	4kH	8kH	16kH
	z	z	z	z	z	z	z	z	z	z
LT	21,2	47,9	69,6	75,7	82,8	89,4	86,3	74,8	57,0	45,0

LT: Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración “T” igual a “t” para cada banda de octava centrada en los valores de la tabla sin ponderación frecuencial.

LZT	93,4 dBZ
LAT	91,8 dBA
LCT	93,4 dBC
LZpeak	115,9 dBZ
LApeak	114,5 dBA
LCpeak	115,5 dBC

LZT: Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración “T” y ponderación frecuencial Z.

LAT: Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración “T” y ponderación frecuencial A.

LCT: Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de integración “T” y ponderación frecuencial C.

LZpeak: Nivel global de pico de presión sonora con ponderación frecuencial Z.

LApeak: Nivel global de pico de presión sonora con ponderación frecuencial A.

LCpeak: Nivel global de pico de presión sonora con ponderación frecuencial C

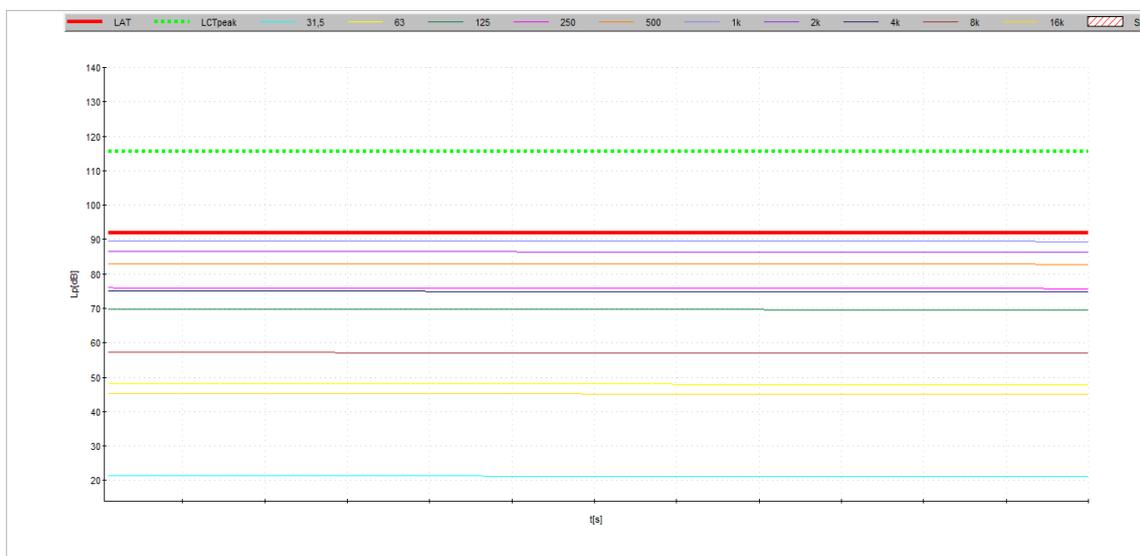
	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	LA
L1	71,0	85,0	96,5	94,5	95,0	99,5	96,0	83,5	70,0	61,0	101,0
L5	66,0	80,5	93,0	90,5	92,5	96,5	91,5	79,5	64,0	54,5	98,5
L10	63,5	78,0	90,5	88,0	90,5	94,5	89,0	77,5	60,5	51,5	96,5

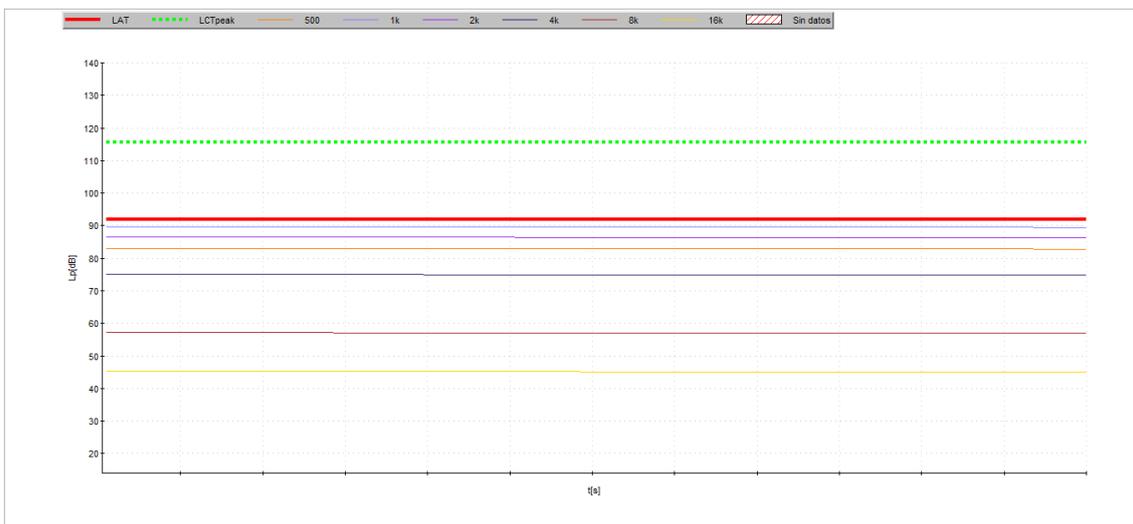
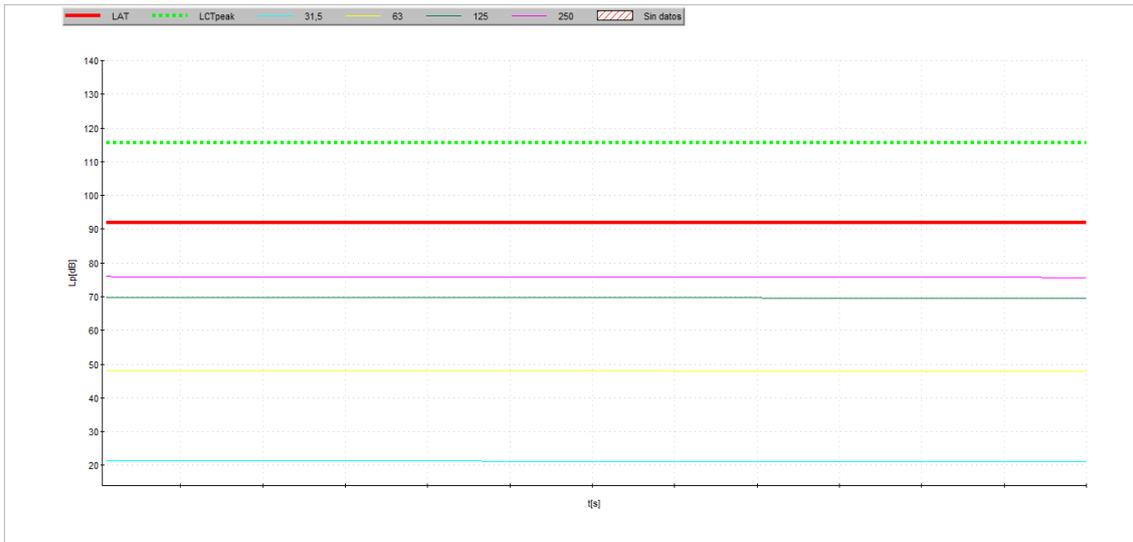
L50	56,0	64,5	74,0	78,5	81,5	80,0	76,0	65,5	49,0	39,0	85,0
L90	51,5	50,0	56,0	59,0	59,5	54,0	49,0	41,0	29,0	22,0	61,0
L95	50,0	48,0	52,0	54,5	53,5	47,0	41,5	34,5	25,5	19,5	55,0
L99	48,0	45,5	45,0	45,5	42,5	39,0	35,0	28,0	20,5	17,0	46,0

Siete percentiles L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , L_{99} , correspondientes al último periodo de integración “T”, que se ha configurado igual al tiempo de medición “t”, para las bandas de octava centradas en los valores recogidos en la tabla (sin ponderación frecuencial), y para el valor global con ponderación frecuencial A.

b. Gráfico temporal modo analizador

Este gráfico permite ver la evolución temporal de las funciones activas de la tabla numérica. En este caso están todas activas, pero para visualizar mejor los valores entre las bajas y altas frecuencias y los valores globales equivalentes y de pico se han desactivado distintas funciones.

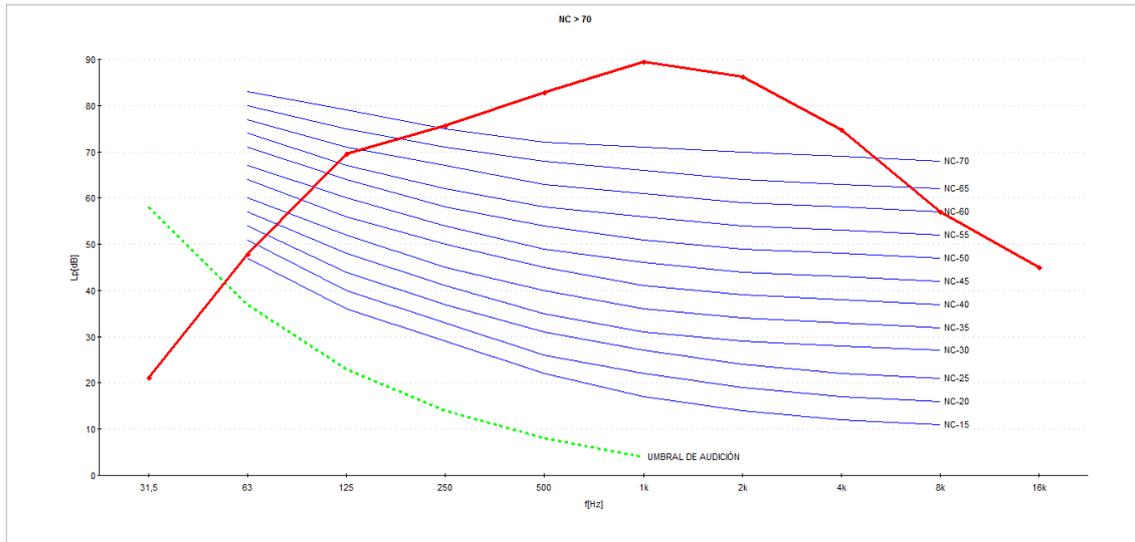




c. Gráfico curvas NC

Este gráfico muestra la representación de las curvas NC. Aparece el gráfico del espectro y el umbral de audición y en la parte superior de la ventana se representa de forma numérica el valor de la curva NC que se sobrepasa.

En el estudio higiénico del ruido en las OS no tiene interés puesto que esta gráfica está indicada para estudio de confort acústico en valoraciones de ruido ambientales de trabajo.

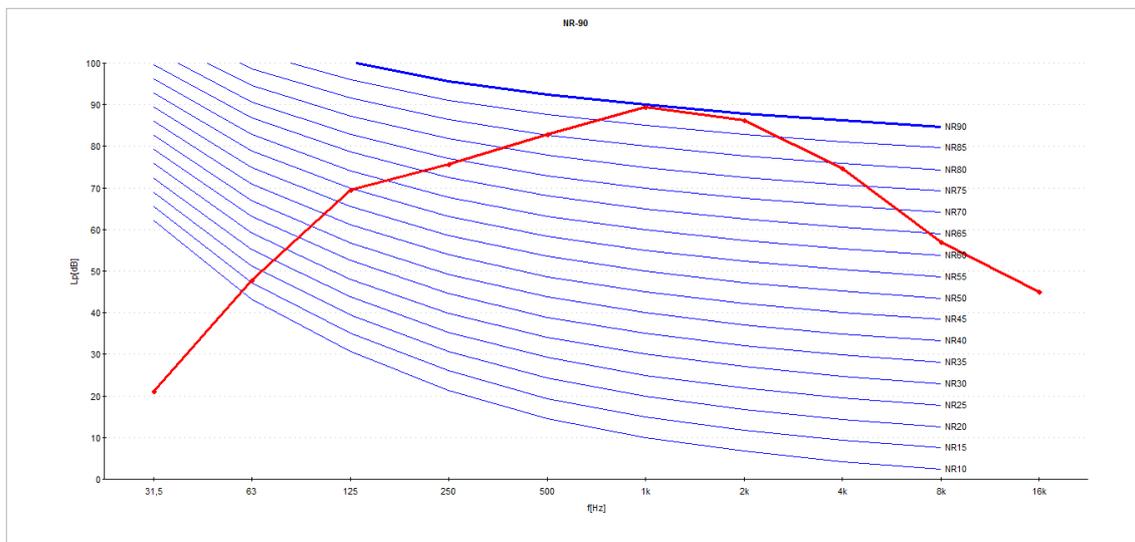


d. Gráfico curva NR

Este gráfico muestra el valor de la curva NC que no supera el espectro medido. Es decir el valor de la curva NC que define el espectro.

El valor de la curva NC que no se ha superado en cada banda de octava. Esta información es útil para saber que banda de octava es la que fija el valor de la curva NC del espectro total, es decir, como mínimo debe haber uno de estos valores igual al valor de la curva NC que define el espectro total.

En el estudio higiénico del ruido en las OS no tiene interés puesto que esta gráfica está indicada para estudio de confort acústico en valoraciones de ruido ambientales de trabajo



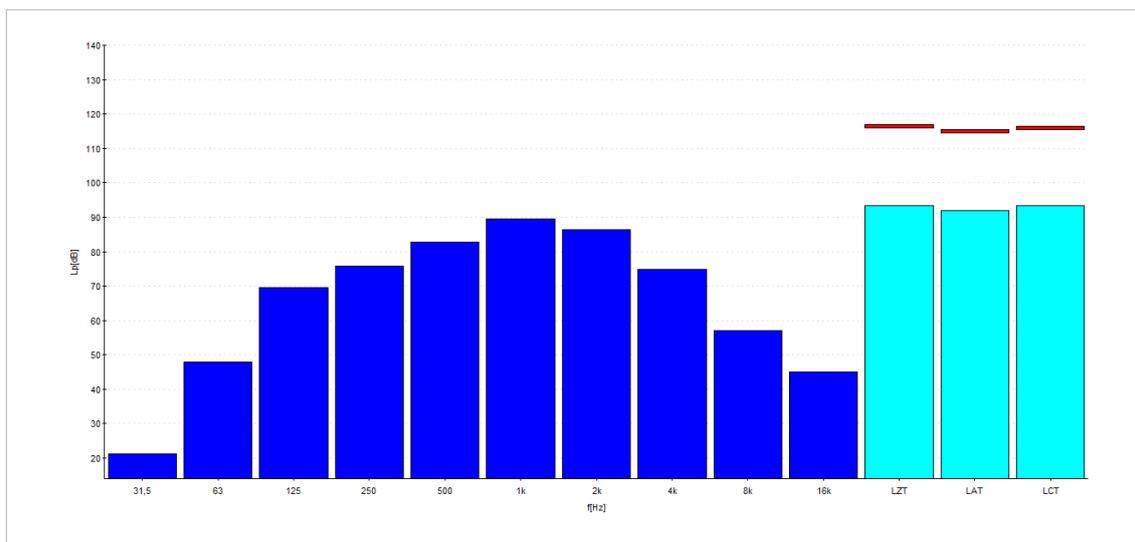
Este gráfico muestra el valor de la curva NC que no supera el espectro medido. Es decir el valor de la curva NC que define el espectro.

El valor de la curva NC que no se ha superado en cada banda de octava. Esta información es útil para saber que banda de octava es la que fija el valor de la curva NC del espectro total, es decir, como mínimo debe haber uno de estos valores igual al valor de la curva NC que define el espectro total.

Se ponen a modo de ejemplo pero no son útiles para las mediciones de ruido en orquesta, tienen interés para mediciones ambientales del confort acústico.

e. Gráfico frecuencial modo Analizador 1/1

Este gráfico muestra la representación espectral de los niveles equivalentes y niveles pico, junto con los valores globales con ponderación frecuencial A, C y Z.

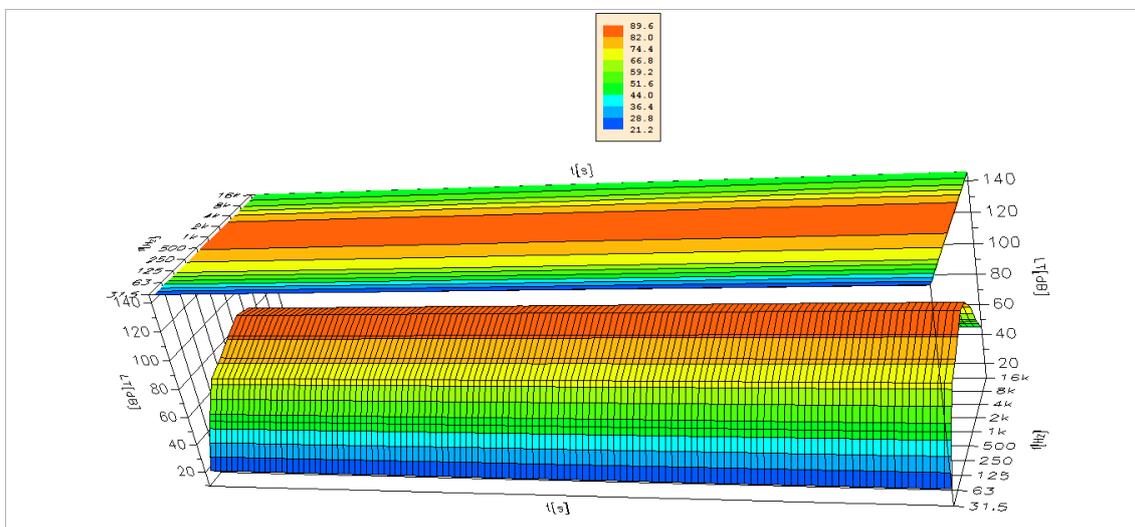
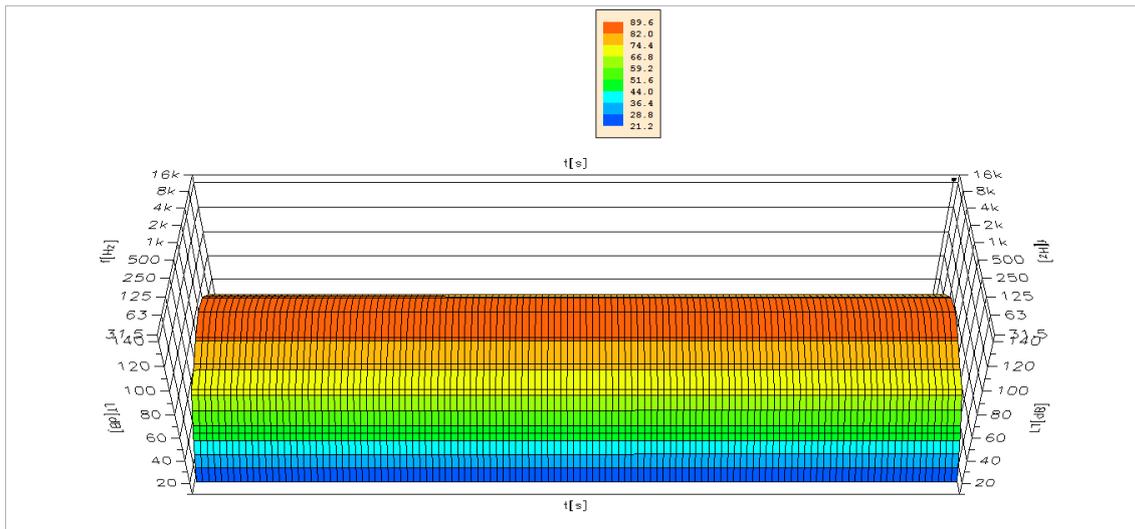


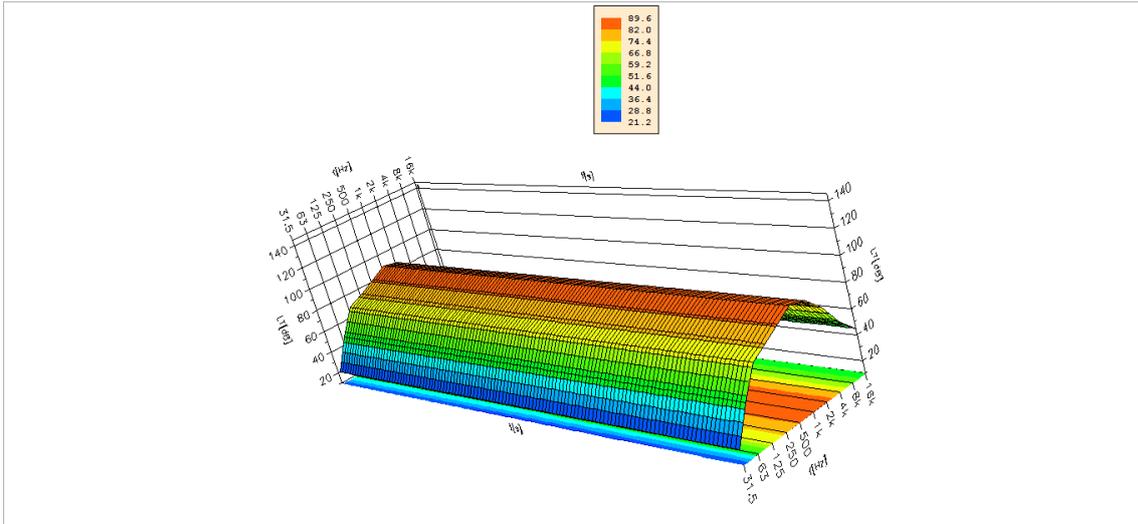
Este gráfico presenta un análisis frecuencial en tiempo real en forma de gráfico de barras. También presenta en forma de barras la información de los niveles

de presión sonora globales medidos con las ponderaciones frecuenciales Z, A y C.

f. Gráfico 3D

Este gráfico muestra una representación espectro-temporal del nivel equivalente.



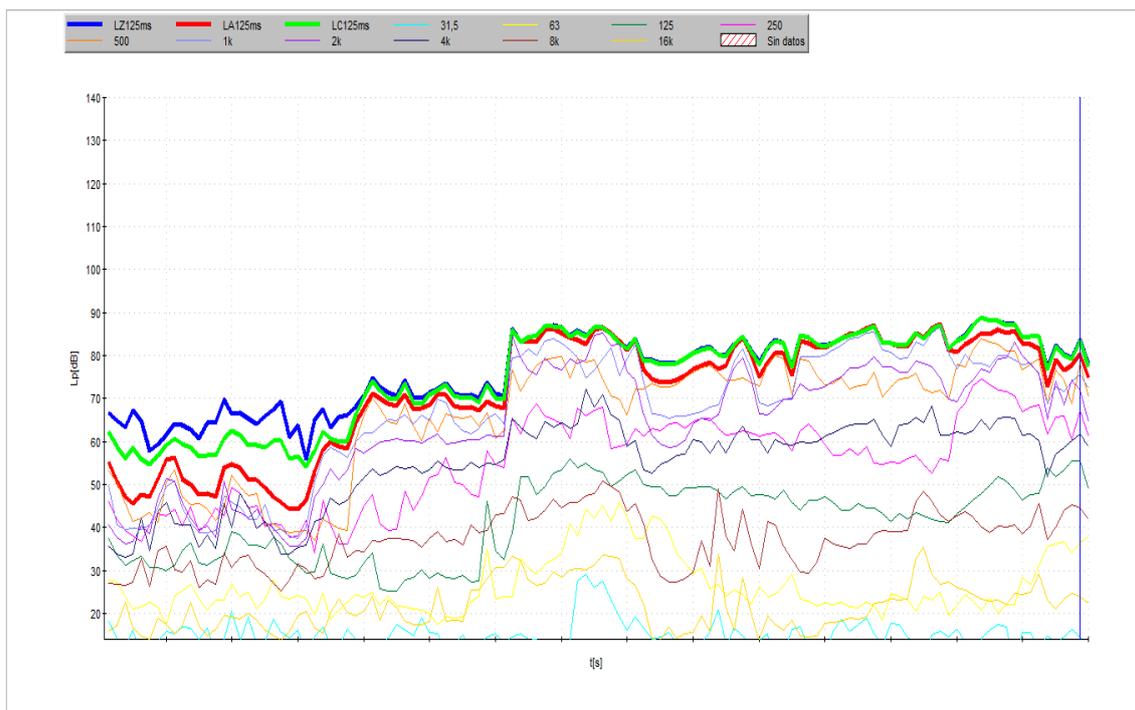


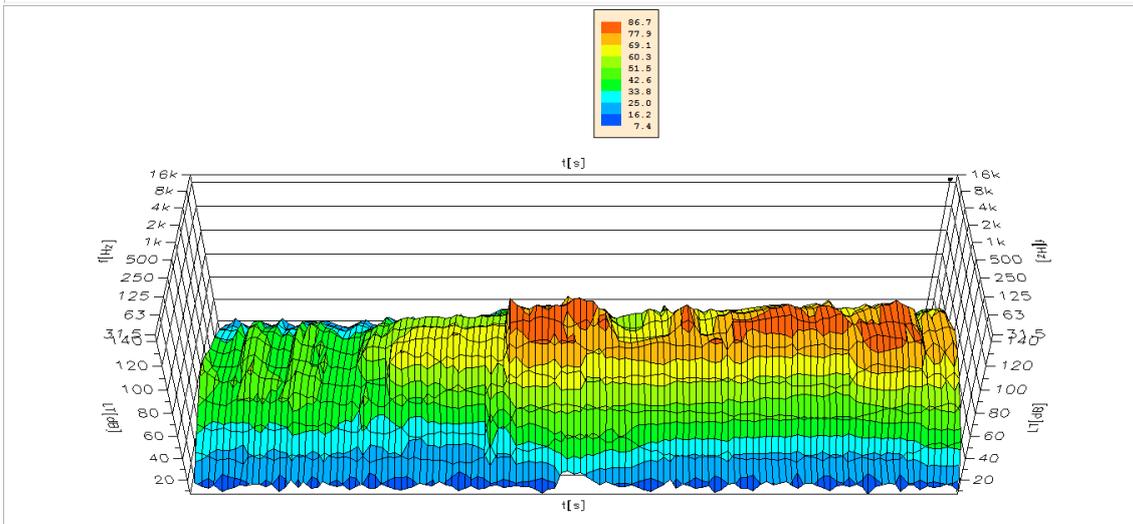
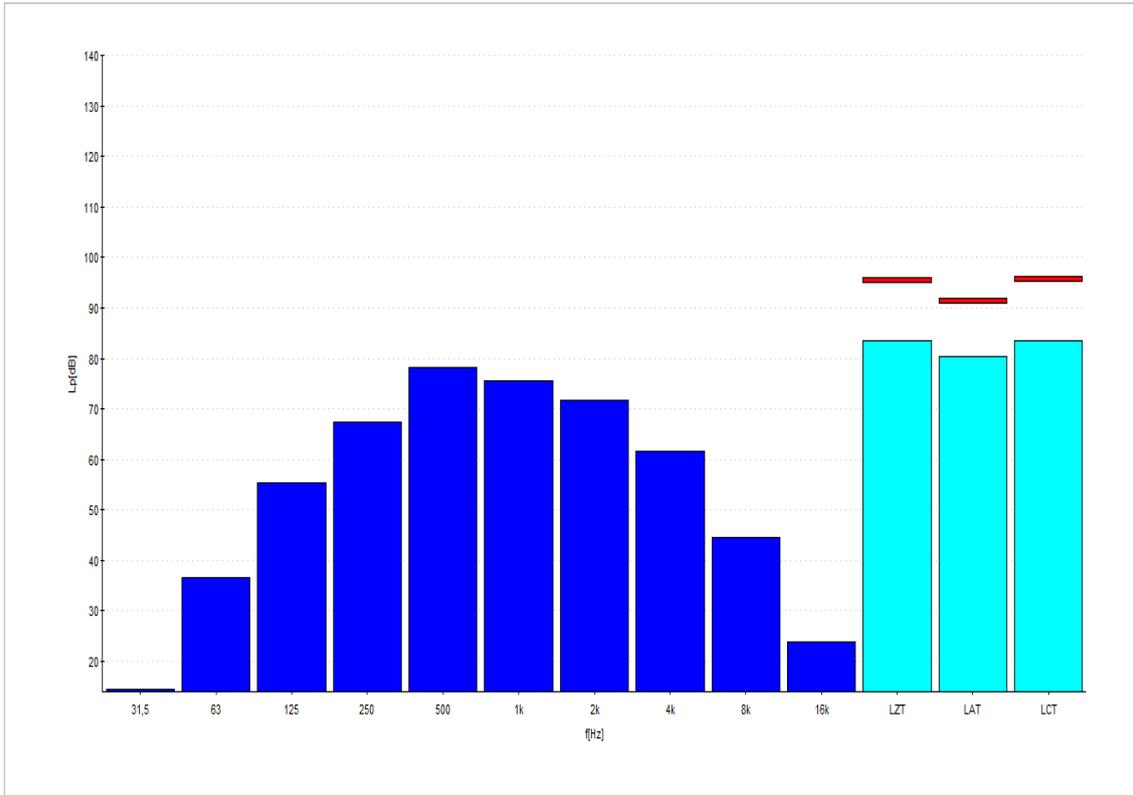
Para valores de 125 ms

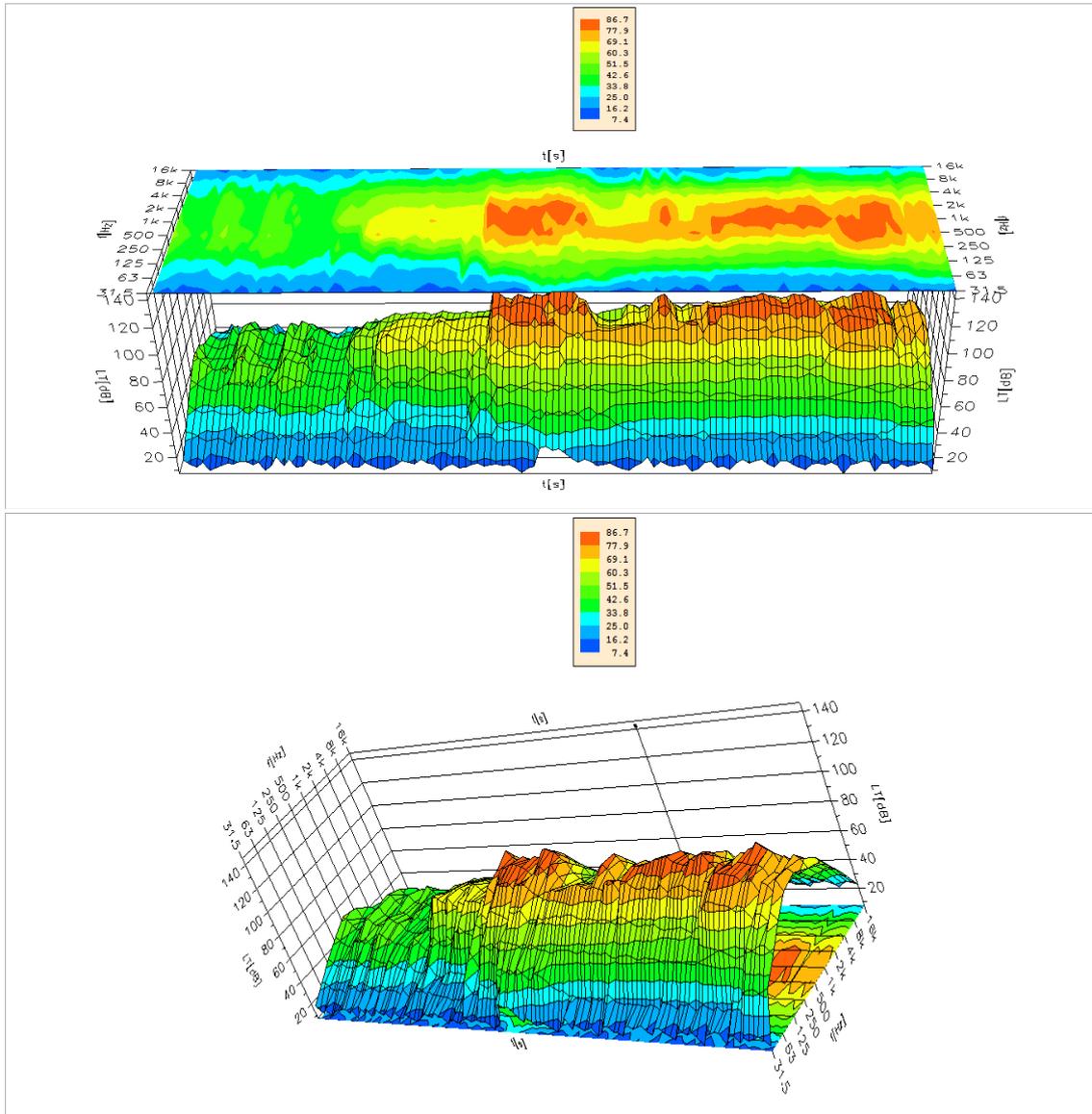
Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:29:43 875 ms T:00:39:57	
Se aplica coeficientes ponderación : A	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
L125	14,6	36,5	55,4	67,3	78,3	75,6	71,8	61,7	44,5	23,9

LZ125:	83,6 dBZ
LA125:	80,3 dBA
LC125:	83,5 dBC
LZpeak:	95,1 dBZ
LApeak:	90,9 dBA
LCpeak:	95,2 dBC



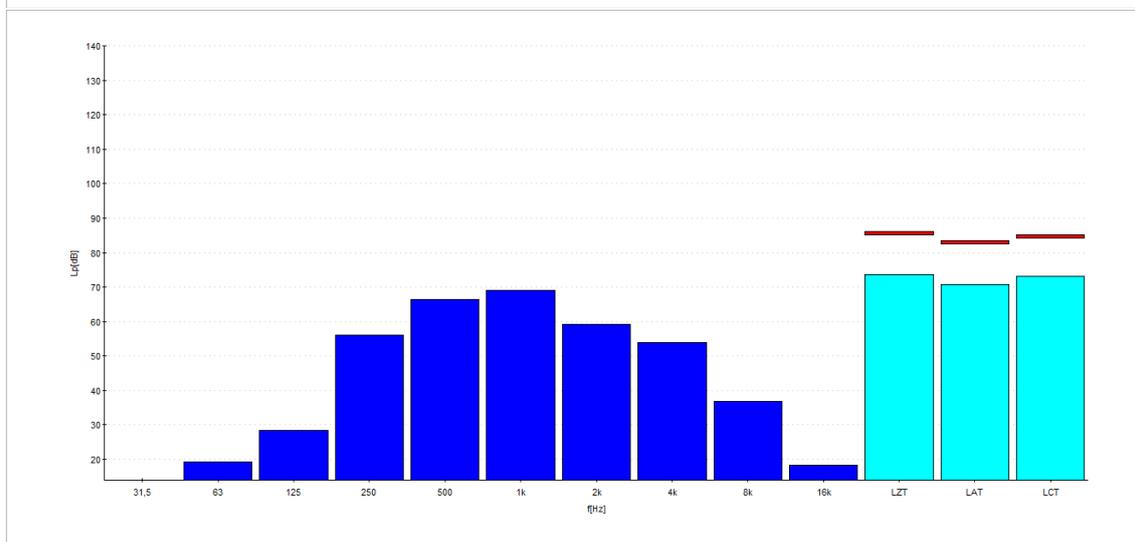
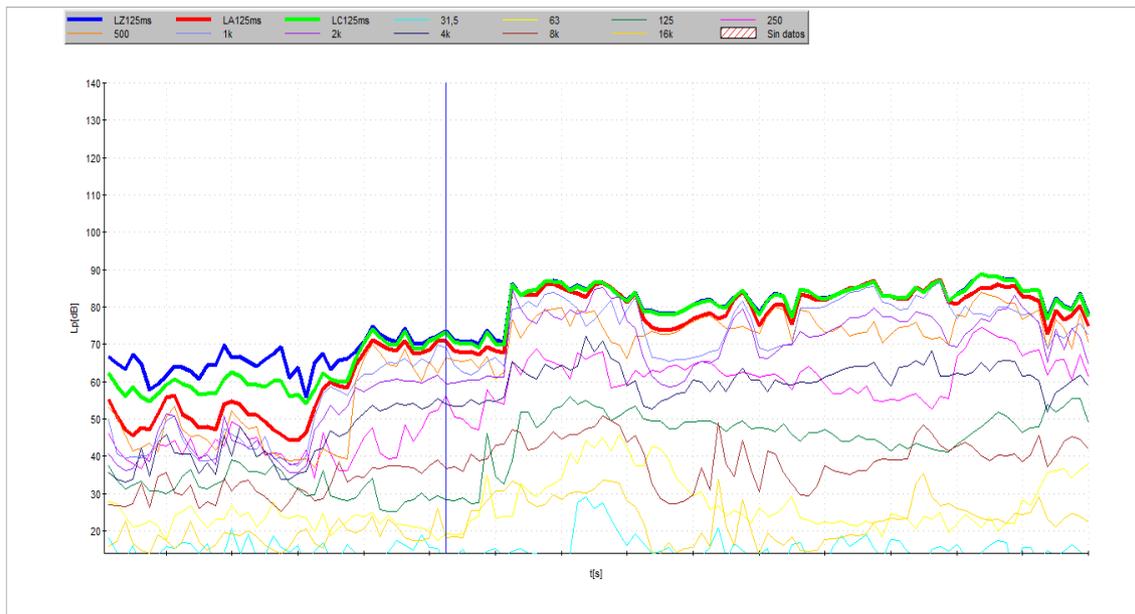


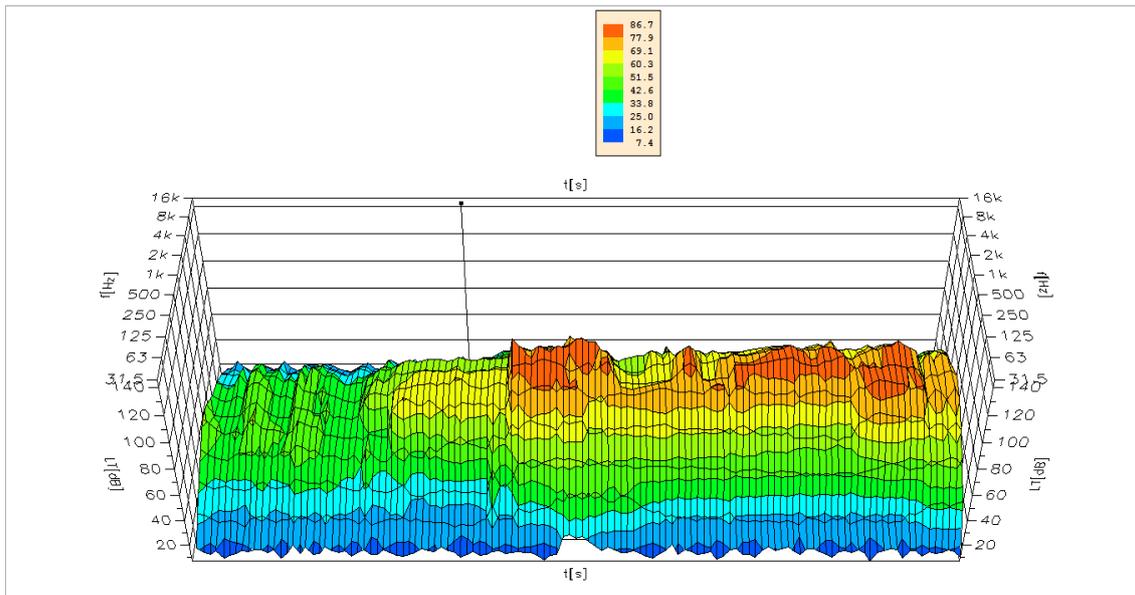


Barrido 1 datos cursor a 125 ms primera medición día 23 junio

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
L125	10,1	19,2	28,4	56,2	66,4	69,0	59,3	54,0	36,8	18,3

LZ125:	73,6 dBZ
LA125:	70,8 dBA
LC125:	73,2 dBC
LZpeak:	85,1 dBZ
LApeak:	82,6 dBA
LCpeak:	84,1 dBC

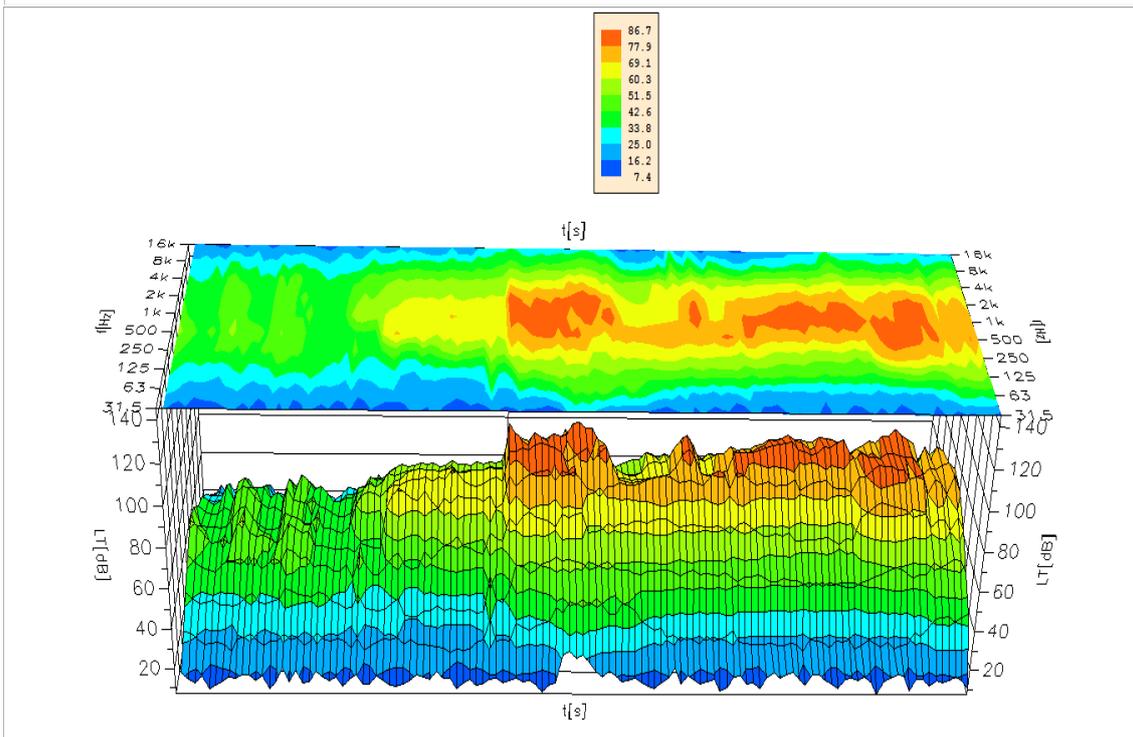
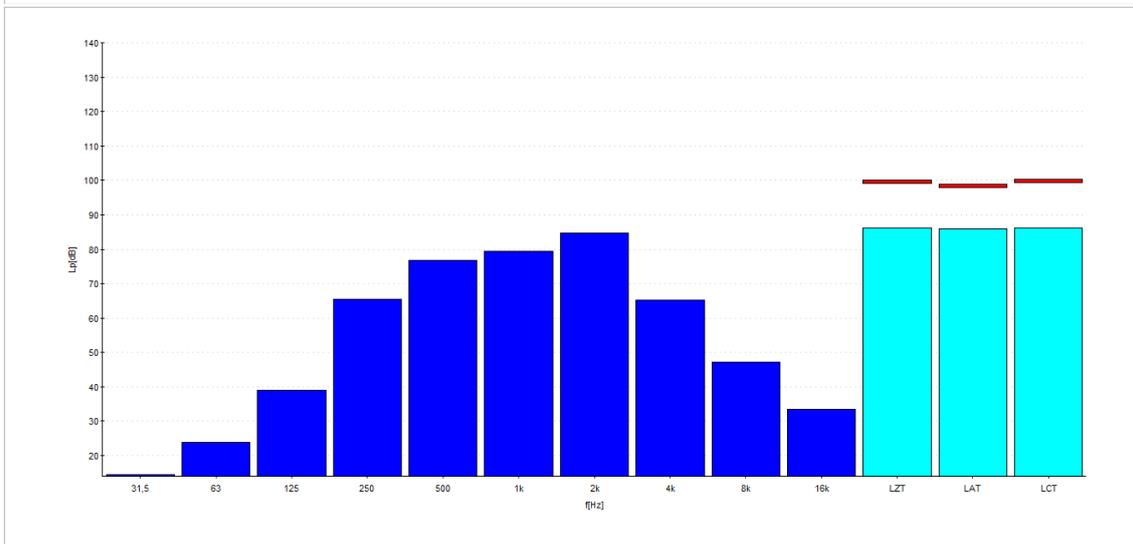
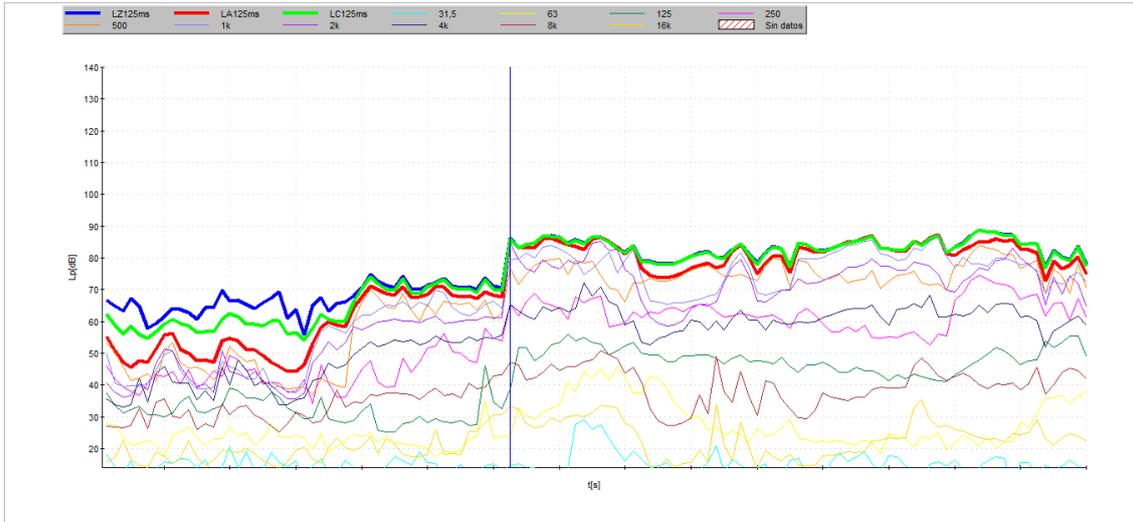


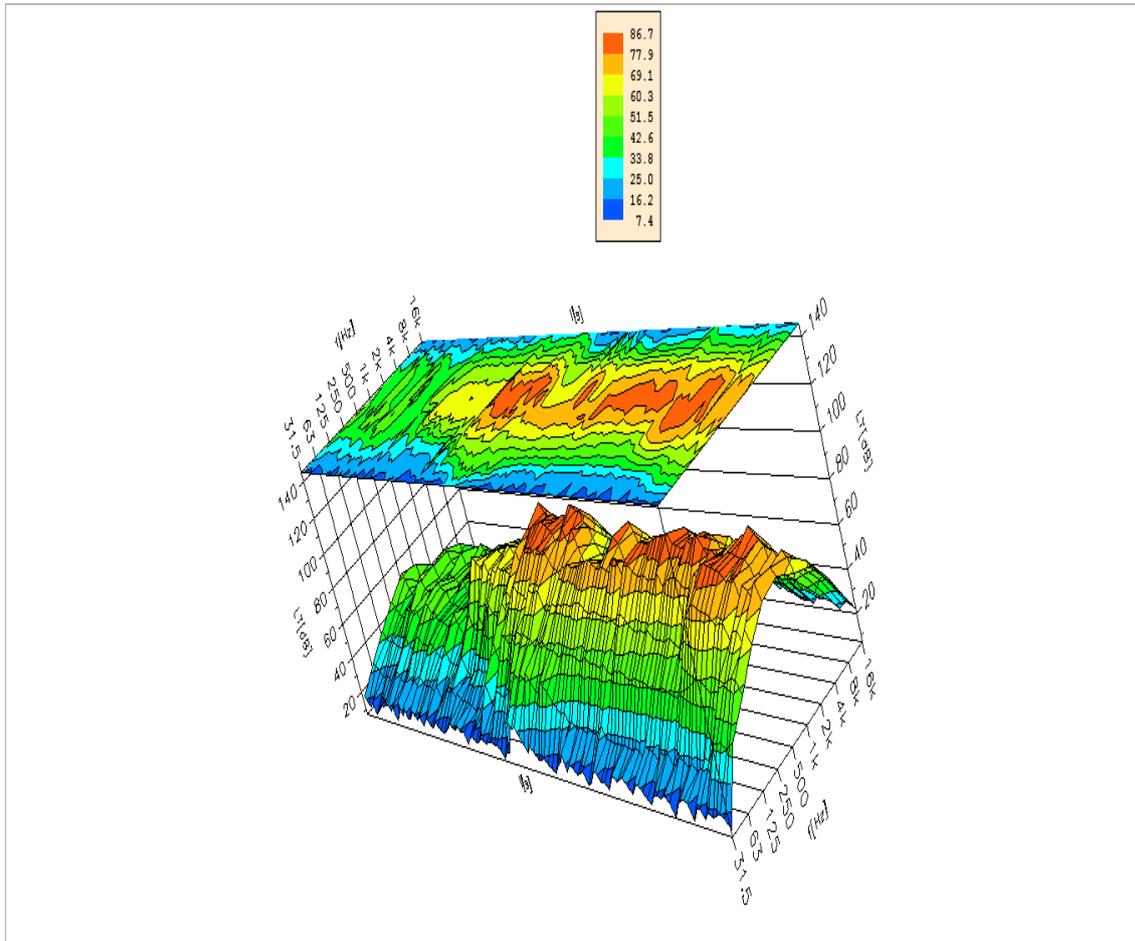


Barrido 2 datos cursor a 125 ms primera medición día 23 junio

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
L125	14,4	23,8	38,9	65,5	76,7	79,4	84,6	65,3	47,2	33,4

LZ125:	86,2 dBZ
LA125:	86,0 dBA
LC125:	86,1 dBC
LZpeak:	99,2 dBZ
LApeak:	97,9 dBA
LCpeak:	99,3 dBC





Ejemplos con tramos de tiempo de medida en 125 ms en la primera medición del día 23 junio

Tramo 1:

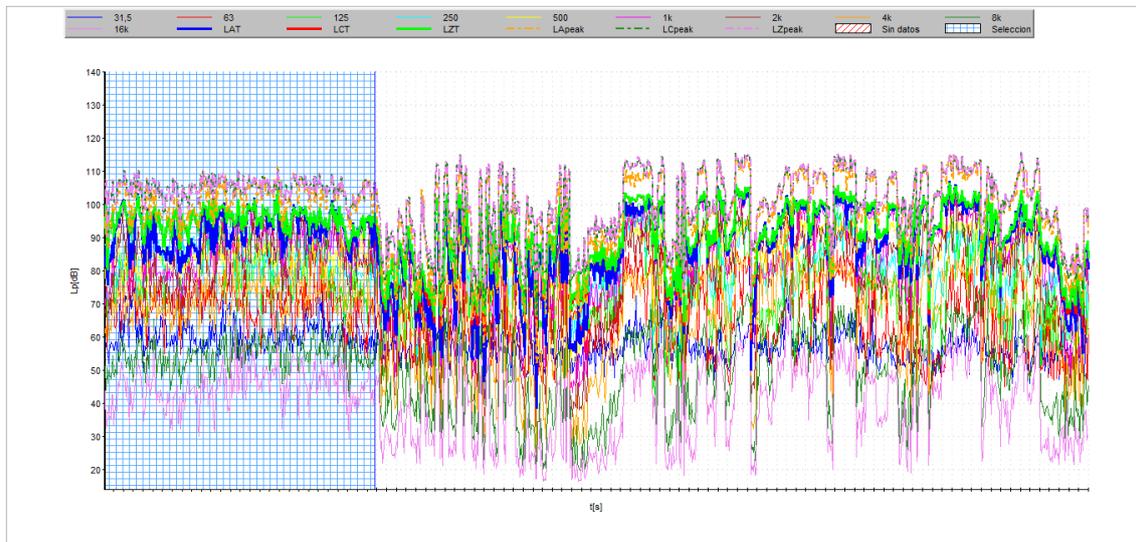
Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:00:46 T:00:11:00	

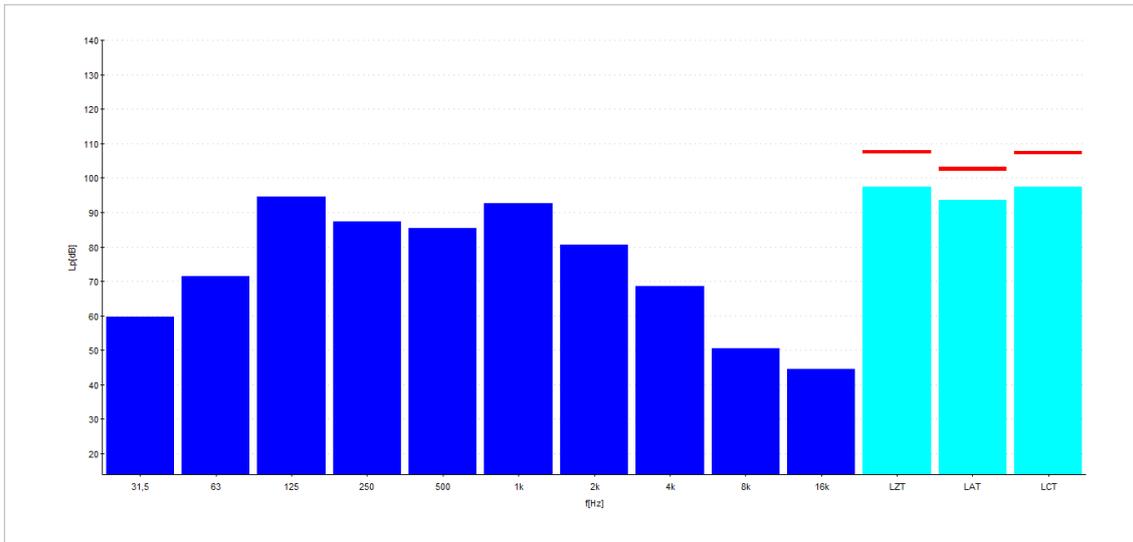
Selección 250 ms

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	59,7	71,4	94,6	87,3	85,5	92,7	80,5	68,6	50,6	44,5

Datos globales del intervalo elegido de 11 minutos

LAT:	93,7 dBA
LCT:	97,4 dBC
LZT:	97,5 dBZ
LATPeak:	102,1 dBA
LCTPeak:	106,8 dBA
LZTPeak:	107,1 dBA





Tramo 2:

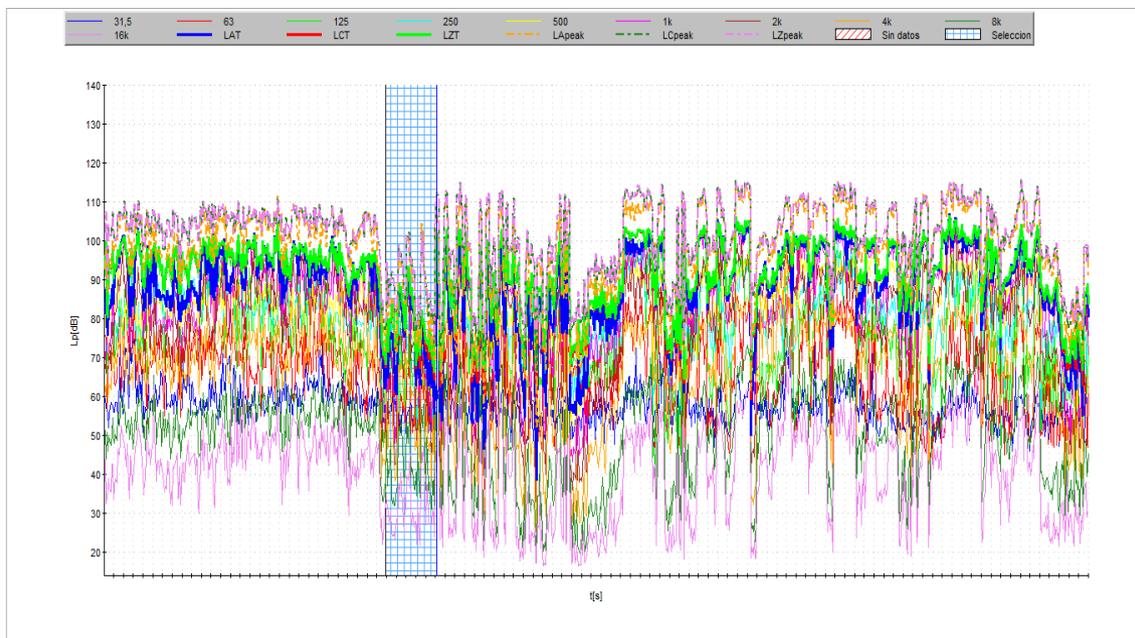
Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:03:17 T:00:13:31	
Selección 375 ms	

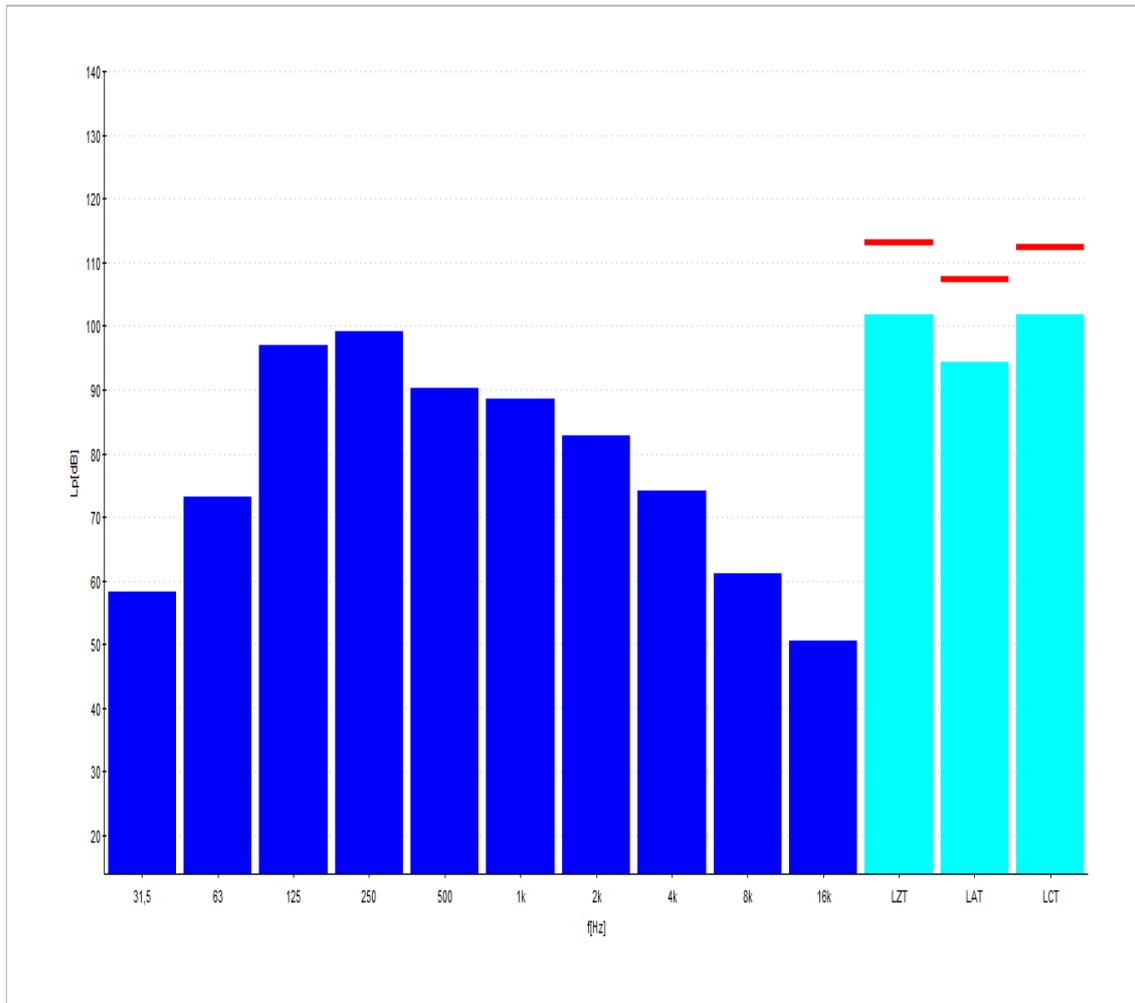
	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	58,2	73,2	97,0	99,1	90,3	88,6	82,8	74,2	61,1	50,5

Datos globales intervalo elegido 13,31 minutos

LAT:	94,2 dBA
------	----------

LCT:	101,7 dBC
LZT:	101,8 dBZ
LATPeak:	106,8 dBA
LCTPeak:	111,8 dBA
LZTPeak:	112,5 dBA





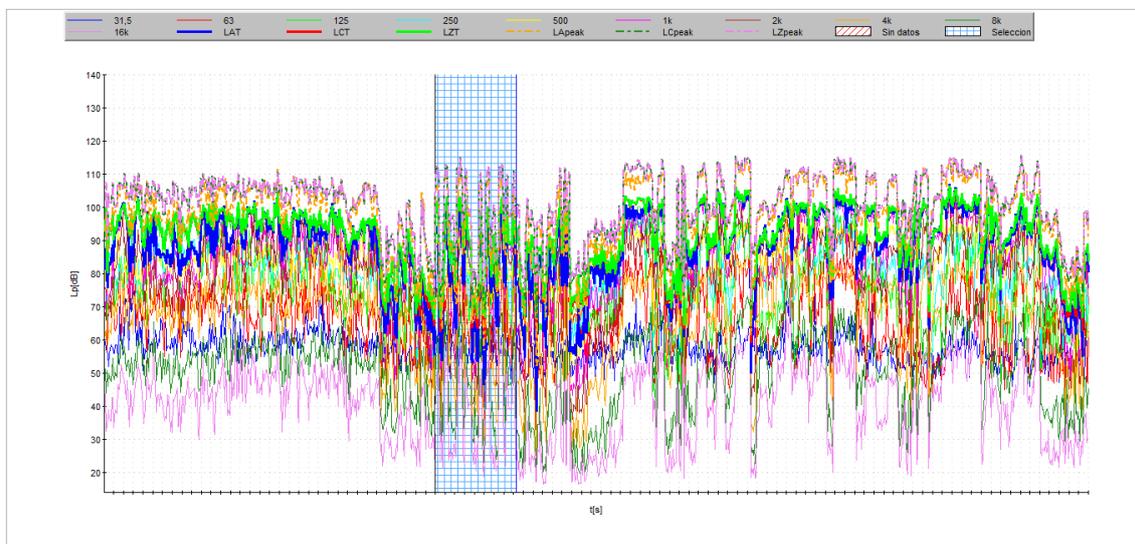
Tramo 3:

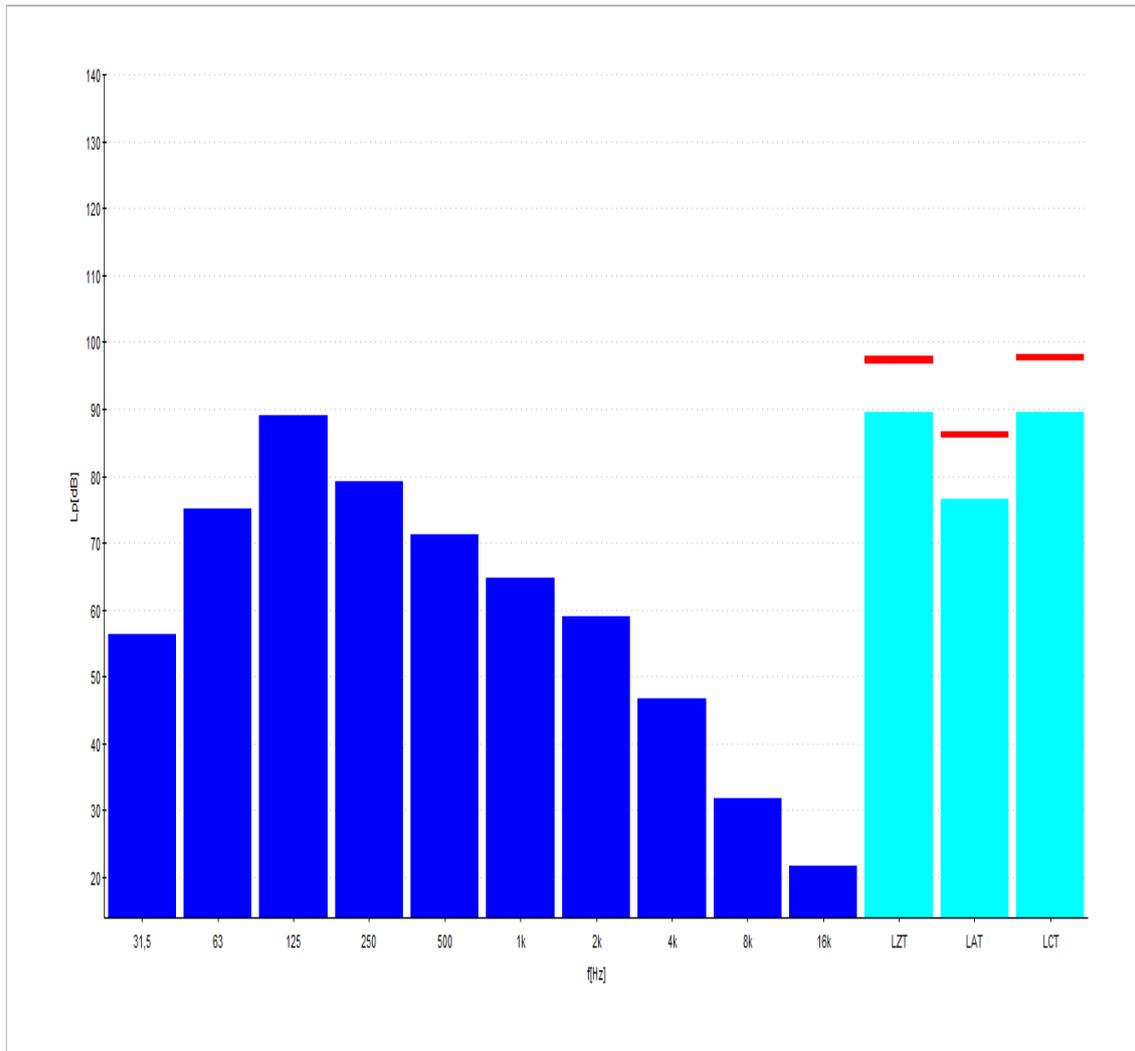
Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:06:31 T:00:16:45	
Selección 500 ms	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	56,4	75,1	89,0	79,2	71,3	64,7	58,9	46,6	31,8	21,8

Datos globales para la selección de 16, 45 minutos

LAT:	76,5 dBA
LCT:	89,4 dBC
LZT:	89,6 dBZ
LATPeak:	85,7 dBA
LCTPeak:	97,1 dBA
LZTPeak:	96,8 dBA



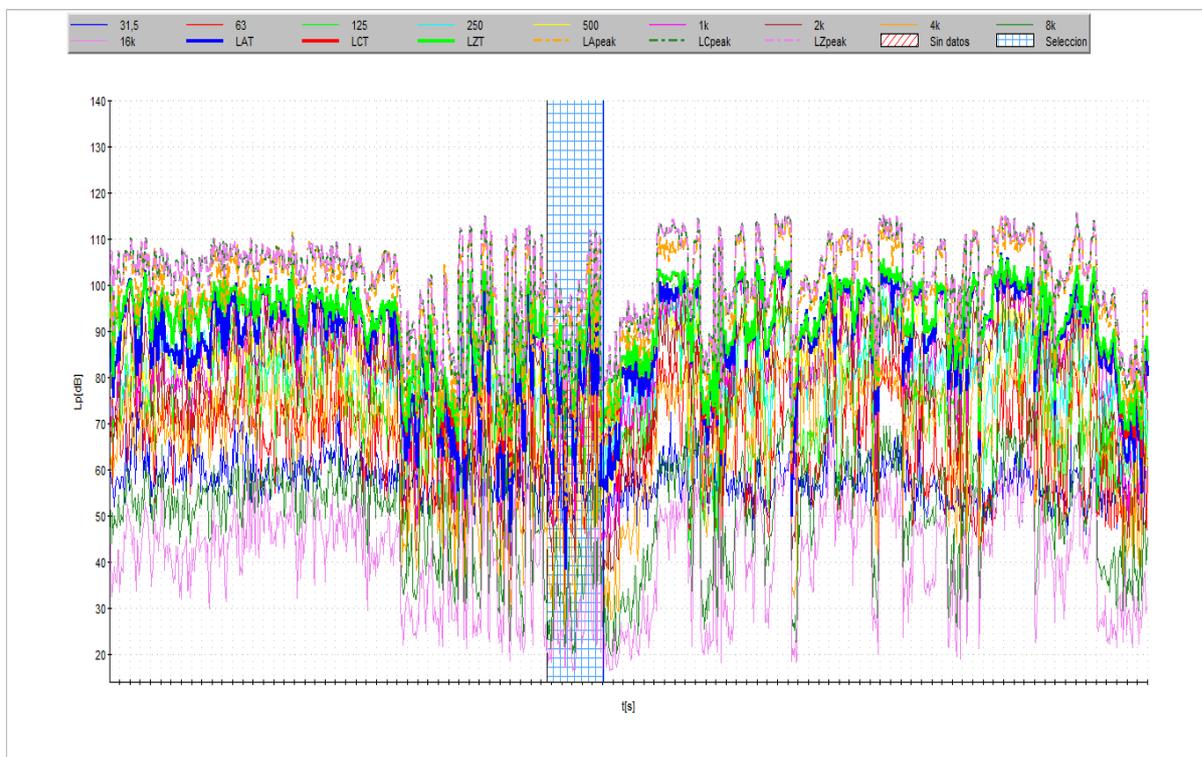


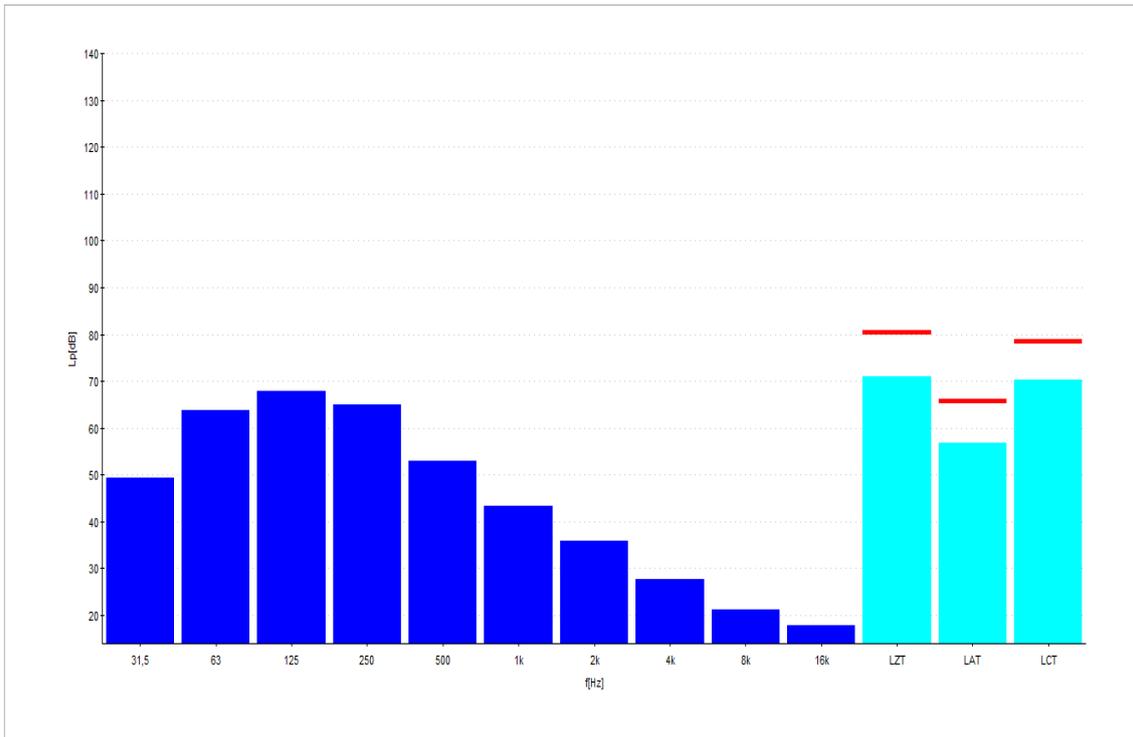
Tramo 4:

Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:08:48 T:00:19:02	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	49,3	63,7	67,8	65,0	52,9	43,3	35,9	27,8	21,1	17,8

LAT:	56,8 dBA
LCT:	70,3 dBC
LZT:	71,0 dBZ
LATPeak:	65,1 dBA
LCTPeak:	78,0 dBA
LZTPeak:	79,9 dBA



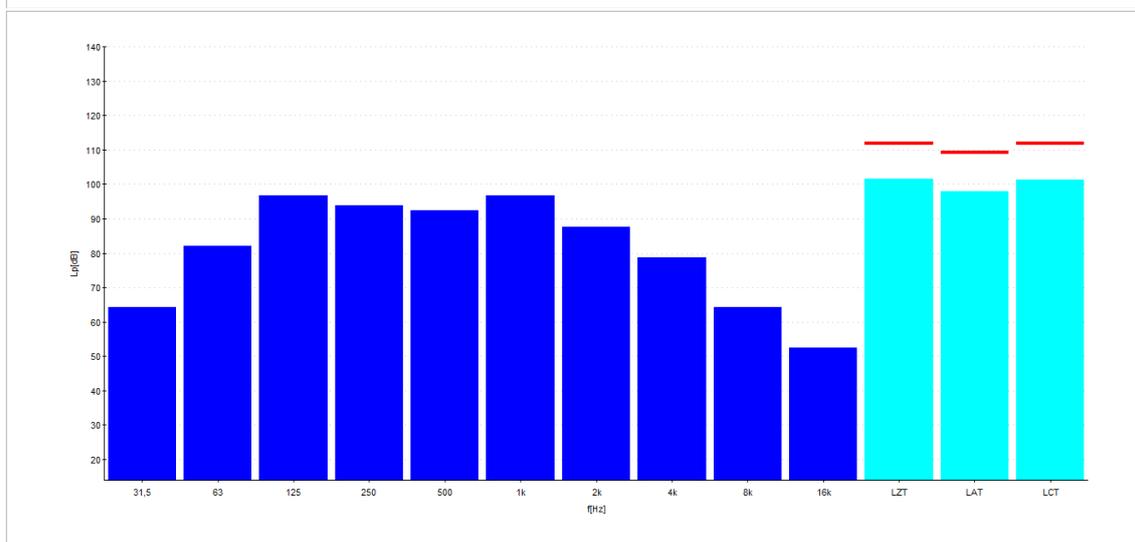
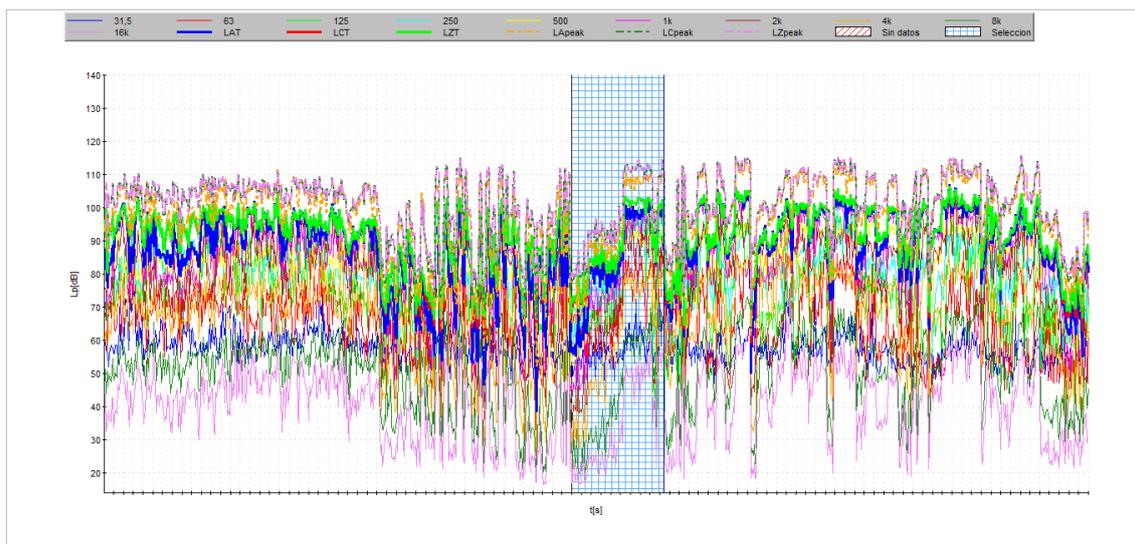


Tramo 5:

Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:12:28 T:00:22:42	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	64,2	82,0	96,8	93,8	92,5	96,6	87,5	78,7	64,3	52,5

LAT:	97,9 dBA
LCT:	101,4 dBC
LZT:	101,5 dBZ
LATPeak:	108,7 dBA
LCTPeak:	111,4 dBA
LZTPeak:	111,3 dBA

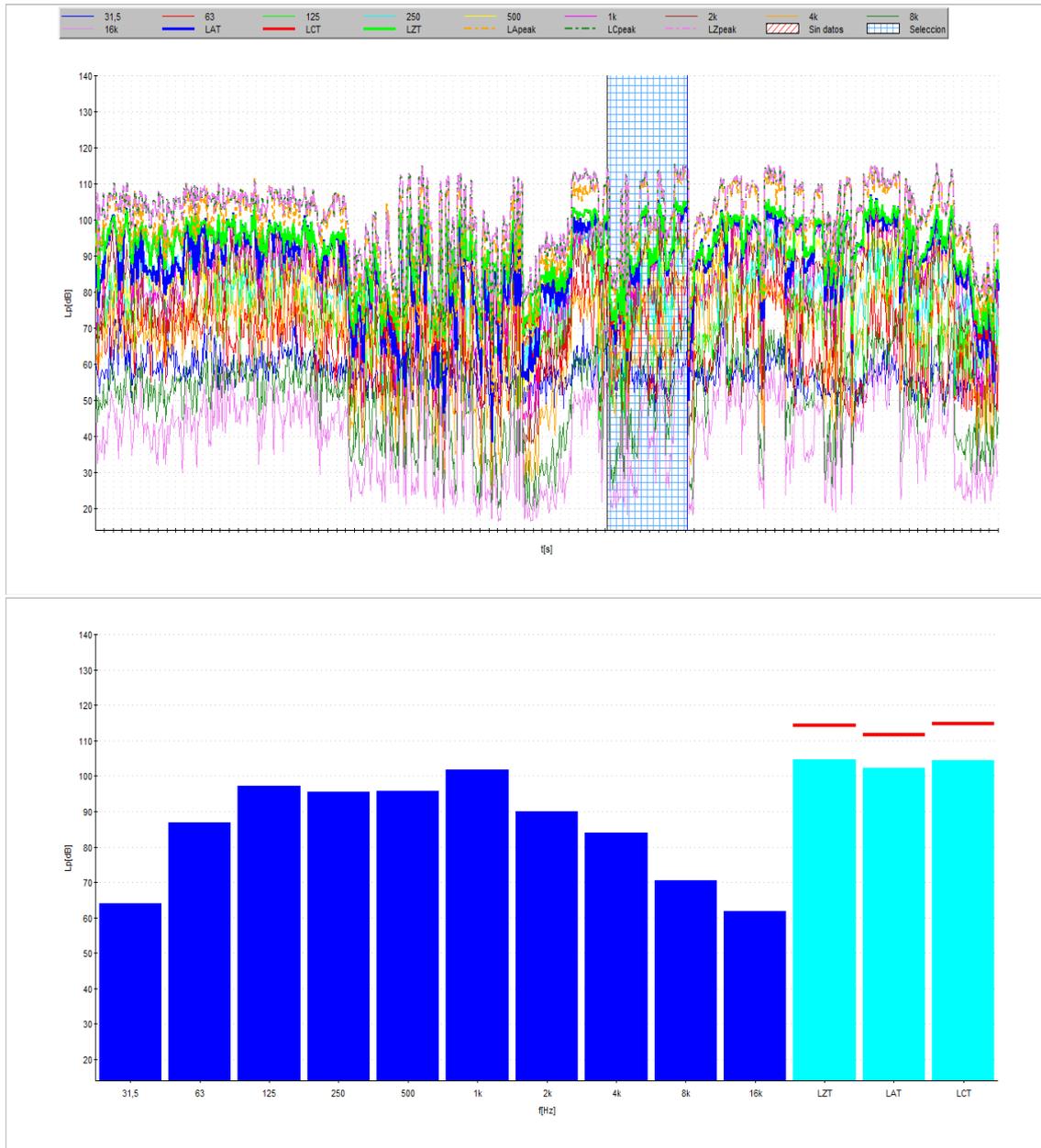


Tramo 6:

Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:15:59 T:00:26:13	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	64,0	86,9	97,2	95,5	95,7	101,7	90,1	84,0	70,6	61,8

LAT:	102,3 dBA
LCT:	104,5 dBC
LZT:	104,6 dBZ
LATPeak:	111,1 dBA
LCTPeak:	114,2 dBA
LZTPeak:	113,8 dBA

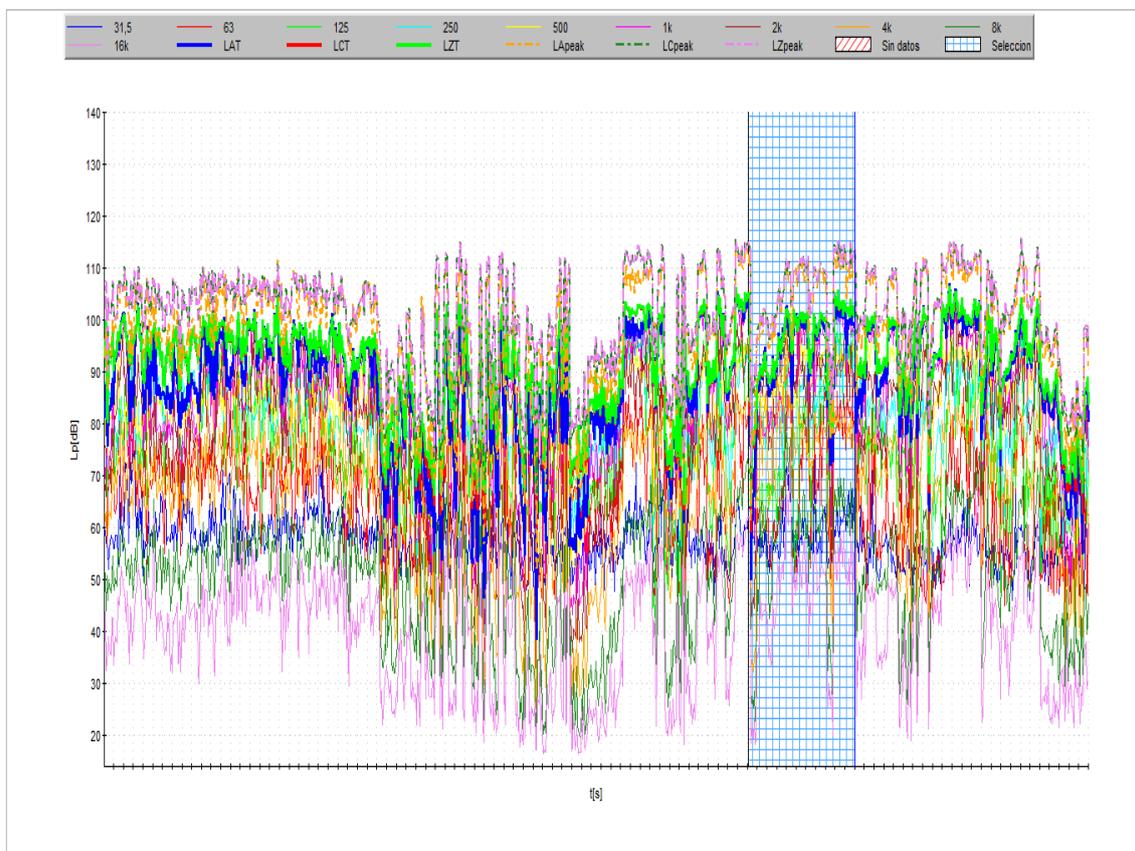


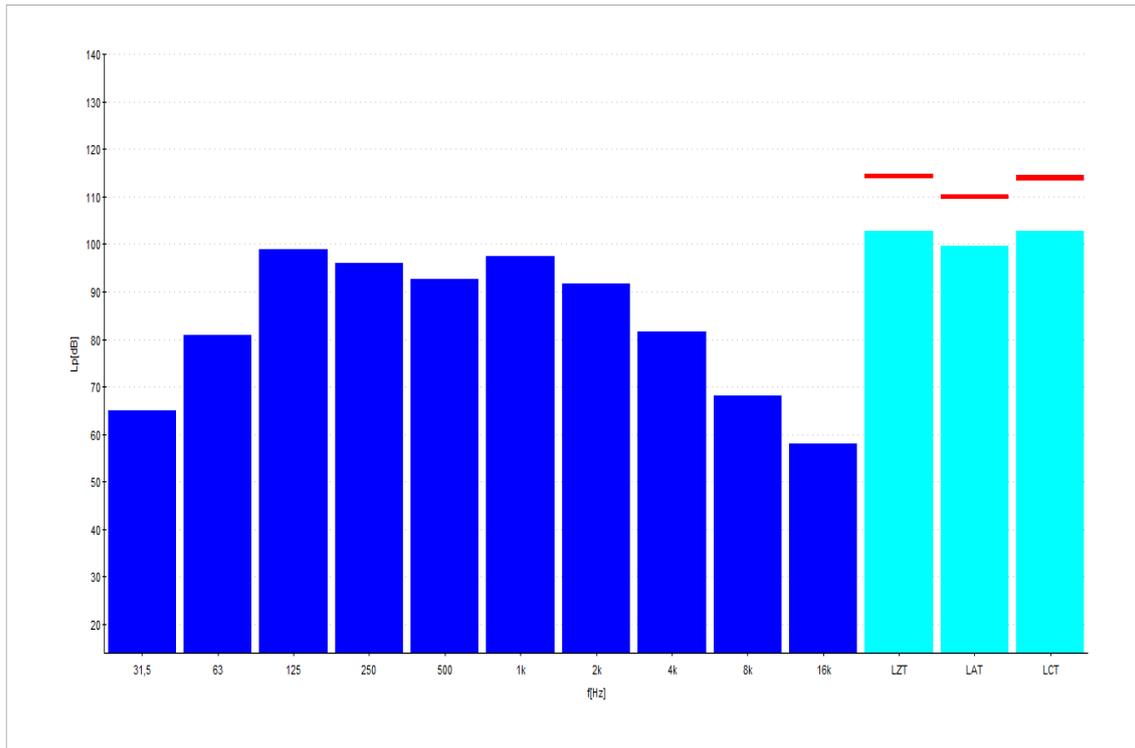
Tramo 7:

Duración:	0000:39:57
Inicio:	23/06/2015 19:49:47
Fin:	23/06/2015 20:29:43
23/06/2015 20:20:14 T:00:30:28	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	64,9	80,9	98,8	95,9	92,6	97,5	91,6	81,6	68,2	57,9

LAT:	99,6 dBA
LCT:	102,7 dBC
LZT:	102,8 dBZ
LATPeak:	109,4 dBA
LCTPeak:	113,4 dBA
LZTPeak:	113,8 dBA





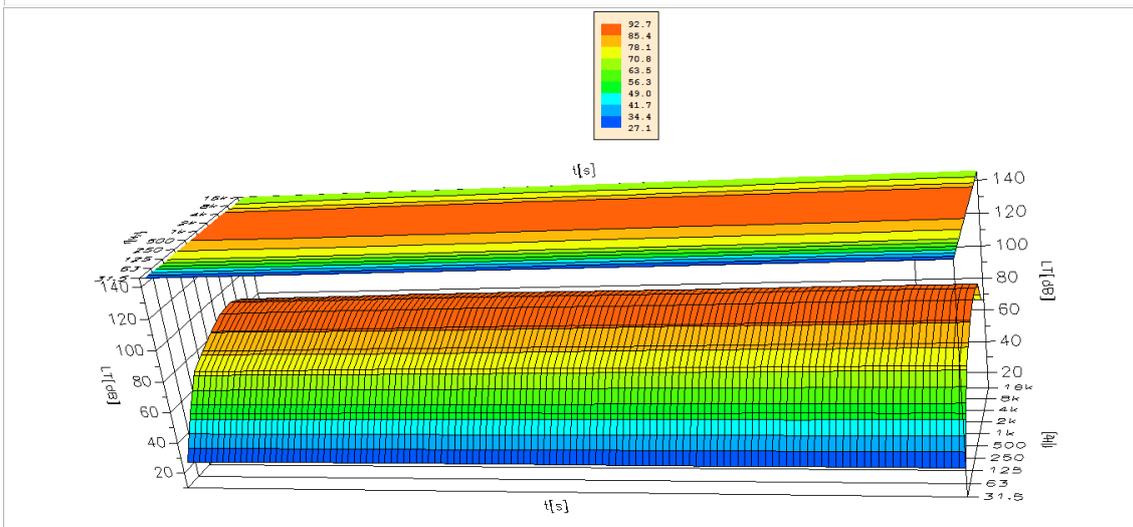
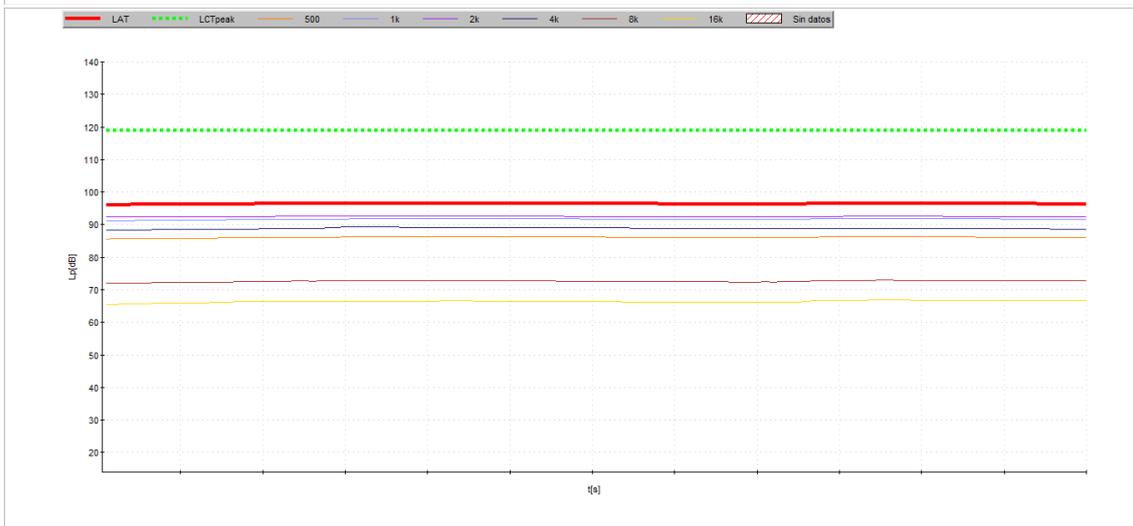
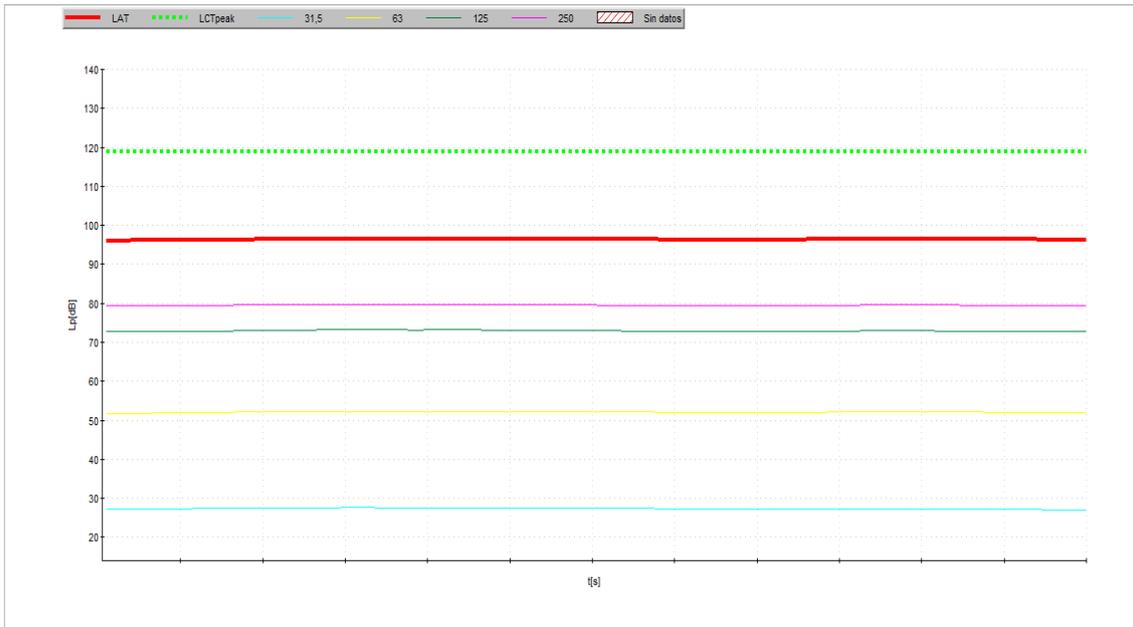
Segunda medición del día 23 junio del mismo ensayo

1. Para valores "T"

Duración:	0000:07:26
Inicio:	23/06/2015 20:30:44
Fin:	23/06/2015 20:38:09
23/06/2015 20:38:09 T:00:07:26	
Se aplica coeficientes ponderación : A	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	27,1	51,9	72,8	79,4	86,0	91,7	92,4	88,7	72,7	66,6
LZT :	97,4 dBZ									
LAT :	96,3 dBA									
LCT :	97,2 dBC									
LZpeak:	118,9 dBZ									
LApeak:	118,0 dBA									
LCpeak:	118,9 dBC									

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	LA
L1	77,0	88,0	99,0	97,5	97,0	100,0	101,0	99,5	86,0	85,5	105,0
L5	73,5	85,0	96,0	94,5	95,5	98,0	98,0	96,0	80,0	79,5	103,0
L10	71,5	83,0	93,5	92,5	94,0	96,5	96,0	92,0	77,5	74,0	101,5
L50	56,5	59,5	67,5	75,0	80,5	79,0	69,5	62,5	45,5	36,5	82,0
L90	51,5	49,0	52,5	54,5	55,5	49,0	45,0	40,0	31,0	22,5	56,0
L95	50,0	48,0	50,5	52,0	51,5	45,5	42,0	37,0	28,5	21,0	53,0
L99	48,0	45,5	46,5	46,5	45,0	40,5	37,5	33,0	25,0	19,0	47,5

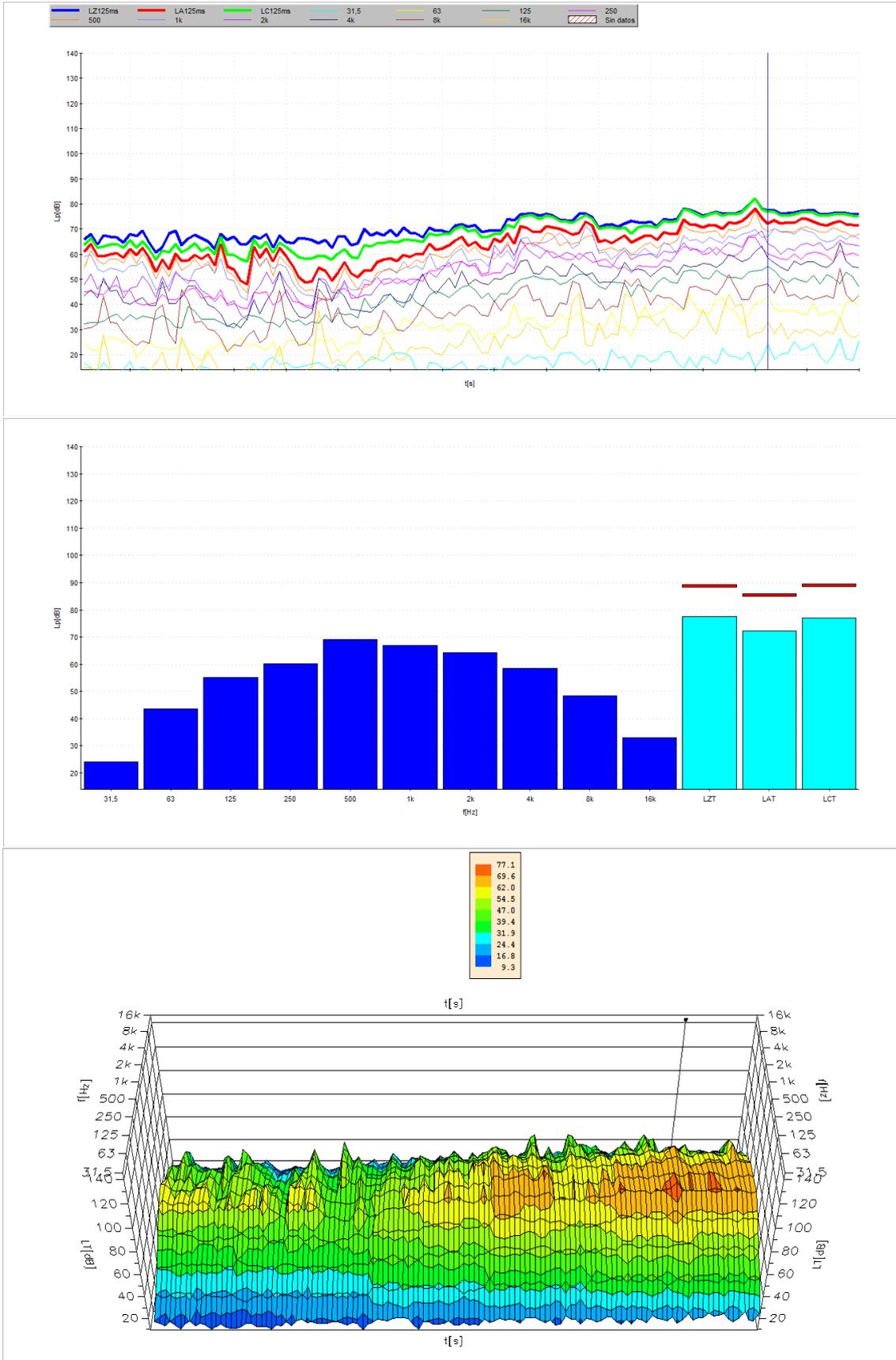


2. Para valores 125 ms

Duración:	0000:07:26
Inicio:	23/06/2015 20:30:44
Fin:	23/06/2015 20:38:09
23/06/2015 20:38:08 250 ms T:00:07:25	
Se aplica coeficientes ponderación : A	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
L125	24,2	43,6	55,1	60,2	69,0	66,9	64,2	58,6	48,3	33,1

LZ125:	77,4 dBZ
LA125:	72,2 dBA
LC125:	76,9 dBC
LZpeak:	88,3 dBZ
LApeak:	84,9 dBA
LCpeak:	88,6 dBC



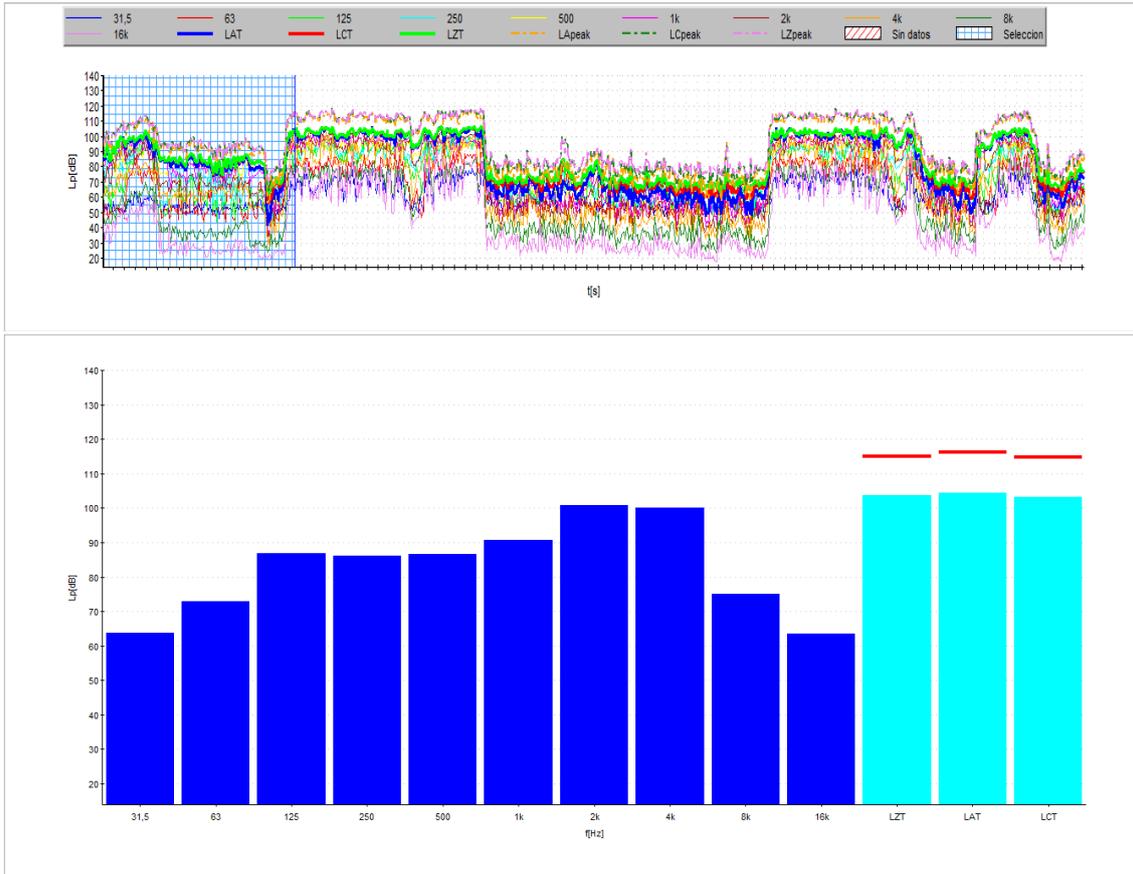
Ejemplos tramos de tiempos segunda medición para 125 ms

Tramo 1 segunda medición:

Duración:	0000:07:26
Inicio:	23/06/2015 20:30:44
Fin:	23/06/2015 20:38:09
23/06/2015 20:32:11 T:00:01:28	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT	63,7	72,8	86,8	86,2	86,6	90,7	100,7	100,0	75,1	63,5

LAT:	104,5 dBA
LCT:	103,3 dBC
LZT:	103,6 dBZ
LATPeak:	115,7 dBA
LCTPeak:	114,3 dBA
LZTPeak:	114,4 dBA



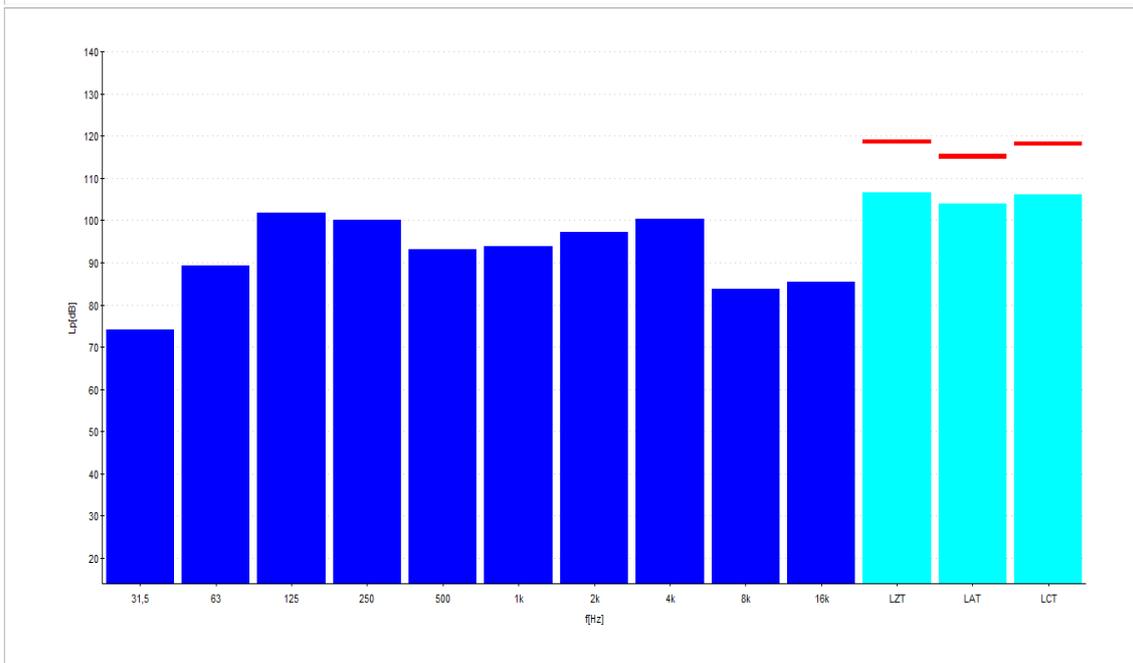
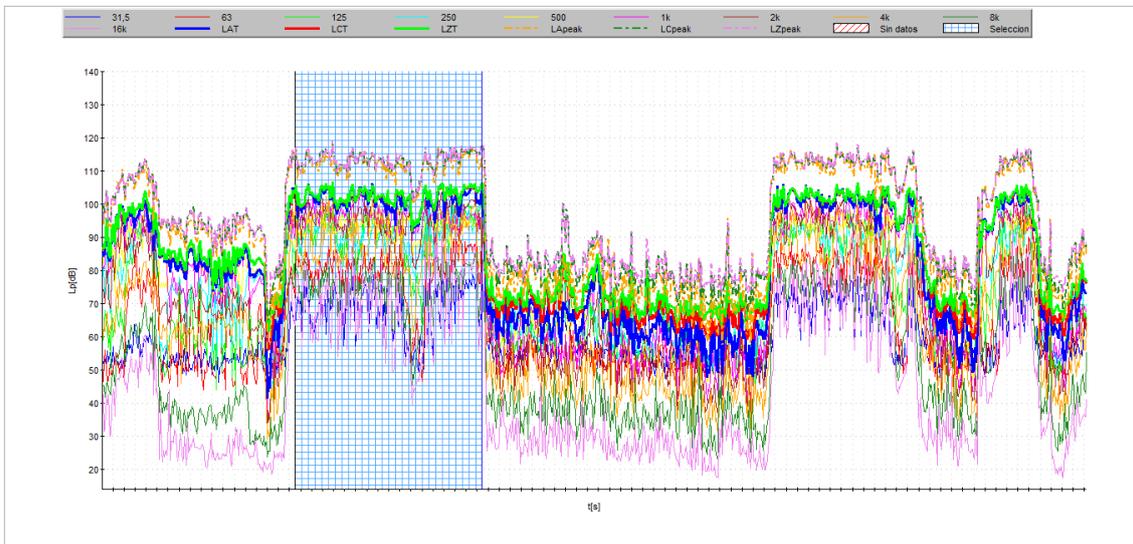
Tramo 2 segunda medición:

Duración:	0000:07:26
Inicio:	23/06/2015 20:30:44
Fin:	23/06/2015 20:38:09
23/06/2015 20:33:35 T:00:02:52	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	74,0	89,2	101,7	100,0	93,1	93,9	97,3	100,3	83,8	85,4

LAT:	104,0 dBA
------	-----------

LCT:	106,2 dBC
LZT:	106,5 dBZ
LATPeak:	114,6 dBA
LCTPeak:	117,6 dBA
LZTPeak:	118,1 dBA

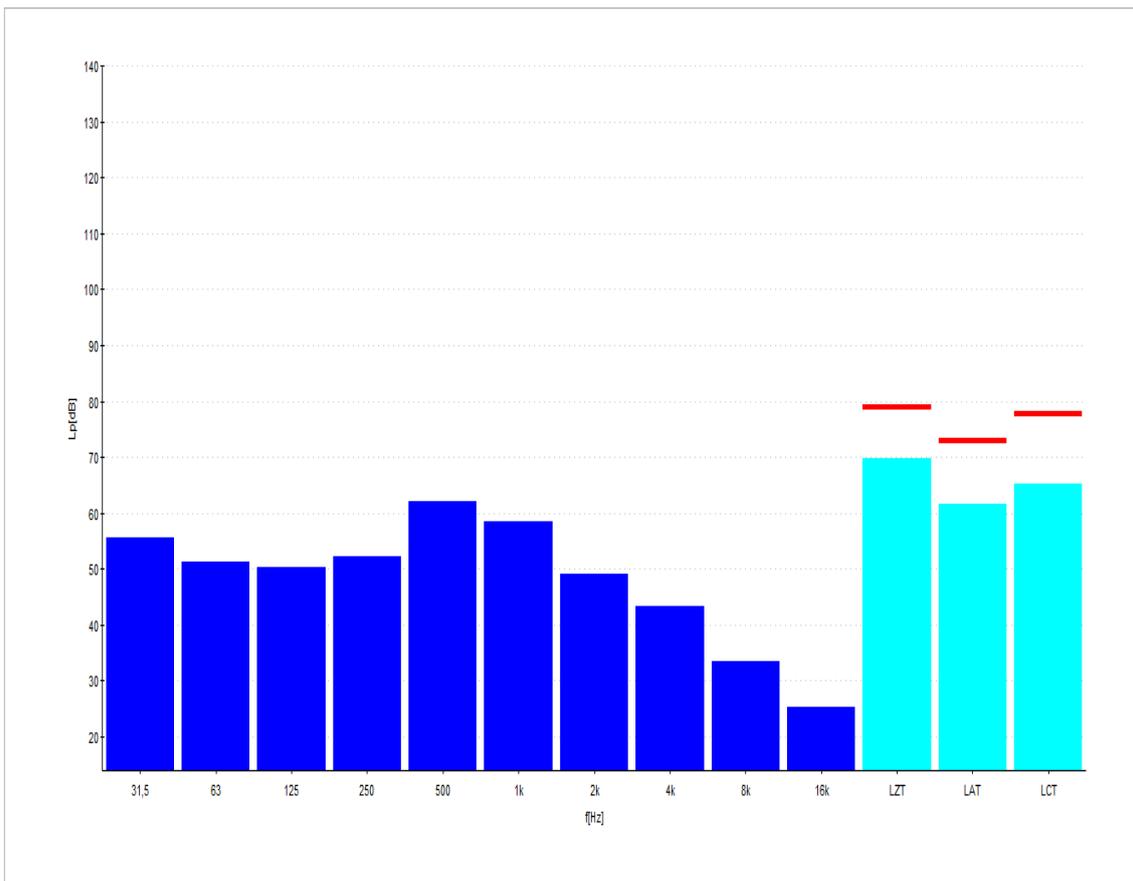
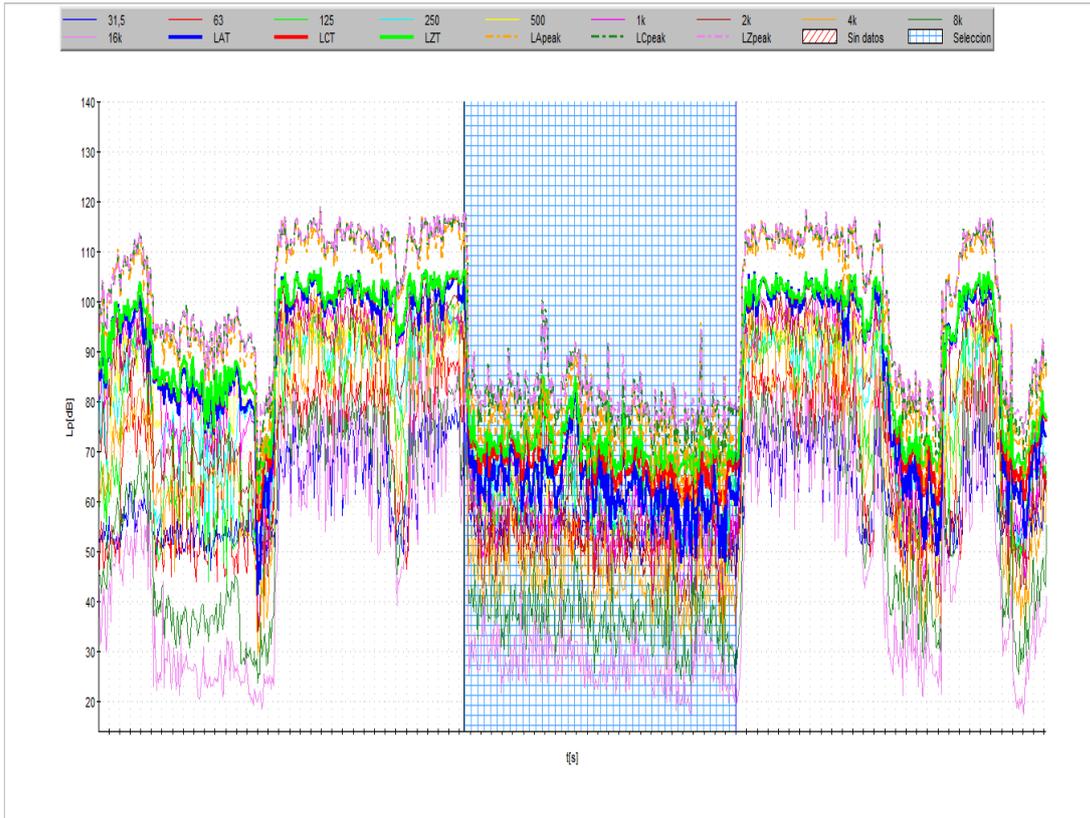


Tramo 4 segunda medición:

Duración:	0000:07:26
Inicio:	23/06/2015 20:30:44
Fin:	23/06/2015 20:38:09
23/06/2015 20:35:43 T:00:05:00	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	55,5	51,2	50,4	52,3	62,2	58,6	49,2	43,4	33,4	25,4

LAT:	61,5 dBA
LCT:	65,1 dBC
LZT:	69,8 dBZ
LATPeak:	72,5 dBA
LCTPeak:	77,3 dBA
LZTPeak:	78,4 dBA



Tercera medición día 23 de junio mismo ensayo

1. Para valores "T"

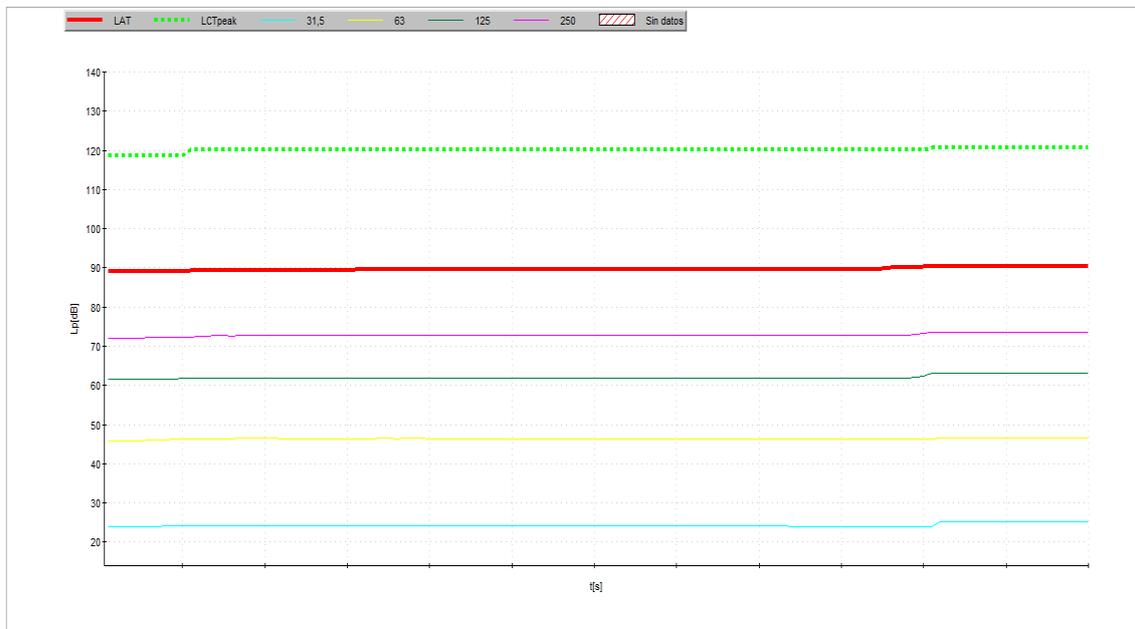
Duración:	0000:20:35
Inicio:	23/06/2015 20:39:19
Fin:	23/06/2015 20:59:53
23/06/2015 20:59:53 T:00:20:35	
Se aplica coeficiente ponderación : A	

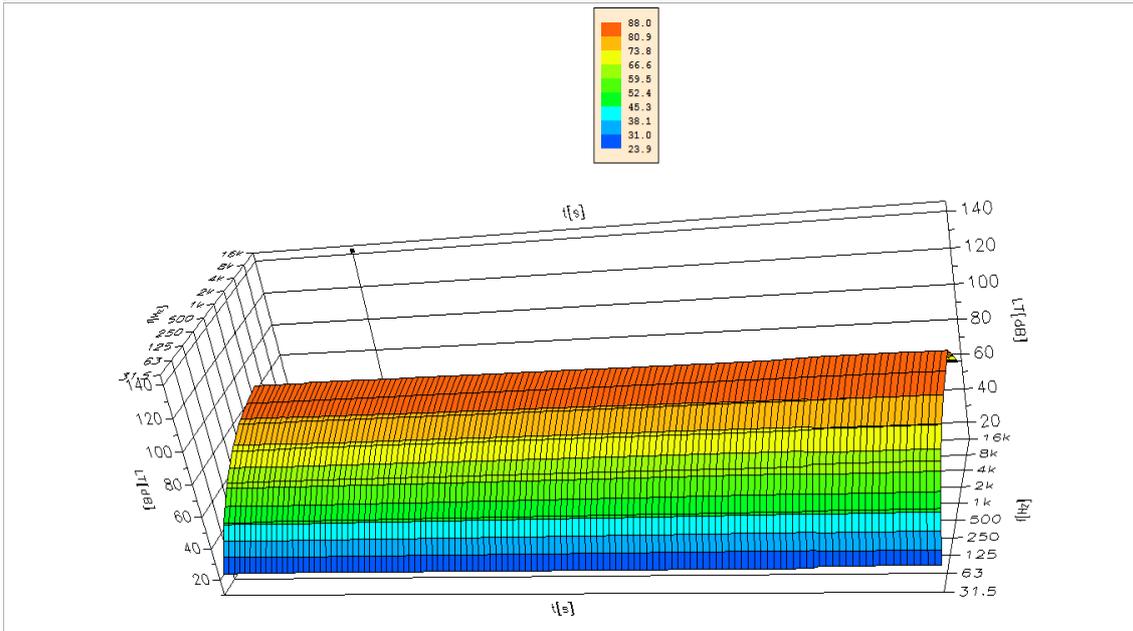
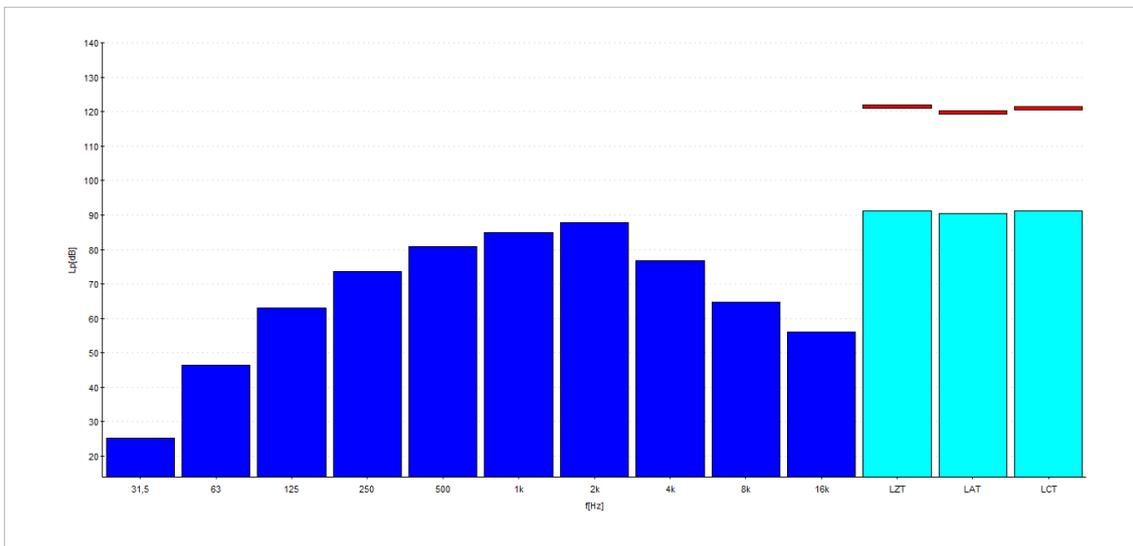
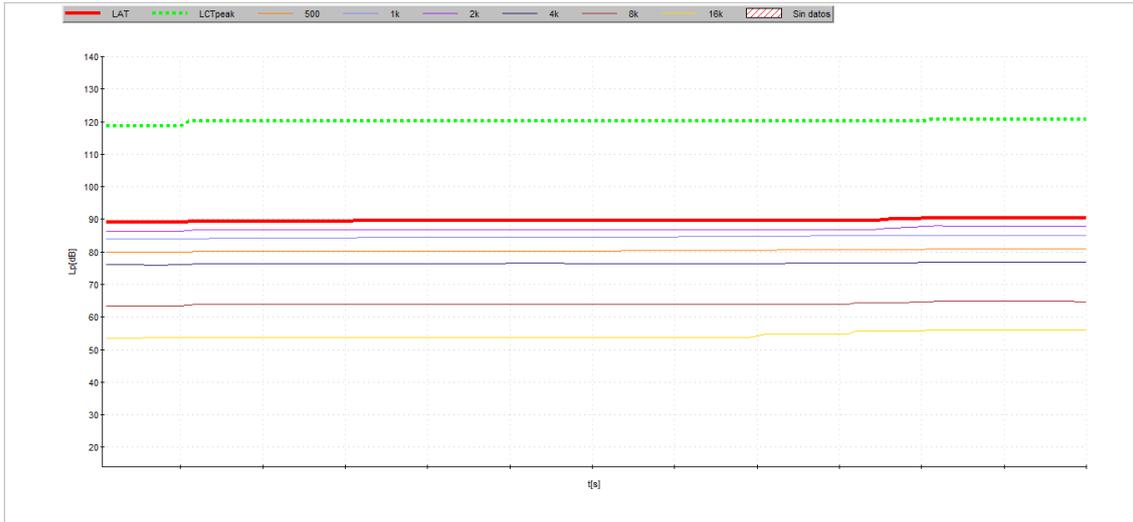
	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	25,2	46,5	63,1	73,6	80,9	85,0	87,9	76,8	64,7	56,0

LZT :	91,2 dBZ
LAT :	90,4 dBA
LCT :	91,1 dBC
LZpeak:	120,9 dBZ
LApeak:	119,3 dBA
LCpeak:	120,6 dBC

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz	LA
L1	74,5	85,5	90,0	94,5	94,5	96,5	102,0	87,5	77,5	71,5	104,0
L5	65,5	79,0	83,0	87,0	90,5	91,5	87,5	81,0	69,5	60,0	95,0
L10	60,5	73,5	78,5	84,5	88,0	89,0	85,0	78,5	65,0	53,5	92,5
L50	54,5	53,5	62,5	70,0	73,0	70,0	65,5	57,5	43,0	32,0	75,5
L90	50,5	47,5	51,5	53,0	54,0	47,5	43,5	37,5	28,0	20,5	55,0
L95	49,5	46,5	49,5	50,5	50,5	44,0	40,5	34,0	25,0	18,5	51,5
L99	47,0	44,5	45,5	45,5	44,0	39,5	36,0	29,0	21,0	16,5	46,5

Datos globales





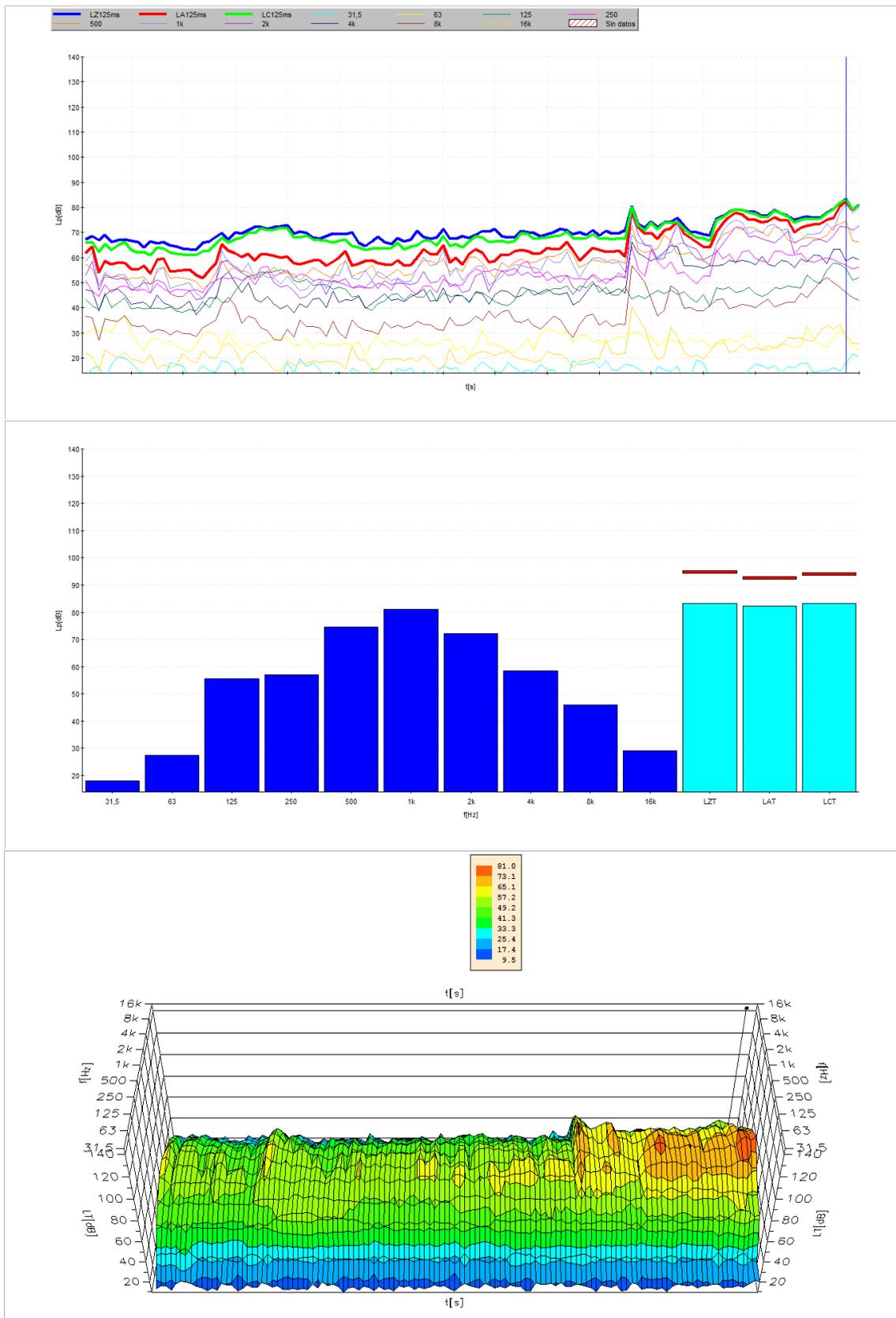
Para valores de 125 ms

Duración: 0000:20:35
Inicio: 23/06/2015 20:39:19
Fin: 23/06/2015 20:59:53
23/06/2015 20:59:53 750 ms T:00:20:35
Aplicar coeficientes ponderación : A

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
L125	18,0	27,5	55,5	57,1	74,6	81,0	72,1	58,6	46,1	29,2

LZ125:	83,3 dBZ
LA125:	82,4 dBA
LC125:	83,2 dBC
LZpeak:	94,2 dBZ
LApeak:	92,1 dBA
LCpeak:	93,6 dBC

Datos globales



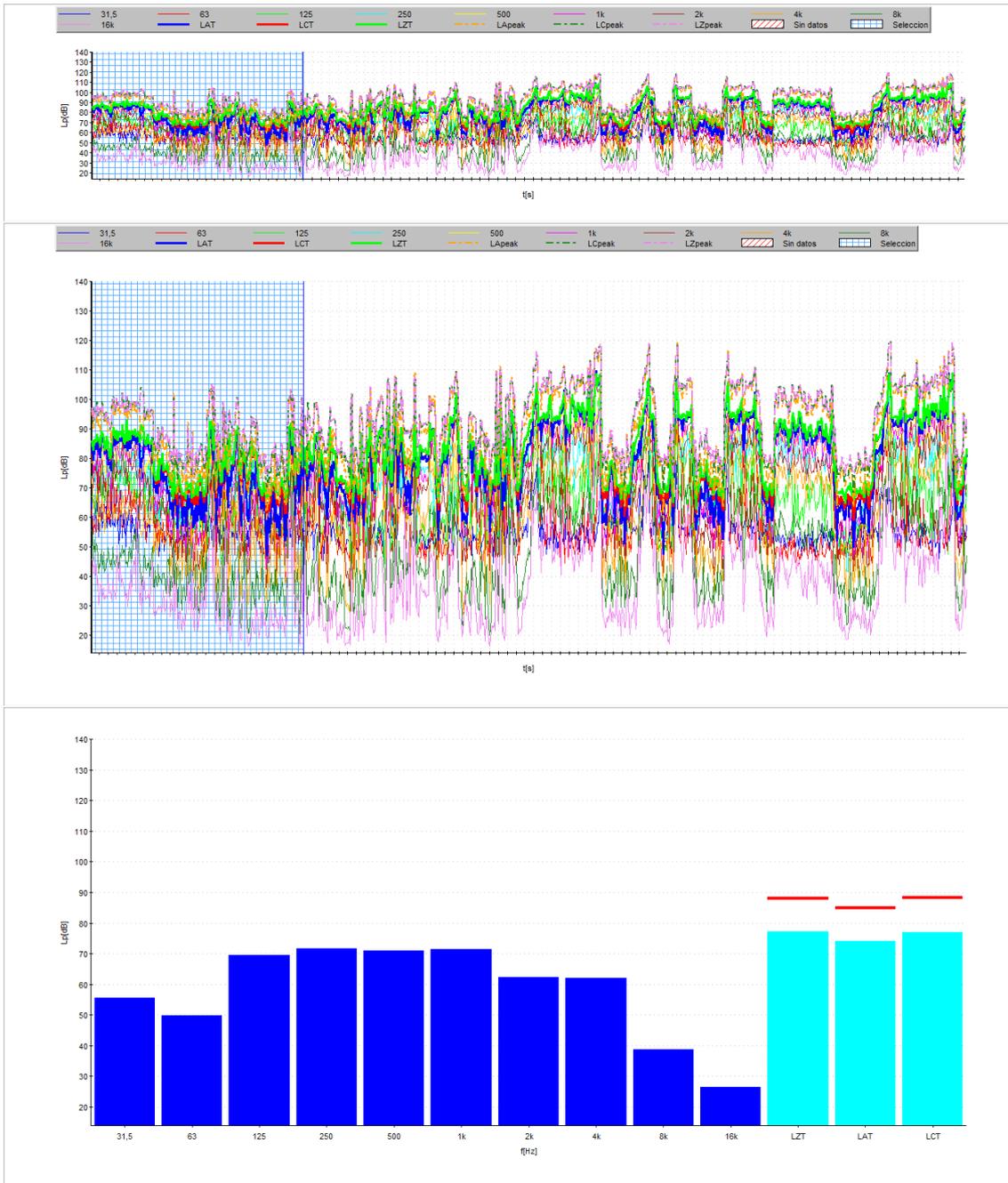
Ejemplos tramos de tiempo en 125 ms para tercera medición

Tramo 1 tercera medición 125 ms:

Duración:	0000:20:35
Inicio:	23/06/2015 20:39:19
Fin:	23/06/2015 20:59:53
23/06/2015 20:44:18 T:00:05:00	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	55,5	49,9	69,6	71,6	71,1	71,4	62,3	62,0	38,8	26,4

LAT:	74,0 dBA
LCT:	77,0 dBC
LZT:	77,3 dBZ
LATPeak:	84,4 dBA
LCTPeak:	87,9 dBA
LZTPeak:	87,5 dBA



Tramo 2 tercera medición 125 ms:

Duración: 0000:20:35

Inicio: 23/06/2015 20:39:19

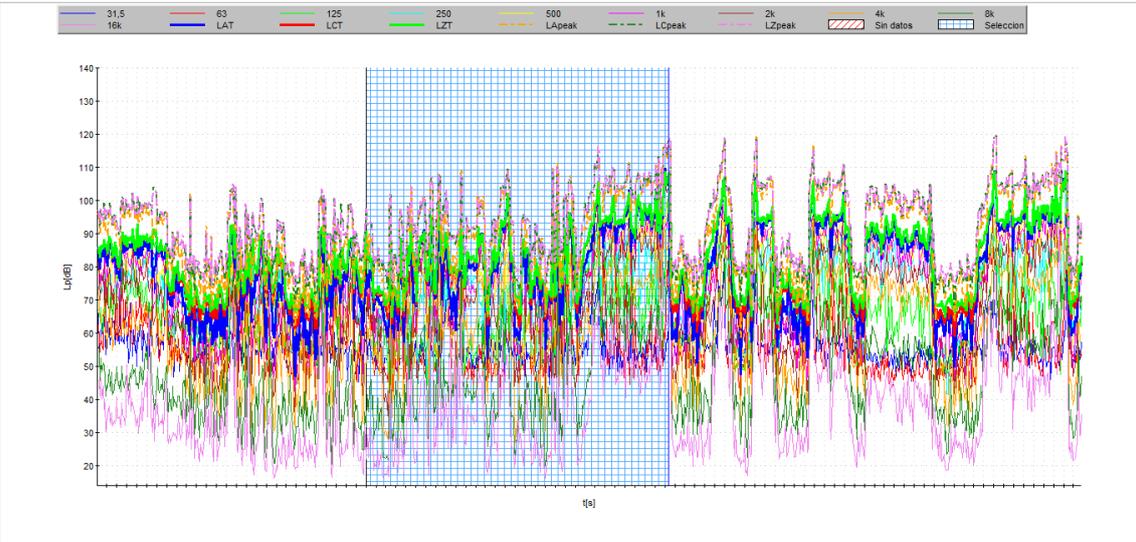
Fin: 23/06/2015 20:59:53

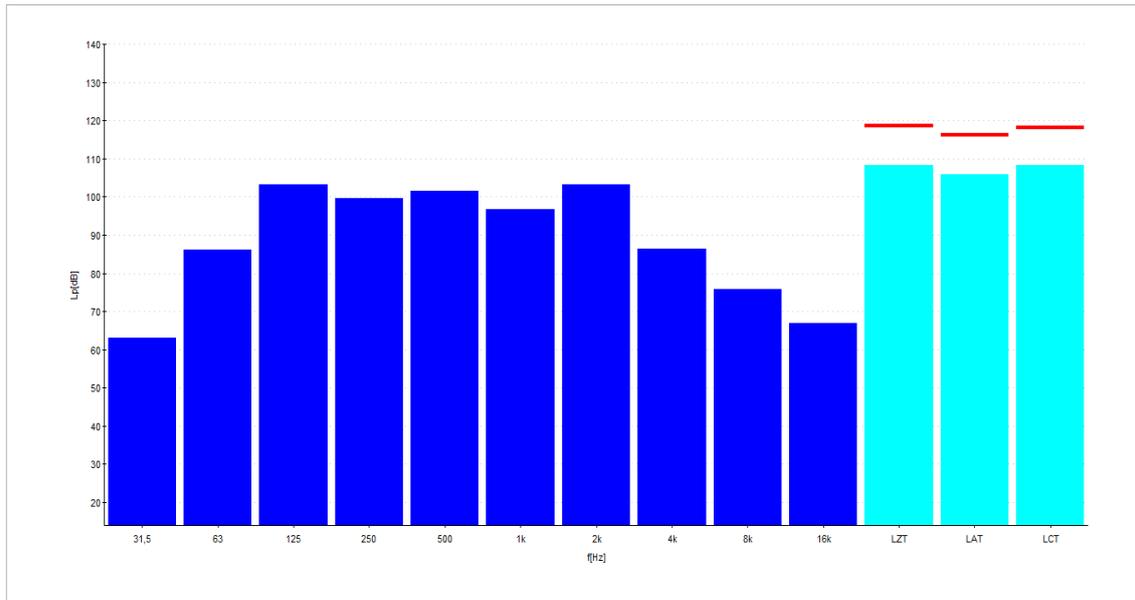
23/06/2015 20:51:15 T:00:11:57

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	63,1	86,1	103,2	99,5	101,6	96,7	103,2	86,4	75,8	67,0

LAT:	105,8 dBA
LCT:	108,2 dBC
LZT:	108,3 dBZ
LATPeak:	115,7 dBA
LCTPeak:	117,7 dBA
LZTPeak:	118,1 dBA

Datos globales



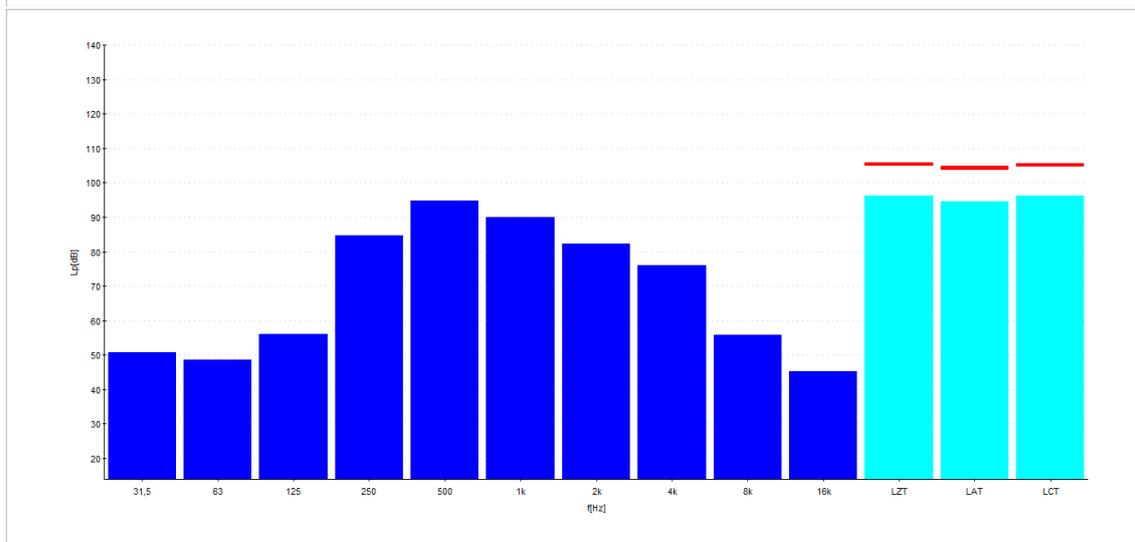
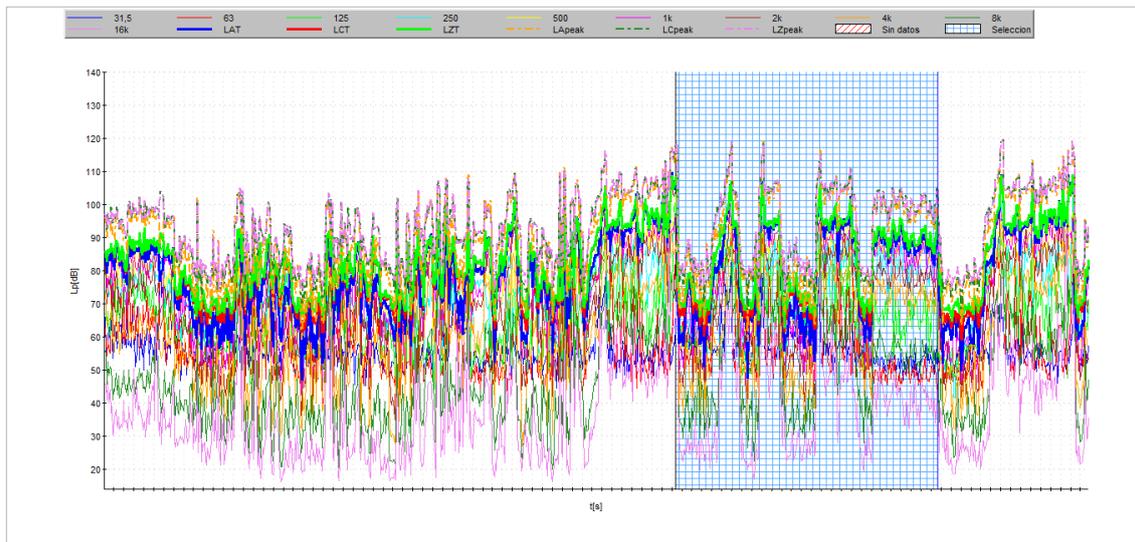


Tramo 3 tercera medición 125 ms:

Duración:	0000:20:35
Inicio:	23/06/2015 20:39:19
Fin:	23/06/2015 20:59:53
23/06/2015 20:56:44 T:00:17:26	

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LTdB	50,9	48,6	56,2	84,8	94,7	90,1	82,3	76,1	55,8	45,2

LAT:	94,6 dBA
LCT:	96,3 dBC
LZT:	96,3 dBZ
LATPeak:	103,8 dBA
LCTPeak:	104,7 dBA
LZTPeak:	104,8 dBA



ANEXOII

Valoración medidas en tiempo real realizadas con el sonómetro SC160 el 23 de Junio en la ROSS. Ensayo colectivo del cuarto movimiento de la Novena Sinfonía de Beethoven.

Sonómetro CESVA SC160

La opción elegida en modo analizador de espectro en banda de octava, permite medir, simultáneamente y en tiempo real, los niveles de presión sonora y el nivel de pico para las bandas de octava centradas en las frecuencias 31,5Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz, 16kHz (sin ponderación frecuencial) y los valores globales con todas las ponderaciones frecuenciales.

Es muy importante realizar la configuración del tiempo de integración “T” utilizado en la evaluación de los niveles espectrales y globales ya que la integración se realiza en intervalos consecutivos de tiempo “T”.

La mejor opción elegida una vez probadas varias alternativas que no se ajustaban a la información que se quiere conseguir, ha sido (1 a 99 horas) y haciendo coincidir el tiempo de medición total “t”, con el tiempo de integración “T”. Esta opción es la que permite actualizar el valor de las funciones medidas cada segundo que es el que exige la normativa. De otra forma las funciones medidas se actualizan cuando termina el tiempo de integración programado que son tiempos comprendidos entre (1 a 59 segundos) y de (1 a 59 minutos). De igual forma hay que señalar que la visualización de funciones en el sonómetro mientras se está realizando la medición es distinta a las guardadas en el sonómetro. Solo se guarda los valores correspondientes al último tiempo de integración que se haya programado (1,2,3.....n segundos o minutos), perdiéndose el resto de información.

Para corregir este inconveniente es necesario realizar la medición o captura con la opción grabar y configurando el tiempo de integración de (1 a 99 h), o bien realizando la captura a distancia mediante cable al USB del PC, o mediante modem.

En este equipo SC160 se ha realizado mediante la grabación configurada con la opción ((L_T(+) cada T). De esta forma una vez finalizado cada periodo de integración “T”, guarda en memoria los valores L_T para cada una de las bandas de octava, L_T global con ponderación frecuencial A,C y Z y L_{peak} global con ponderación frecuencial A, C y Z. Este tipo de grabación está indicado cuando no es necesario guardar información estadística, consiguiéndose tiempos de almacenamiento mayores.

De todas formas la información estadística está disponible una vez se han volcado los datos con el software “capture studio” al PC, mediante la opción “numérico” y haciendo la conversión a Excel para la posterior explotación de datos. Así se visualizan los niveles percentiles parciales, 1,5, 10, 50, 90, 95, y 99% correspondientes al intervalo de integración “T” para cada una de las bandas de octava y para el nivel global con ponderación frecuencial A.

Nomenclatura Funciones modo analizador de espectro 1/1

Nomenclatura	Funcion
LT_31,5	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 31,5
LT_63	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 63
LT_125	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 125
LT_250	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 250
LT_500	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 500
LT_1k	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 1k
LT_2k	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 2k
LT_4k	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 4k
LT_8k	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 8k
LT_16k	Nivel de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T. Banda de octava de 16k

LAT	Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T y pond. Frec. A
LCT	Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T y pond. Frec. C
LZT	Nivel global de presión sonora continuo equivalente con tiempo de int. T y pond. Frec. Z
LApeak	Nivel global de pico de presión sonora con pond. Frec. A
LCpeak	Nivel global de pico de presión sonora con pond. Frec. C
LZpeak	Nivel global de pico de presión sonora con pond. Frec. Z
T	Tiempo de integración
t	Tiempo de medición

Se realizan cuatro mediciones que corresponden a pequeñas paradas en la zona de medición realizadas por el director de orquesta. La última cuando se ha parado el ensayo y quedan músicos tocando por su cuenta.

La zona de medición está ubicada entre los contrabajos y el sonómetro se fija a trípode durante la medición y se programa la configuración a distancia mediante PC.

Se elige el modo banda de octava con el objeto de realizar análisis frecuencial del ruido haciendo barrido por las gráficas, sin renunciar a los valores globales que permite aplicar las fórmulas adecuadas para el cálculo del nivel de exposición diario equivalente.

Los valores segundo a segundo de cada una de las mediciones se han convertido al programa Excel para el cotejo si fuera de necesario de datos. Por cada una de las mediciones se exponen los valores globales.

Para estos valores, tanto las gráficas como los histogramas de frecuencias están dados para los 120 segundos últimos ya que el diseño del programa determina una escala fija en las gráficas y tiene la finalidad de realizar el estudio de forma dinámica en el ordenador desplazando tanto el cursor a lo largo de la extensión del gráfico (120 segundos) activándolo mediante clic en el eje de ordenada o bien fijando el cursor al final del gráfico y desplazar la flecha de estado hacia la izquierda (barra de desplazamiento scroll) situada en parte inferior del gráfico, visualizándose de esta forma la totalidad del tiempo de medición.

Realizando este movimiento se representa de igual forma los cambios en la tabla de datos en la que aparece el tiempo exacto en donde está el

barrido de la grabación y los cambios en los gráficos en relación a esas mediciones realizadas en el tiempo reseñado.

A lo largo de este anexo se van a mostrar los datos separando las distintas mediciones y dentro de cada medición algunos barridos de tiempo. El primer barrido corresponde a los valores totales y tiempo total, el segundo aproximadamente a la mitad del tiempo y otro en la primera parte de la medición.

No en todos los barridos se expresa la misma información para no ser reiterativos, centrando la atención a aquellos valores cuya información arroje elementos de interés en el análisis.

Aclarar que ha sido necesario un estudio minucioso de las instrucciones de sonómetro y del software de “capture studio” para poder elegir la mejor opción para la programación de las medidas de ruido en orquesta, además de que no aparecen aspectos como los referidos anteriormente para los gráficos, o en las propias mediciones.

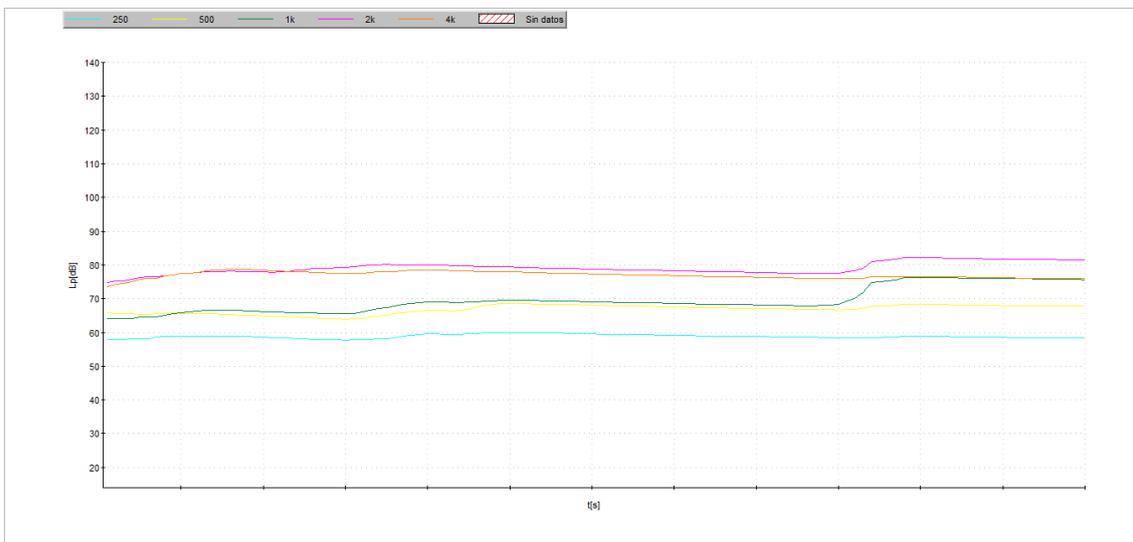
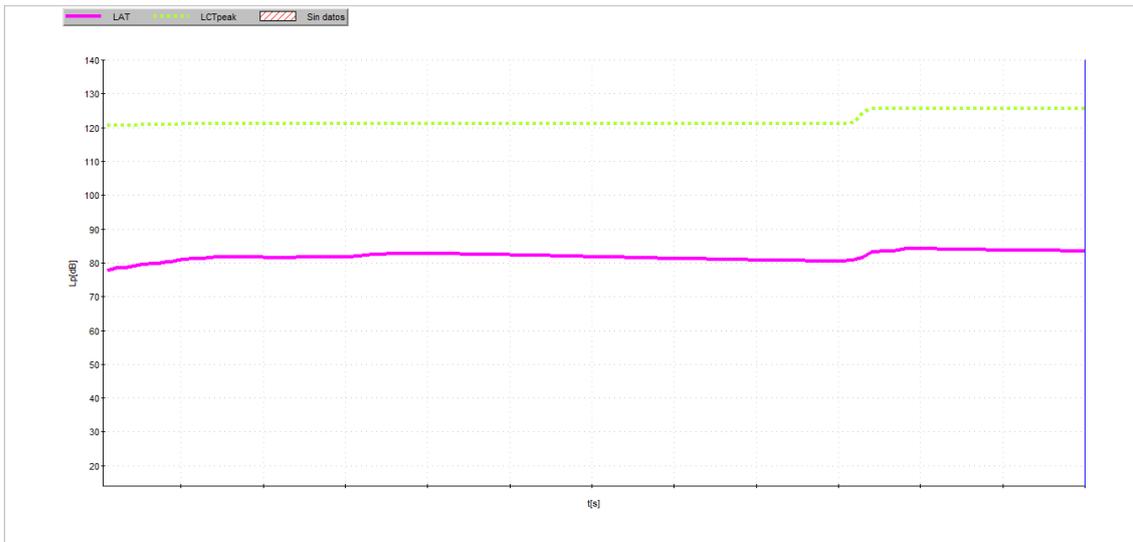
Primera medición SC160

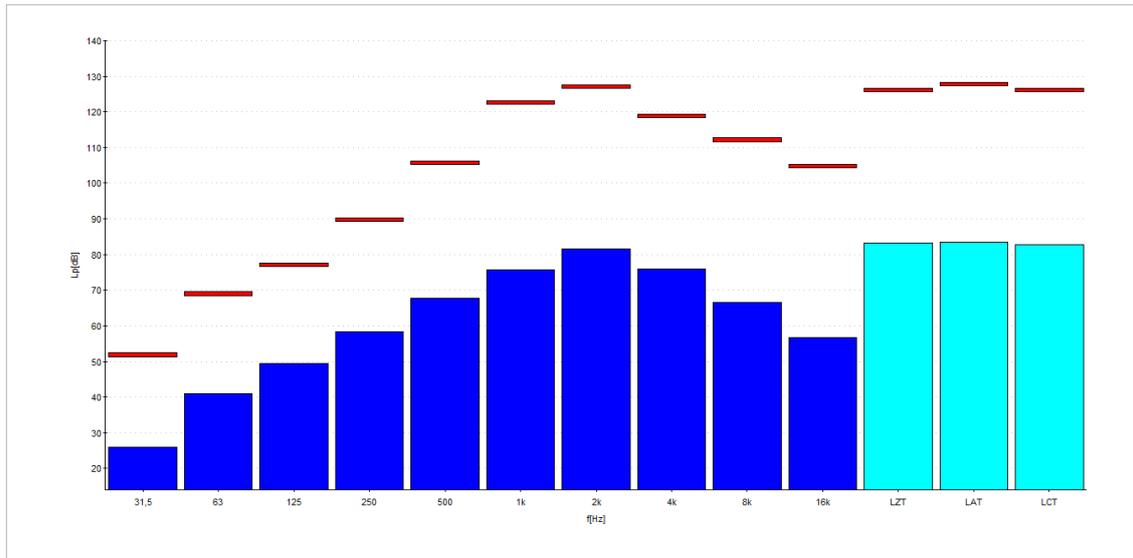
23/06/2015 20:17:27 T:00:02:17										
	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	25,9	41,0	49,5	58,4	67,7	75,6	81,5	75,9	66,5	56,6
Lpeak:	51,4	68,5	76,6	89,3	105,3	122,2	126,6	118,4	111,7	104,3
LZT:	83,2 dBZ									
LAT:	83,5 dBA									
LCT:	82,8 dBC									
LZTpeak:	125,7 dBZ									
LATpeak:	127,3 dBA									
LCTpeak:	125,7 dBC									
Datos globales										

Duración: 0000:02:17
 Inicio: 23/06/2015 20:15:11
 Fin: 23/06/2015 20:17:27

Aplicar coeficientes ponderación : A

120 últimos segundos con datos globales y cursor al final (vertical azul)





El gráfico anterior nos muestra el espectro del sonido. Nos indica de forma general cómo se comporta el ruido, viendo de manera más clara en qué frecuencias tenemos mayores niveles, dando idea de lo grave o agudo que es un ruido. La suma de todas las componentes frecuenciales se corresponde con el valor global.

De los 16 Hz hasta los 200 Hz bajas frecuencias se encuentran por debajo de los 60 dBA

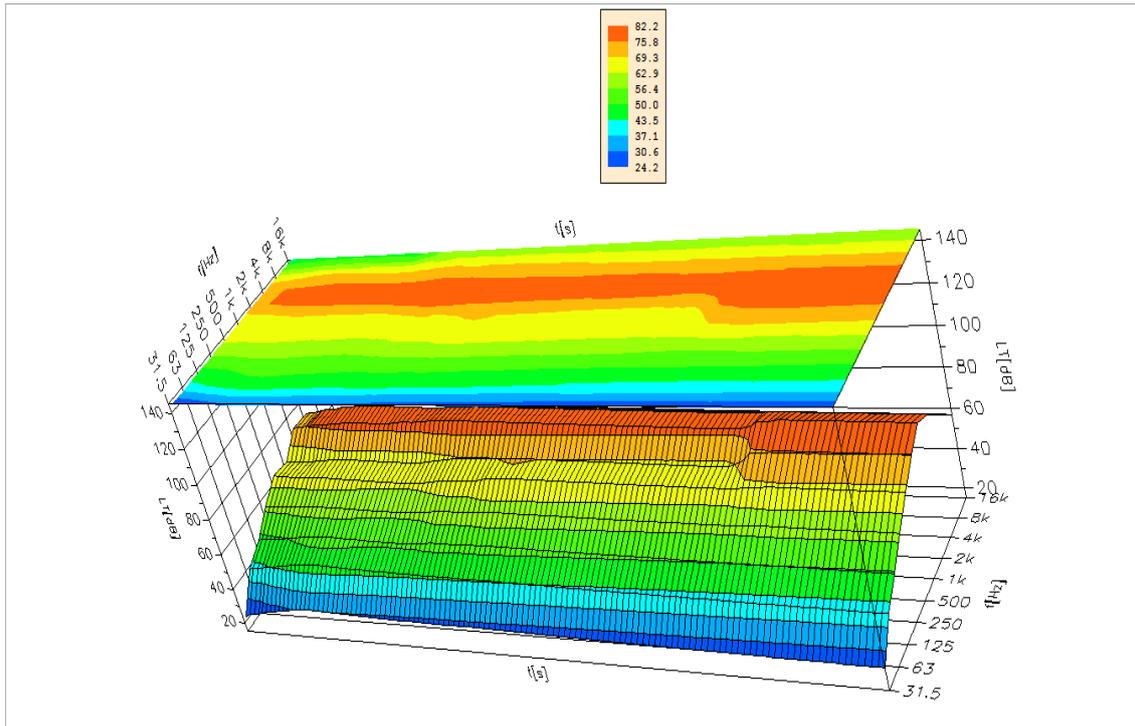
De los 200 Hz hasta los 2 KHz medias frecuencias se produce un ascenso siendo en los 2 KHz cuando se superan los 80 dBA

De los 2 KHz en adelante, altas frecuencias se produce una pérdida de niveles energéticos.

Los niveles energéticos están en torno a 50 dB en los 125 Hz que se pueden considerar elevados en las bajas frecuencias. Este ruido se extiende fácilmente en todas direcciones y a bastante distancia y es más molesto de lo que realmente indica la medida del nivel de presión sonora ponderado A.

No se aprecian componentes tonales.

El nivel global de presión acústica continuo equivalente L_{AT} es de **84 dBA** para esta medición que representa la operación o tarea.



Segunda medición SC160

23/06/2015 22:49:11 T:00:21:57

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	26,8	58,7	75,0	77,6	82,0	84,4	79,3	72,4	57,3	44,3
Lpeak:	49,6	86,0	96,7	102,3	102,9	107,3	102,5	97,0	89,0	80,8

LZT: 94,2 dBZ

LAT: 87,7 dBA

LCT: 94,0 dBC

LZTpeak: 116,7 dBZ

LATpeak: 109,3 dBA

LCTpeak: 117,0 dBC

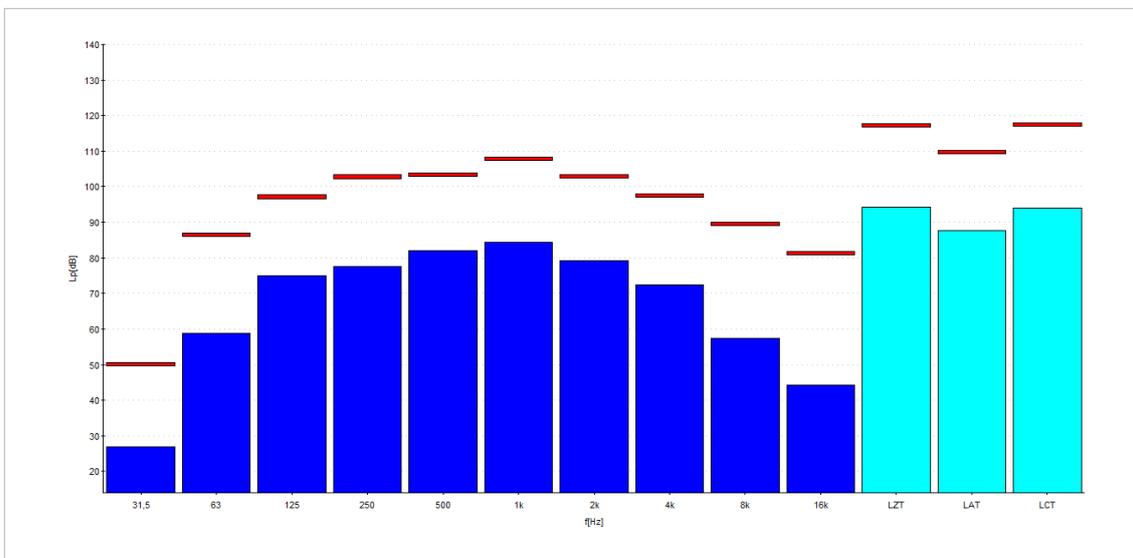
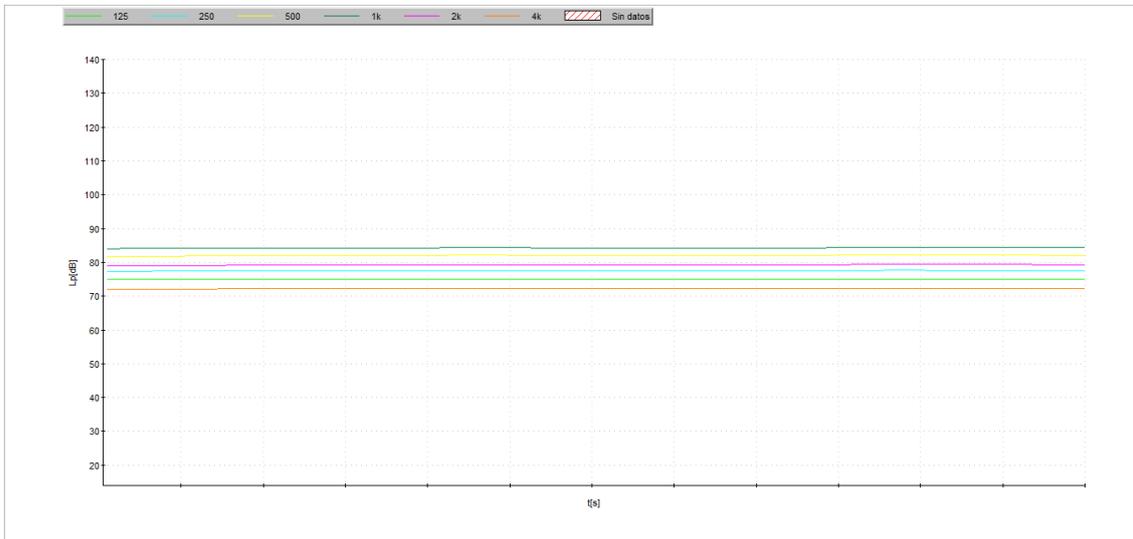
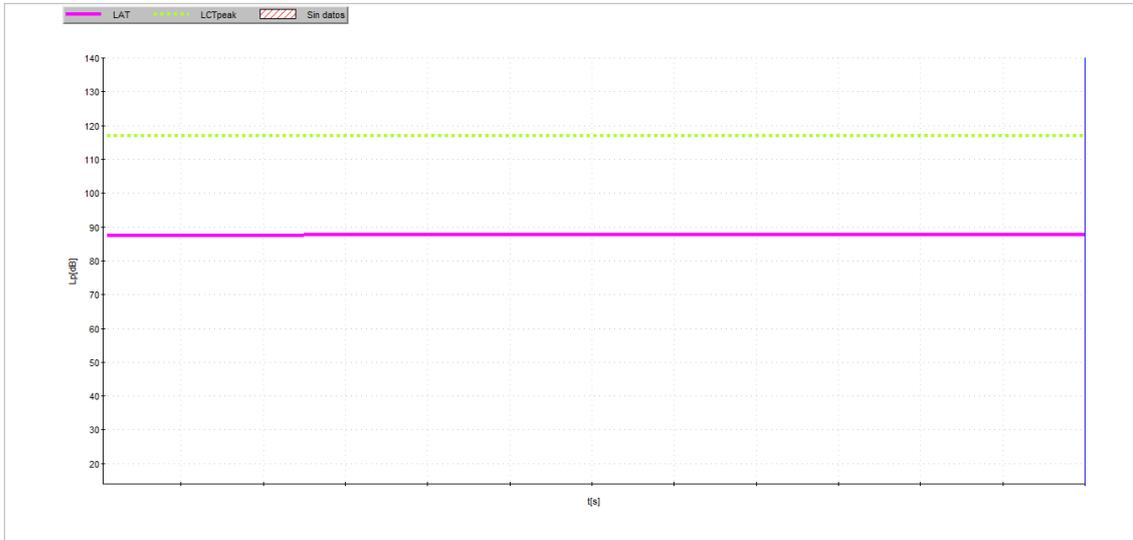
Datos globales

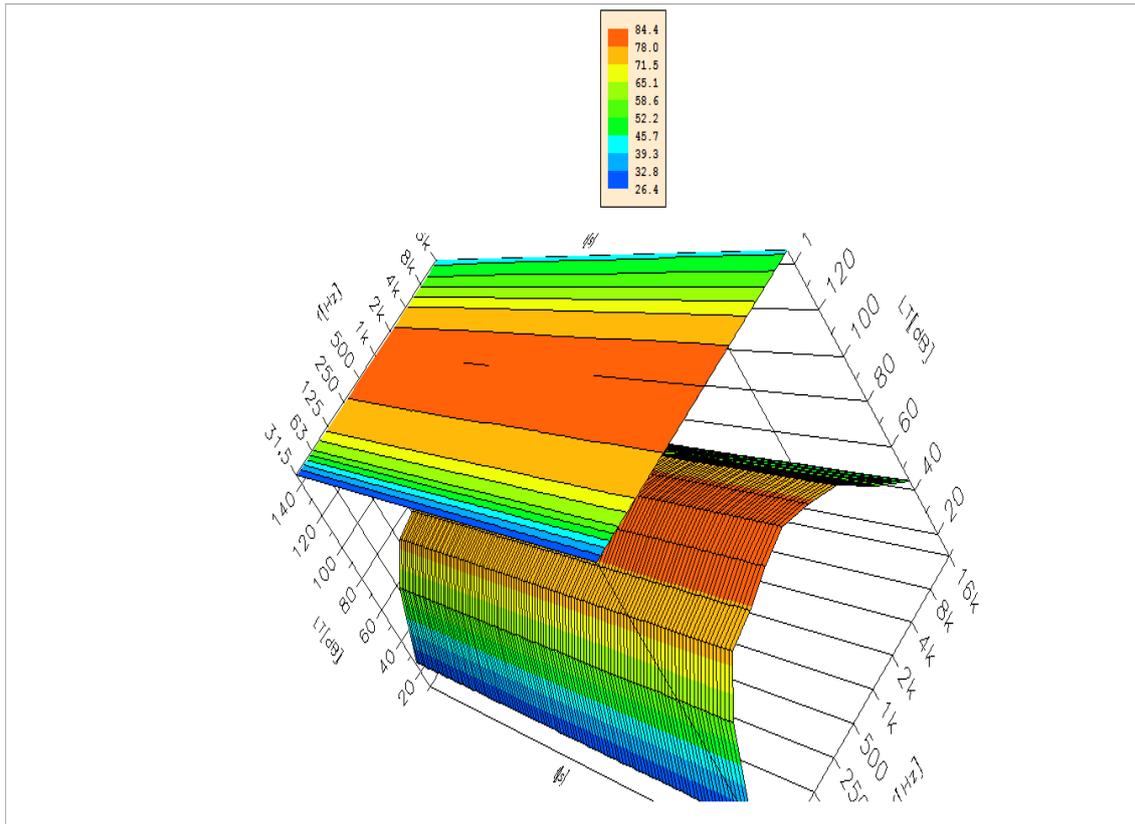
Duración: 0000:21:57

Inicio: 23/06/2015 22:27:15

Fin: 23/06/2015 22:49:11

Aplicar coeficientes ponderación : A





La misma medición anterior pero cogiendo un tiempo de integración de 11 minutos. Las gráficas muestran los valores del minuto 10 y 11.

23/06/2015 22:38:14 T:00:11:00

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	25,5	59,7	75,1	77,1	82,2	84,2	79,2	71,8	53,7	37,9
Lpeak:	47,4	86,0	96,7	101,2	102,4	106,5	102,2	93,8	86,6	74,4

LZT: 94,2 dBZ

LAT: 87,6 dBA

LCT: 94,1 dBC

LZTpeak: 115,7 dBZ

LATpeak: 108,9 dBA

LCTpeak: 115,4 dBC

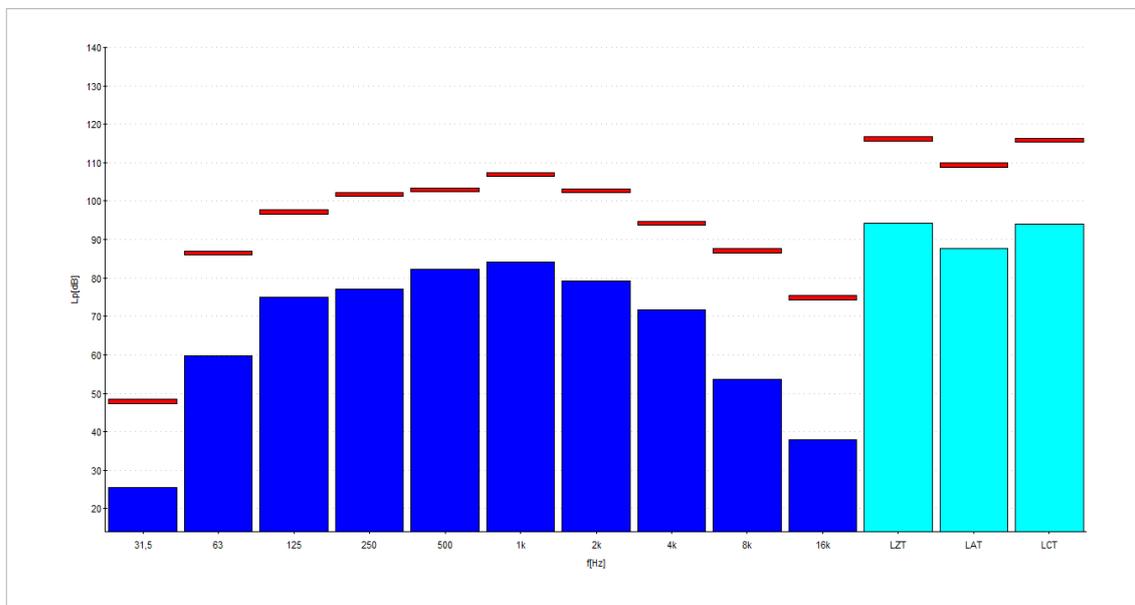
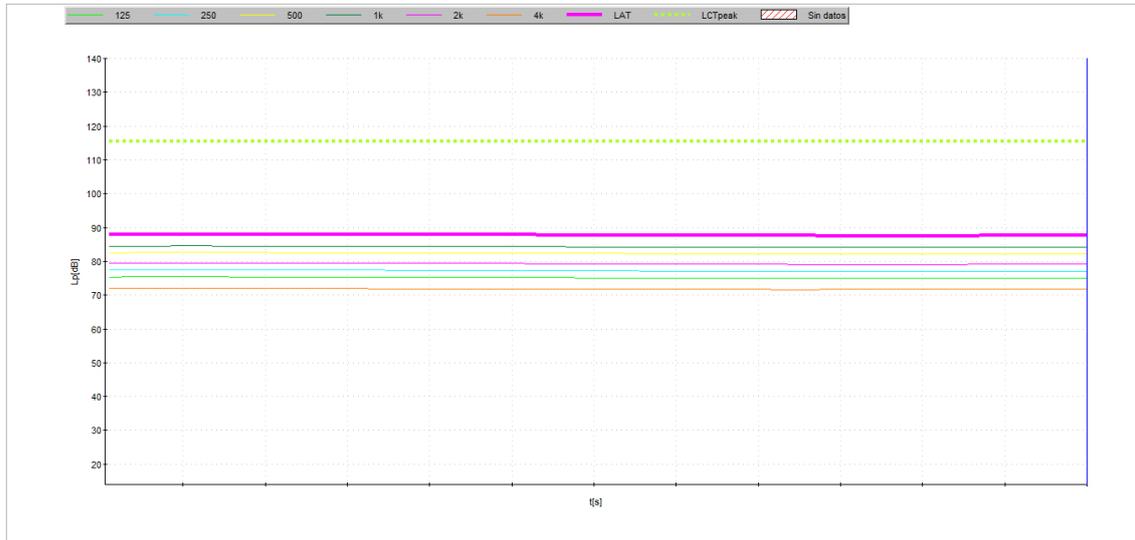
Datos globales

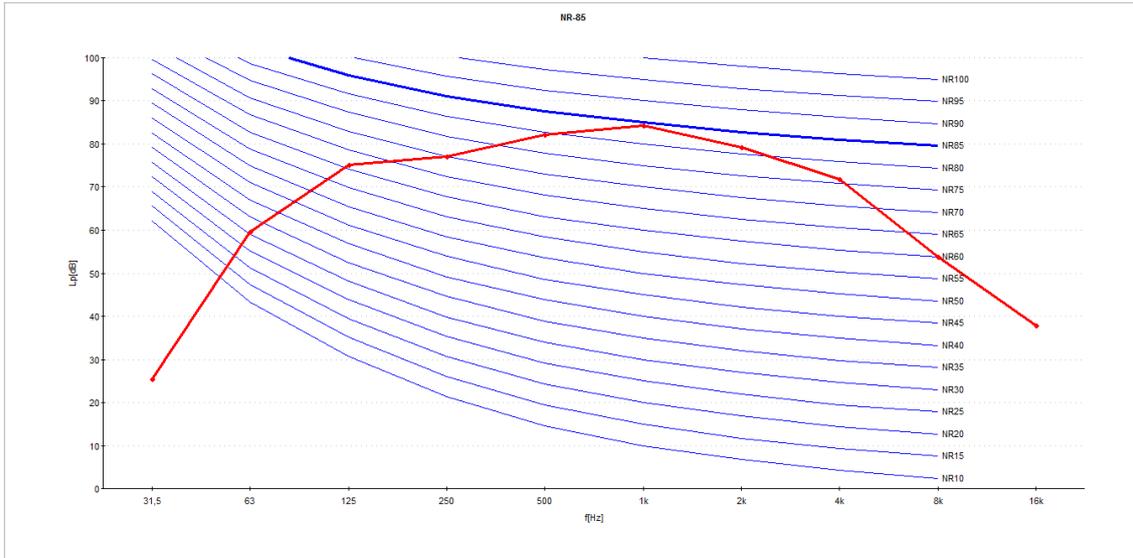
Duración: 0000:21:57

Inicio: 23/06/2015 22:27:15

Fin: 23/06/2015 22:49:11

Aplicar coeficientes ponderación : A





Tercera medición SC160

23/06/2015 23:12:00 T:00:18:14

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	23,6	54,5	69,0	71,8	77,8	79,3	77,3	72,0	59,8	45,1
Lpeak:	55,2	81,9	96,9	101,7	102,4	103,2	103,4	98,7	92,9	83,1

LZT: 89,0 dBZ

LAT: 83,6 dBA

LCT: 88,8 dBC

LZTpeak: 115,7 dBZ

LATpeak: 108,1 dBA

LCTpeak: 116,0 dBC

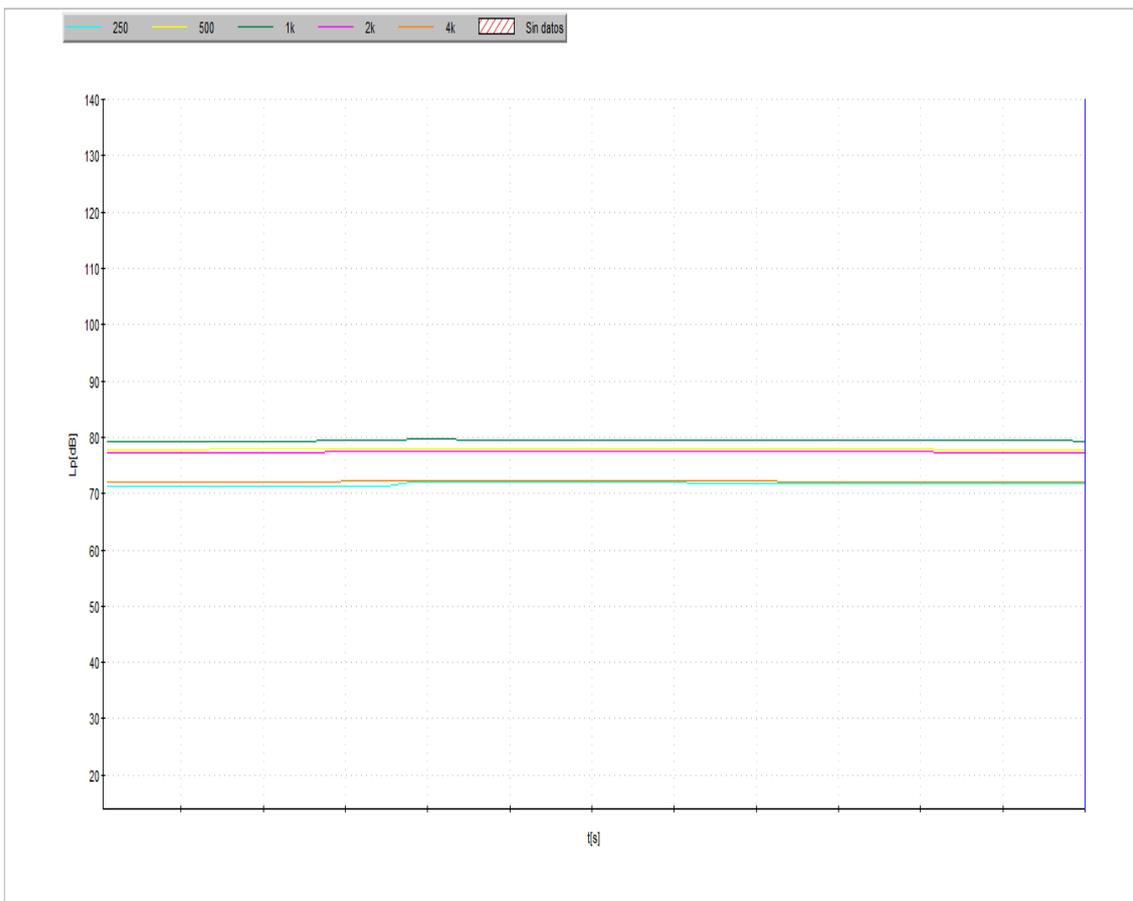
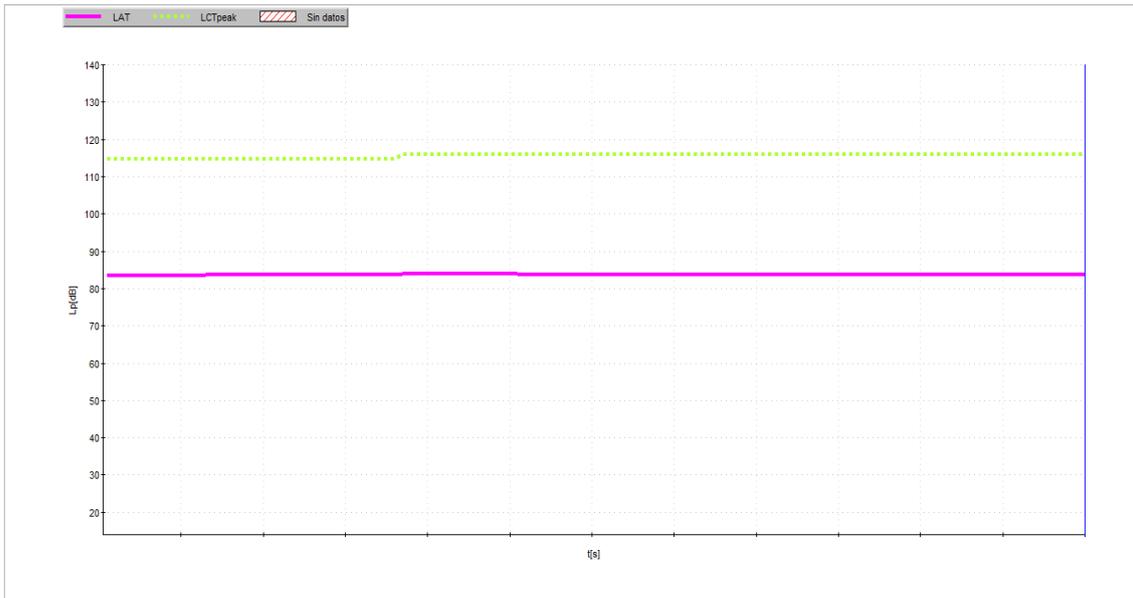
Datos globales

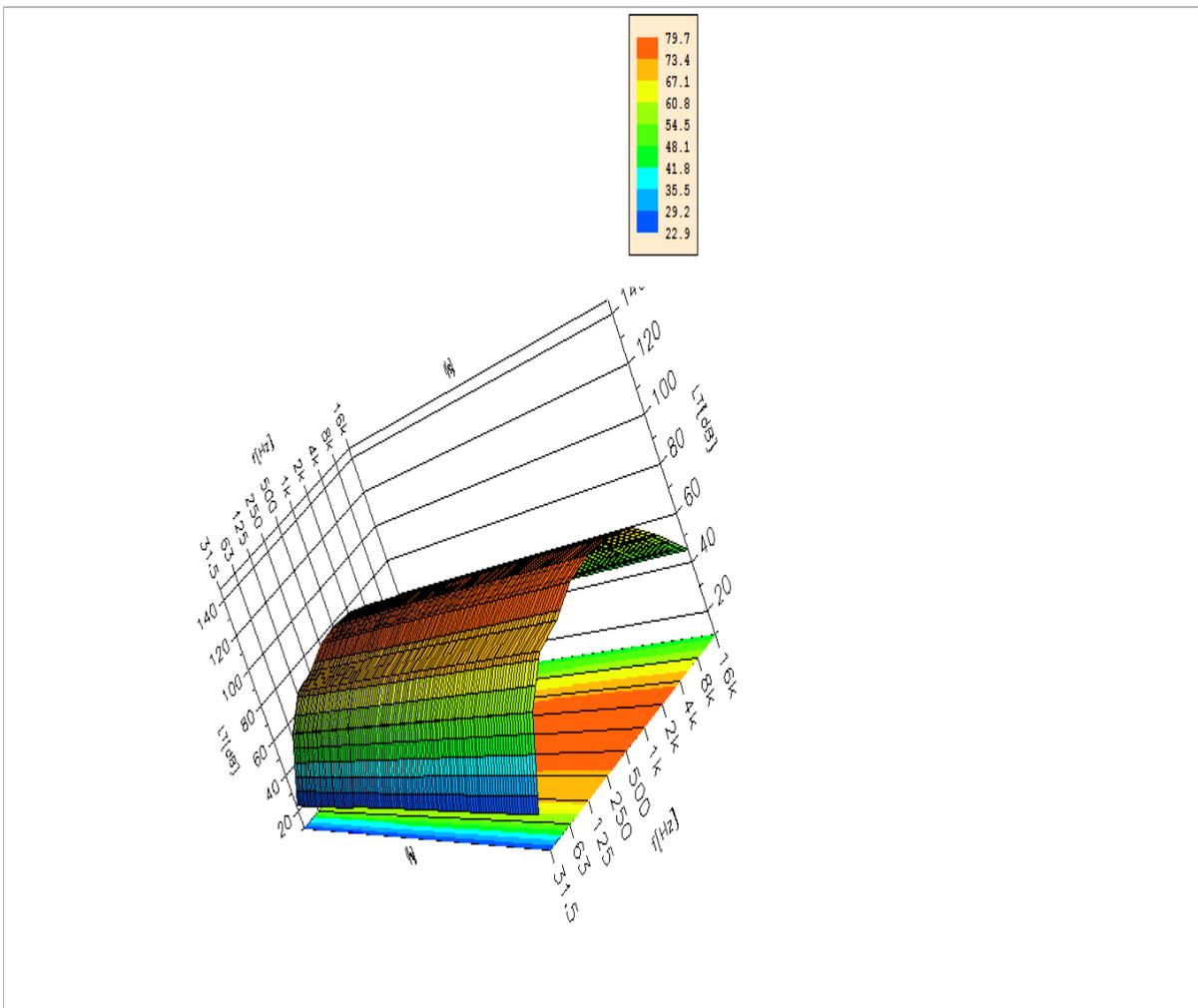
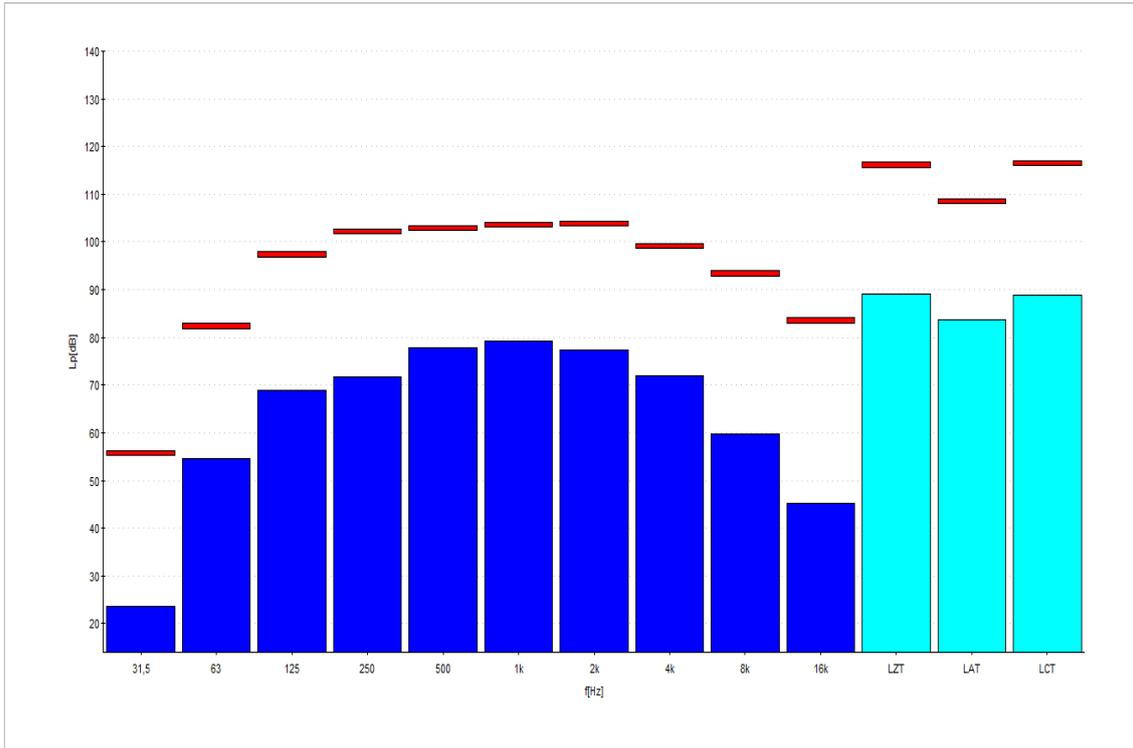
Duración: 0000:18:14

Inicio: 23/06/2015 22:53:47

Fin: 23/06/2015 23:12:00

Aplicar coeficientes ponderación : A





Misma medición anterior pero con tiempo de integración de 10:34 minutos

El histograma de frecuencias refleja valores globales hasta ese tiempo y los gráficos de tiempo y frecuencias muestran los 120 segundos últimos.

23/06/2015 23:04:20 **T:00:10:34**

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	23,2	54,6	69,1	71,3	76,9	78,1	76,4	71,4	59,7	45,3
Lpeak:	52,9	81,9	95,7	98,7	102,4	103,2	101,7	98,5	92,9	82,4

LZT: 88,7 dBZ

LAT: 82,6 dBA

LCT: 88,5 dBC

LZTpeak: 115,4 dBZ

LATpeak: 107,5 dBA

LCTpeak: 114,6 dBC

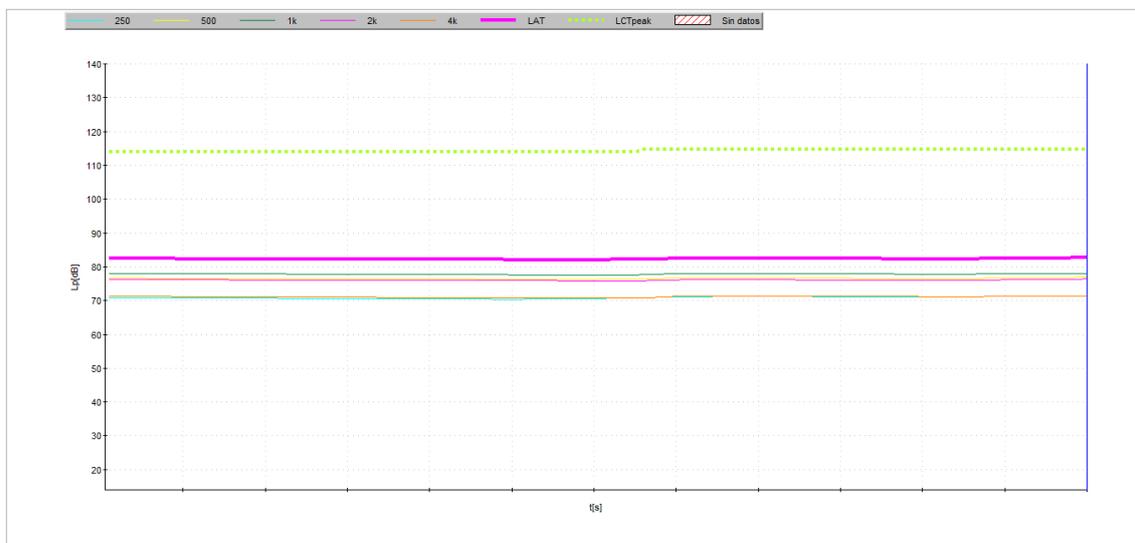
Datos globales

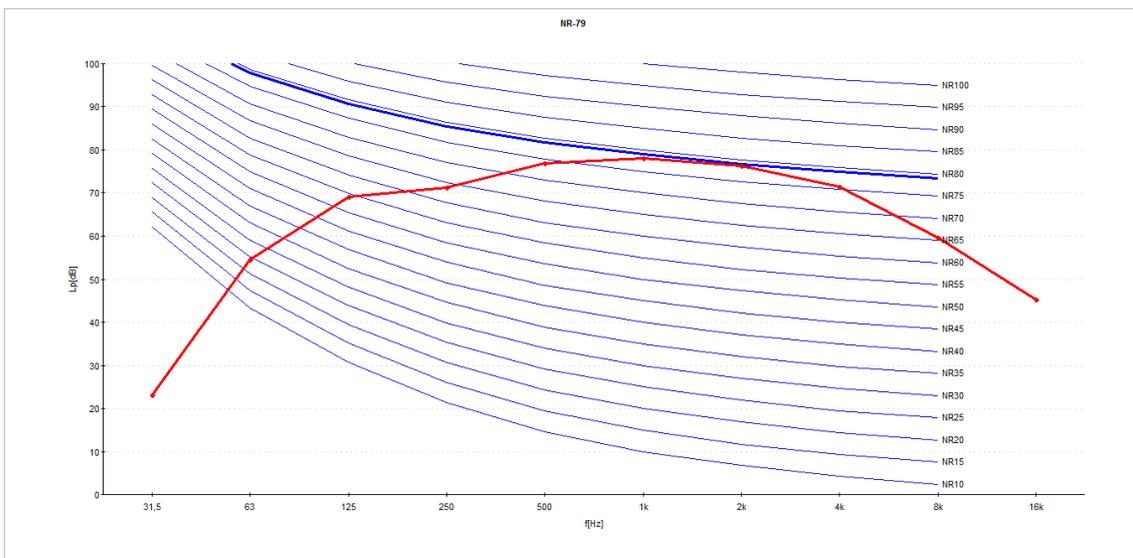
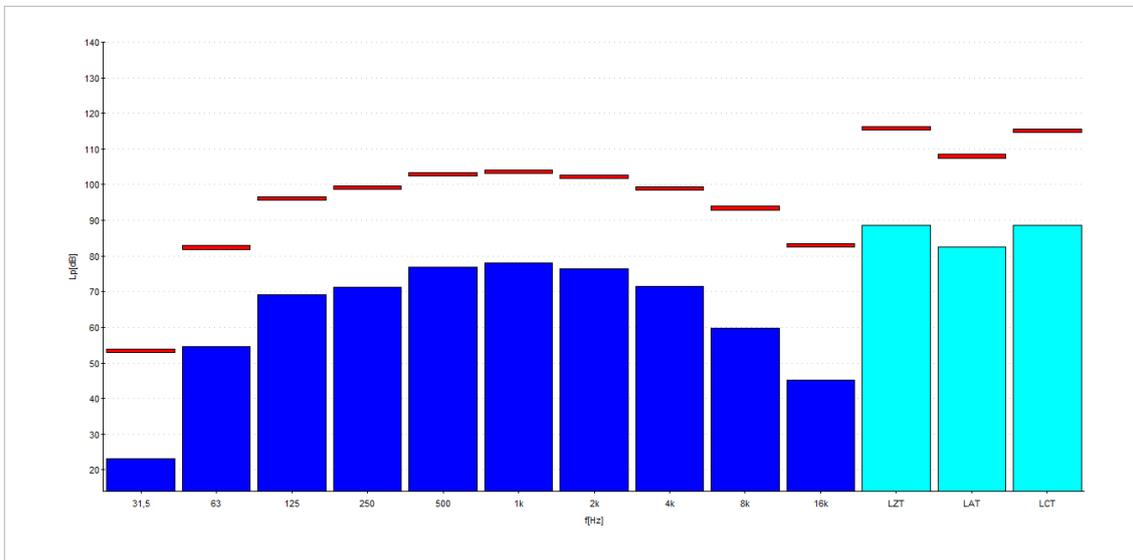
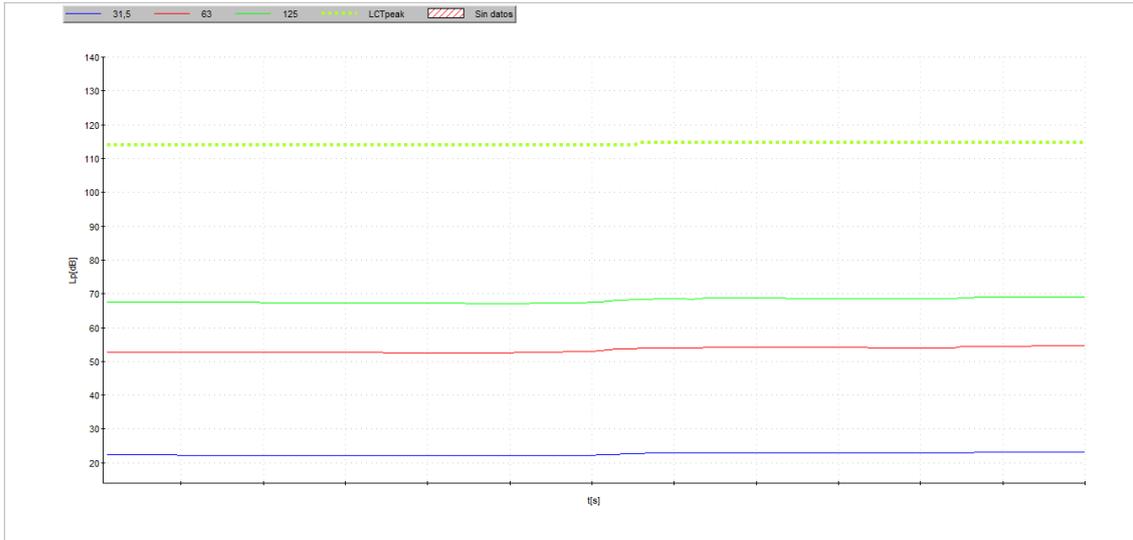
Duración: 0000:18:14

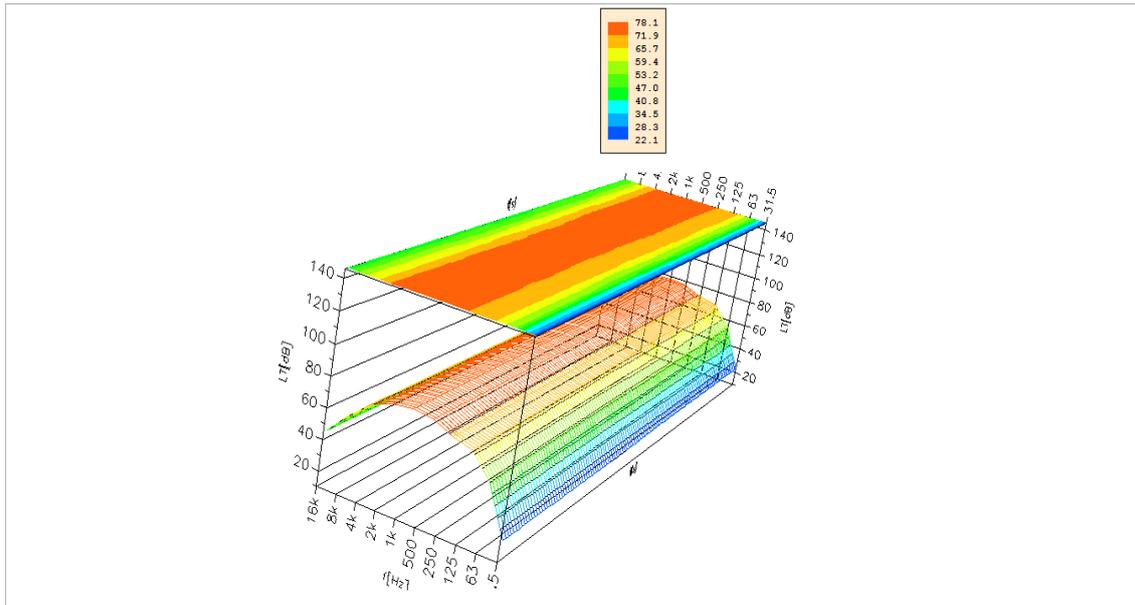
Inicio: 23/06/2015 22:53:47

Fin: 23/06/2015 23:12:00

Aplicar coeficientes ponderación : A







Cuarta medición SC160

Esta medición corresponde a la finalización del ensayo y es ruido ambiental cuando algunos instrumentos siguen tocando.

23/06/2015 23:28:50 **T:00:16:33**

	31,5Hz	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	16kHz
LT:	21,8	43,2	58,4	64,8	69,5	67,7	64,7	53,0	40,2	26,3
Lpeak:	50,8	70,5	83,7	88,8	92,2	97,0	94,9	94,7	86,8	74,4

LZT: 79,4 dBZ

LAT: 72,9 dBA

LCT: 79,0 dBC

LZTpeak: 101,7 dBZ

LATpeak: 101,1 dBA

LCTpeak: 101,8 dBC

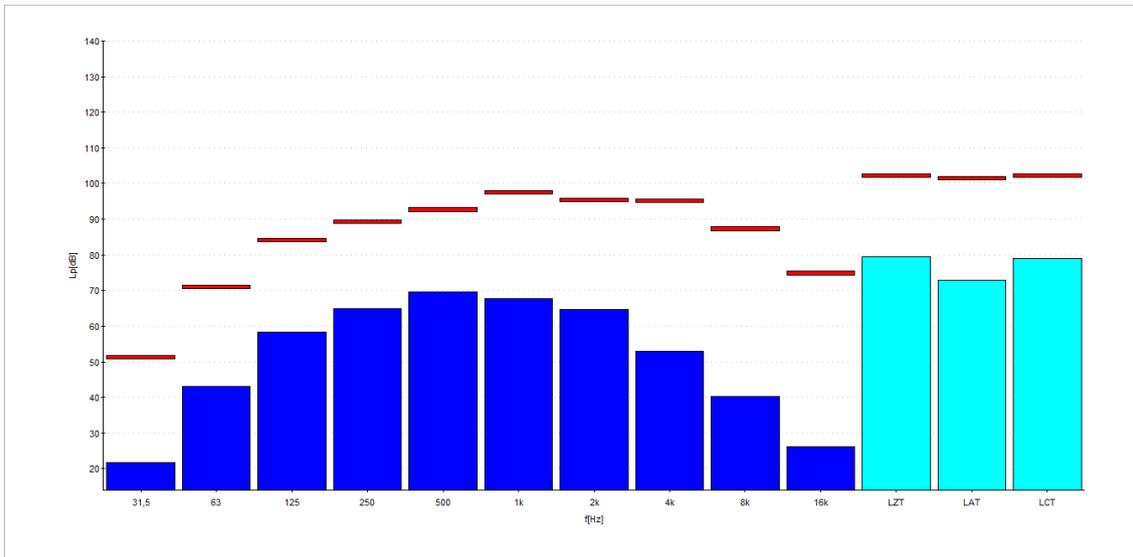
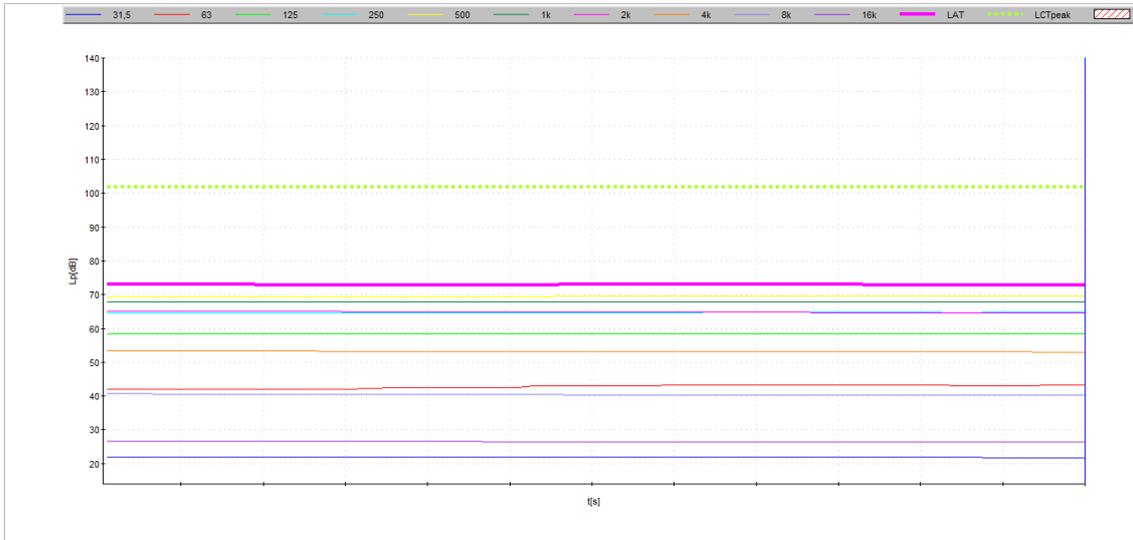
Datos globales

Duración: 0000:16:33

Inicio: 23/06/2015 23:12:18

Fin: 23/06/2015 23:28:50

Aplicar coeficientes ponderación : A



APÉNDICE I

Ejemplo de cálculo manual mediciones zona 1 con sonómetro SC310

	Trabajo neto minutos	descansos	Total
Mañana	160	20	
Tarde	160	20	320 neto

4º movimiento	L _{Aeq,T,m}	L _{Aeq,T}	L _{Aeq,d}	T _{exp, min}	T _{exp, h}	L _{pico}	T _{medi,min}
Novena sinfonía de Beethoven	1						
Tarea 1	92	92	89,85	85,57 M	2,85	115,5	39,57
				85,57 T			
				171,14			
Tarea 2	96	96	89,85	8 M	0,26	118,9	7,26
				8 T			
				16			
Tarea 3	90	90	89,85	66,35 M	2.21	120,6	20,35
				66,35 T			
				132,7			
Tarea 4	73	73	89,85	20 M	0,66		16,33
				20 T			
				40			

El valor del nivel equivalente de presión sonora de cada operación viene dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] \text{ dBA}$$

Esta media logarítmica ponderada se utiliza cuando se realiza más de una medición en la misma tarea.

La contribución al nivel equivalente diario de cada operación o tarea es:

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

Siendo el nivel equivalente diario al aplicar la fórmula de \cong a 90 dBA

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 1})} = 92 + 10 \log \left[\frac{2,85}{8} \right] = 87,51 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 2})} = 96 + 10 \log \left[\frac{0,26}{8} \right] = 81 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 3})} = 90 + 10 \log \left[\frac{2,21}{8} \right] = 84,41 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d(\text{tarea 4})} = 73 + 10 \log \left[\frac{0,66}{8} \right] = 62 \text{ dBA}$$

El nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] \text{ dBA}$$

$$\text{El } L_{\text{Aeq,d}} = 10 \log[(10^{0,1 \cdot 87,51} + 10^{0,1 \cdot 81} + 10^{0,1 \cdot 84,41} + 10^{0,1 \cdot 62})] = 89,85 \text{ dBA}$$

Este valor es para el ensayo colectivo de mañana y tarde en una obra de 2 h. en la zona 1 de medición con el sonómetro SC310.

Aunque el procedimiento de la estrategia de medición basada en la tarea, estipula que el tiempo de los descansos también debe recogerse al realizar la división de las tareas en la jornada, el valor que arroja al incorporarlo al cálculo de la exposición diaria no modifica el resultado. Esto es debido a que cuando predomina claramente un nivel de presión sonora sobre los demás, la función exponencial deja a los niveles más bajos sin relevancia en el resultado final, por lo que se pueden despreciar y se pueden simplificar de este modo los cálculos.

La incertidumbre típica combinada “u” para una estrategia de medición basada en la tarea se calcula con la ecuación siguiente,

$$u^2(L_{\text{Aeq,d}}) = \left(\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right)$$

Se calculan los distintos componentes de la ecuación y se calcula “u” para cada tarea:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1(L_{\text{Aeq,T}} - L_{\text{Aeq,d}})}$$

$$c_{1a,m1} = \frac{2,85}{8} 10^{0,1(92-90)} = 0,56$$

$$C_{1a,m2} = \frac{0,26}{8} 10^{0,1(96-90)} = 0,12$$

$$C_{1a,m3} = \frac{2,21}{8} 10^{0,1(90-90)} = 0,27$$

$$C_{1a,m4} = 0$$

$$C_{1b,m} = 4,34 \frac{C_{1a,m}}{T_m}$$

$$C_{1b,m1} = 4,34 \frac{0,56}{2,85} = 0,85$$

$$C_{1b,m2} = 4,34 \frac{0,12}{0,26} = 2$$

$$C_{1b,m3} = 4,34 \frac{0,27}{2,21} = 0,53$$

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{AeqT,mi} - \overline{L_{AeqT,m}})^2 \right]}$$

$$u_{1a,m1} = 0$$

$$u_{1a,m2} = 0$$

$$u_{1a,m3} = 0$$

$$u_{1a,m4} = 0$$

$$u_2 = 0,7$$

$$u_3 = 1$$

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - \bar{T}_m)^2 \right]}$$

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{2(1)} [(5,33 - 5,32)^2 + ((5,32 - 5,32)^2)]} = 0,007$$

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

$$u^2 \text{ tarea 1: } [0,56^2(0,7^2 + 1^2) + (0,85 * 0,007)^2] = 0,467$$

$$u^2 \text{ tarea 2: } [0,12^2(0,7^2 + 1^2) + (2 * 0,007)^2] = 0,021$$

$$u^2 \text{ tarea 3: } [0,27^2(0,7^2 + 1^2) + (0,53 * 0,007)^2] = 0,10$$

$$u=0,762;$$

u^2 tarea 4: Se considera que es 0.

La incertidumbre expandida aplicando un factor $k= 1,65$ para obtener el intervalo de confianza (para el 95% de probabilidad) de un solo lado:

$$U= k * u ; U=1,65 * 0,762= 1,26$$