

FACULTAD
DE CIENCIAS
JURÍDICAS



ZIENTZIA
JURIDIKOEN
FAKULTATEA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS / IKASGAIEN AMIERAKO LANA
MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

.....

EL RUIDO COMO FACTOR DE RIESGO EN LOS MÚSICOS
Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Roberto Monreal Armendáriz

DIRECTOR / ZUZENDARIA

Miguel Arana Burgui

Pamplona / Iruñea

Junio de 2018

Resumen

El ruido en el sector musical es un riesgo grave. Está constantemente presente tanto en ensayos como en actuaciones y a pesar de que el músico es consciente de su presencia, en la mayoría de los casos se desconocen los efectos secundarios que pueden provocar en sus oídos.

La presencia del ruido y los niveles sonoros a los que los músicos pueden llegar a estar expuestos no son iguales en todos los casos. Dependerá en todo momento de la intensidad con la que se toca, el lugar, el tipo de música o el momento, ya sea un ensayo individual en casa o una actuación en directo con la banda o grupo al completo.

En materia de prevención, resulta importante concienciar y formar a los músicos (profesionales y no profesionales), sobre el riesgo al que están expuestos, sus consecuencias y, sobre todo, las medidas preventivas que pueden adoptar para frenar lo que con el tiempo, puede provocar pérdidas auditivas importantes.

Palabras clave: Músicos, ruido, prevención, concienciar, exposición.

Abstract

Noise in the music sector is a serious risk. It is constantly present in both rehearsals and performances and although the musician is aware of this presence, in most cases the side effects that can cause in their ears are unknown.

The presence of noise and the sound levels to which musicians may become exposed are not the same in all cases. It will depend at all times on the intensity with which it is played, the place, the type of music or the moment, whether it is an individual rehearsal at home or a live performance with the band or group as a whole.

In terms of prevention, it is important to raise awareness and train musicians (professionals and non-professionals) about the risk to which they are exposed, their consequences and above all, the preventive measures they can take to curb what over time, can cause significant hearing losses.

Key words: Musician, noise, prevention, aware, exposing.

AGRADECIMIENTOS

A Eduardo Monreal y Txema Yoldi por su participación y colaboración en todo momento durante las mediciones del grupo de Rock.

A la Txaranga Igandea por implicarse y dar el visto bueno a que se realizaran medidas durante sus ensayos.

A la Escuela de Música Julián Gayarre de Noáin por cedernos sus aulas y por facilitar el proceso en todo momento. Y especial agradecimiento al profesor de batería Andoni Zugasti y al profesor de trombón Alberto Mediavilla por su paciencia y colaboración.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. CONCEPTOS BÁSICOS DEL SONIDO	2
2.1 Definición de sonido – ruido	2
2.2 Ondas sonoras	3
2.3 Movimiento ondulatorio	4
2.3.1 Amplitud (A).....	5
2.3.2 Periodo (T)	5
2.3.3 Longitud de onda (λ).....	6
2.3.4. Frecuencia	6
2.4 Espectro de frecuencias.....	8
2.5 El decibelio	9
2.6 Curvas de ponderación frecuencial.....	10
2.7 Tipos de ruido	13
III. EL OÍDO Y PATOLOGÍAS	14
3.1 Anatomía del sistema auditivo.....	14
3.1.1 Oído externo.....	14
3.1.2 Oído medio.....	15
3.1.3 Oído interno.....	15
3.2 Efectos del ruido sobre la salud	17
3.3 Efectos no auditivos del ruido	20
IV. LEGISLACIÓN	21
4.1 Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales	21
4.2 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.	23
V. VIGILANCIA DE LA SALUD Y FORMACIÓN	29
5.1 Protocolo sanitario específico	30
5.2 Periodicidad	31
5.3 Conducta a seguir.....	32
VI. MEDIDAS PREVENTIVAS	33
6.1 Formación e información.....	33
6.2 Gradadas	34
6.3 Pantallas acústicas.....	35
6.4 Medidas de control en el escenario en directo	36

6.5 Monitorización del escenario en directo	37
6.6 Monitores intra-auditivos o <i>in-ears</i>	38
6.7 Pruebas de sonido y planificación	40
6.8 Ensayos	40
6.9 Protectores auditivos.....	42
VII. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO	50
VIII. EL RUIDO EN DIFERENTES SECTORES	53
8.1 Grupo Rock.....	53
8.2 Txaranga.	67
8.3 Profesorado.	71
IV. CONCLUSIONES	76
X. BIBLIOGRAFÍA	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bandas de octava (1/1) y tercio de octava (1/3) en el rango del audio.....	8
Tabla 2. Comparación de valores entre Presión sonora ($\times 20 \mu\text{Pa}$) y Nivel de presión sonora (dB)	10
Tabla 3. Ponderaciones A y C en bandas de tercio de octava.	12
Tabla 4. Efectos no auditivos del ruido..	20
Tabla 5. Representación nivel de exposición diaria o semanas y niveles de pico.....	24
Tabla 6. Tiempos necesarios para recibir una dosis equivalente durante la interpretación de diferentes instrumentos.	26
Tabla 7. Comparación entre los distintos tipos de protección auditiva. Fuente: INSHT 48	
Tabla 8. Repertorio grupo Rock.	54
Tabla 9. Nivel sonoro de las diferentes canciones interpretadas.	56
Tabla 10. Nivel sonoro de canciones interpretadas por "Txaranga Igandea".....	67
Tabla 11. Nivel sonoro de diferentes clases de batería.....	72
Tabla 12. Nivel sonoro de diferentes clases de trombón.	75

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación del movimiento ondulatorio en una onda sinusoidal.	4
Ilustración 2. Representación de la amplitud de onda y su interpretación.	5
Ilustración 3. Representación del periodo.	5
Ilustración 4. Representación de la longitud de onda.	6
Ilustración 5. Representación de la frecuencia.	6
Ilustración 6. Representación de las frecuencias a las que emiten diferentes instrumentos.	7
Ilustración 7. Representación gráfica de la relación entre frecuencias e intensidades. ...	11
Ilustración 8. Representación de las curvas de ponderación A y C.	12
Ilustración 9. Representación de las distintas partes que componen el oído.	14
Ilustración 10. Diferentes etapas en la pérdida de capacidad auditiva.	18
Ilustración 11. Diagrama a seguir en la identificación del riesgo y las medidas a tomar.	25
Ilustración 12. Disposición de los instrumentos de una orquesta mediante el uso de gradas.	34
Ilustración 13. Ejemplo de pantalla acústica en una batería.	35
Ilustración 14. Representación gráfica del funcionamiento de los in-ear.	38
Ilustración 15. Orejeras.	44
Ilustración 16. Tapones moldeables.	44
Ilustración 17. Tapones premoldeados.	45
Ilustración 18. Tapones personalizados.	46
Ilustración 19. Tapones semi-insertados.	47
Ilustración 20. Imágenes del sonómetro empleado para realizar las mediciones.	52
Ilustración 21. Imagen de la posición del sonómetro durante la medición del grupo de Rock.	55
Ilustración 22. Posición del sonómetro durante la toma de medidas en "Txaranga Igandea".	68
Ilustración 23. Posición del sonómetro en las clases de batería.	72
Ilustración 24. Posición del sonómetro en la clase de trombón.	74

I. INTRODUCCIÓN

El ruido es un factor de riesgo que en la gran mayoría de ocasiones está infravalorado. Generalmente, se desconoce el riesgo real que existe en trabajos como pueden ser en industrias del metal o en constructoras, donde se tiene un ambiente de trabajo, por lo general, bastante ruidoso.

Estar expuestos a niveles excesivamente altos, puede a la larga provocar lesiones auditivas severas. Ejemplos cotidianos se encuentran cuando se utilizan auriculares para escuchar música con un nivel de audio elevado, o cuando en los momentos de ocio, se asiste a un concierto, a una discoteca y durante horas, nuestros oídos se encuentran en un ambiente ruidoso y a su vez, muy perjudicial. Entre todos los ámbitos laborales, el trabajo se va a centrar en el sector de la música, ámbito conocido por muchos a nivel general, pero desconocido teniendo en cuenta los riesgos a los que los artistas e incluso los espectadores pueden estar expuestos.

La música es un arte con el cual convivimos a diario: de camino al trabajo, cuando se tiene un mal día o cuando se quiere celebrar algo. Es inevitable negar que la música forma una parte esencial en la vida de todos. Pero aun así, ¿conocemos los niveles de ruido a los que estamos expuestos cuando vamos por ejemplo a un concierto?

El objetivo de este trabajo es conocer el impacto que provoca el ruido existente en el sector de la música. El estudio viene motivado por el interés provocado por los casos que en los últimos años han asomado en el mundo de la música, de grandes artistas que admiten tener problemas de sordera debido a los altos niveles de ruido a los que están sometidos tanto en los ensayos como en las actuaciones.

Durante el trabajo se irán conociendo aspectos respecto a las nociones básicas de la física del sonido, las patologías que el excesivo ruido puede suponer en el oído humano. También se comentará la legislación relacionada con este ámbito y los tipos de medidas preventivas.

Por último, se concluirá con diferentes medidas realizadas en diferentes ámbitos del sector de la música. Analizaremos mediciones tanto de sonometría como de analizador de espectro, donde se verán las diferentes frecuencias en bandas de tercio de octava de un grupo de Rock, una Txaranga y en dos casos de profesores de música (batería y trombón de varas).

II. CONCEPTOS BASICOS DEL SONIDO

2.1 Definición de sonido – ruido

Debemos comenzar precisando que entendemos por *sonido*. Entre las múltiples definiciones, la mayoría vienen siendo como las siguientes:

- “*El sonido es una variación de presión que se propaga periódicamente en un medio elástico (aire, o cualquier otro gas, líquido o sólido)*” (Jordá, 2003).

- “*El sonido es un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva. Las vibraciones se transmiten en el medio, generalmente el aire, en forma de ondas sonoras, [...] que finalmente generan la sensación sonora*” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016).

- “*El sonido puede ser definido como cualquier variación de presión que el oído humano pueda detectar*” (Brüel&Kjær, 2000).

Por lo tanto, se puede llegar a unos rasgos comunes que son los siguientes:¹

- Existe en primer lugar, un elemento en vibración.

- Esta vibración, provoca cambios en la presión de un tipo de medio determinado (sólido, líquido o aire). Hay que destacar que dependiendo del medio, la velocidad del sonido cambia. “*En el aire, el sonido se propaga a una velocidad de 340 m/s. en líquido y sólidos, la velocidad de propagación es mayor – 1500 m/s en el agua y 5000 m/s en el acero*” (Brüel&Kjær, 2000).

- Por último, existe un receptor capaz de detectar los cambios de presión, generando una sensación sonora.

En el caso de los músicos, una vez nombrados los rasgos comunes tendríamos que el elemento que provoca la vibración es el instrumento o amplificador (en el caso de guitarras eléctricas o bajos eléctricos), el aire será el medio elástico y el receptor será el propio oído del artista.

¹Asisten, J. C. (2015). “*Edición de sonido en computadora, para proyectos en Clic, multimedia otras actividades educativas. Teoría y Práctica.*”. Obtenido de Educ.ar: <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD13/contenidos/materiales/archivos/sonido.pdf>

Por contraposición al sonido, tenemos el fenómeno físico denominado ruido. Según la Real Academia Española, ruido es “*aquel sonido inarticulado, por lo general desagradable*”. Pero, ¿qué se puede entender por desagradable? Este término se fundamentará en la valoración propia de cada sujeto. Por ejemplo, la música que suena en la radio por lo general no resulta molesta. En cambio, si el volumen está alto y el sonido sale distorsionado, puede comenzar a molestar y es en ese punto donde se pasa de algo agradable a desagradable.

Otro ejemplo que resulta cotidiano se puede encontrar en las casas en el aire acondicionado. Supongamos que emite un breve sonido cuando se enchufa. Durante un periodo de tiempo determinado se ignorará el ruido que emite. En cambio, pasados unos minutos u horas, ese pequeño sonido comienza a ser molesto para los que se sitúan en la misma sala que el aparato.

Por lo tanto, podría decirse, que el ruido es una apreciación del sonido que subjetivamente resulta ser no deseado por el individuo.

2.2 Ondas sonoras

Se ha mencionado que para que el sonido se produzca, se necesita una variación de la presión existente en un medio elástico. Esta variación de la presión se denomina presión acústica o sonora y se define como “*la diferencia en un instante entre la presión instantánea y la presión atmosférica.*” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016)

Estas presiones acústicas las cuales se pueden percibir como sonido, varían en unos intervalos enormes. Concretamente entre unos valores que van desde los $20 \mu Pa$, que representa el umbral medio auditivo de una persona, hasta los $100 Pa$, que se podría tomar como el umbral del dolor.

Estos datos hacen que el manejo de las cifras de presión acústica con respecto a las escalas lineales en Pa , se lleve a utilizar rangos muy grandes y muy difíciles de manejar. Hay que destacar que el oído humano responde a este tipo de estímulos no de forma lineal, sino de forma logarítmica. Por lo tanto, “*es más práctico expresar los parámetros acústicos como una relación logarítmica llamada decibelio o dB.*” (Brüel&Kjær, 2000)

2.3 Movimiento ondulatorio ^{2,3}

El movimiento ondulatorio es la propagación de una onda en un medio material (o en el vacío, en el caso de las ondas electromagnéticas). Permite propagar energía de un punto a otro sin desplazamiento de la materia.

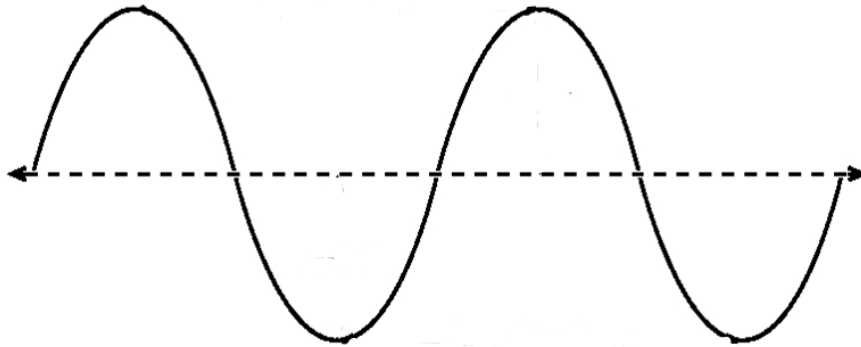


Ilustración 1. Representación del movimiento ondulatorio en una onda sinusoidal.

La representación matemática más básica de la señal de audio es a través de la onda sinusoidal. Esta nos permitirá describir cualquier variación en el desplazamiento de las partículas como una función dependiente del tiempo o la distancia.

A continuación, se va a nombrar y a describir las variables más importantes que forman el sonido. Entre ellas se puede encontrar:

- La amplitud.
- El periodo.
- La longitud de onda.
- La frecuencia.

² Rumsey, F., & McCormick, T. (2008). *Sonido y grabación*. Barcelona: Omega.

³ Sonograf, E. d. (2013). *Física del Sonido*. Pamplona.

2.3.1 Amplitud (A)

La amplitud es simplemente el valor máximo del desplazamiento de las partículas. Esta magnitud está directamente relacionada con la intensidad o el volumen del sonido. Por lo tanto, una amplitud pequeña equivaldrá a sonidos suaves mientras que a mayor amplitud, más fuerte será el sonido. Hay que destacar que la amplitud se mide en unidades de distancia (m) o también en decibelios (dB), unidad de medida que explicaremos más adelante.

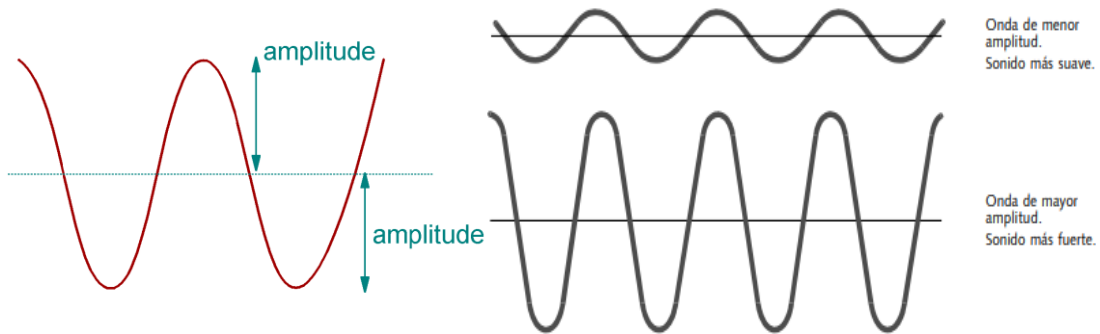


Ilustración 2. Representación de la amplitud de onda y su interpretación.

2.3.2 Periodo (T)

Es el tiempo que transcurre para que se produzca una oscilación completa de la onda. Explicado de otro modo, es lo que la onda tarda en realizar un recorrido desde un punto y alcanzar sucesivamente la misma posición. Se expresa en segundos.

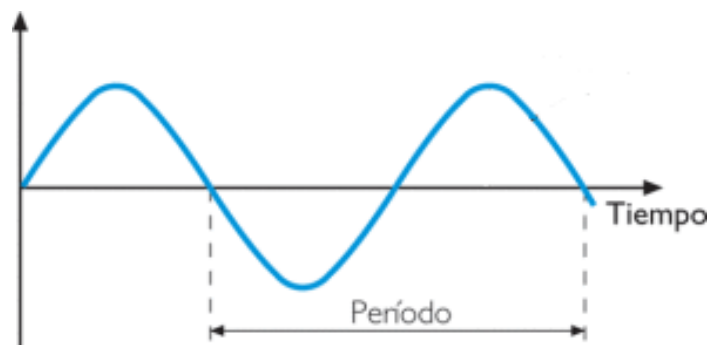


Ilustración 3. Representación del periodo.

2.3.3 Longitud de onda (λ)

Es la distancia consecutiva entre dos puntos que se encuentran en el mismo estado de vibración. Se simboliza mediante la letra griega λ (lambda) y se expresa en metros.

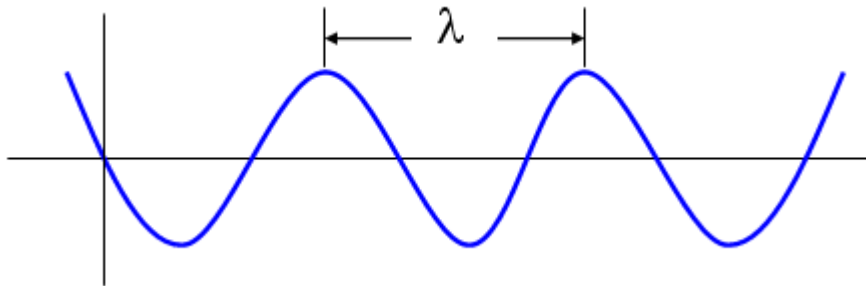


Ilustración 4. Representación de la longitud de onda.

2.3.4. Frecuencia

La frecuencia puede definirse como “la cantidad de oscilaciones por unidad de tiempo” (Asisten, 2005). La cantidad de oscilaciones, determinará si el sonido resulta ser más agudo o más grave. En los casos en los que la frecuencia sea alta, quiere decir que hay más ciclos por unidad de tiempo por lo que el sonido será más agudo. En caso contrario, a menor número de ciclos por unidad de tiempo, el sonido será más grave. La unidad de medida que se emplea para medir la frecuencia es el Hercio (Hz). Al usar esta medida, la unidad de tiempo que tomamos de referencia por cada ciclo será un segundo. Es decir, el Hercio mide la cantidad de oscilaciones por segundo.

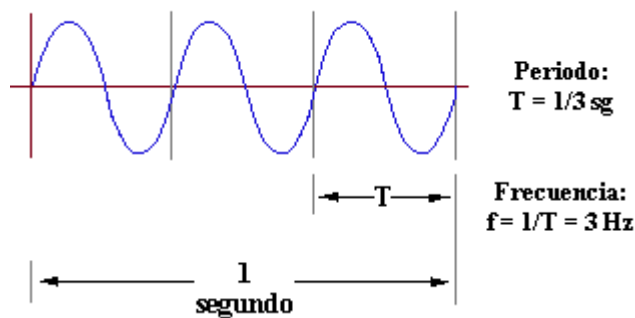


Ilustración 5. Representación de la frecuencia.

Hay que destacar, que el oído humano solo puede percibir sonidos situados entre los 20 Hz y los 20 kHz, que equivalen a un rango de unos 20.000 Hz. Aun así este intervalo en su totalidad únicamente sería detectado por un oído privilegiado. Con el paso del tiempo y el deterioro de nuestros oídos, estos van perdiendo su eficacia y su sensibilidad para captar diferentes frecuencias. Todo aquel sonido situado por debajo de los 20 Hz, se denomina infrasonido. Por otra parte, aquellos sonidos superiores a los 20 kHz, se denominan ultrasonidos.

En relación a los ciclos por unidad de tiempo y el tipo de tono, la relación quedará de la siguiente manera:

20 a 500 Hz	Tonos graves
500 Hz a 2 kHz	Tonos medios
2 kHz a 20 kHz	Tonos agudos

Un ejemplo de los rangos de frecuencias fundamentales que percibe un músico dependiendo del instrumento que toque, o de aquellos que estén presentes durante el ensayo o actuación:⁴

Trompeta	164,83 Hz – 830,61 Hz
Trombón	77,78 Hz – 415,30 Hz
Tuba	36,71 Hz – 277,18 Hz
Violín	196 Hz – 1864,7 Hz

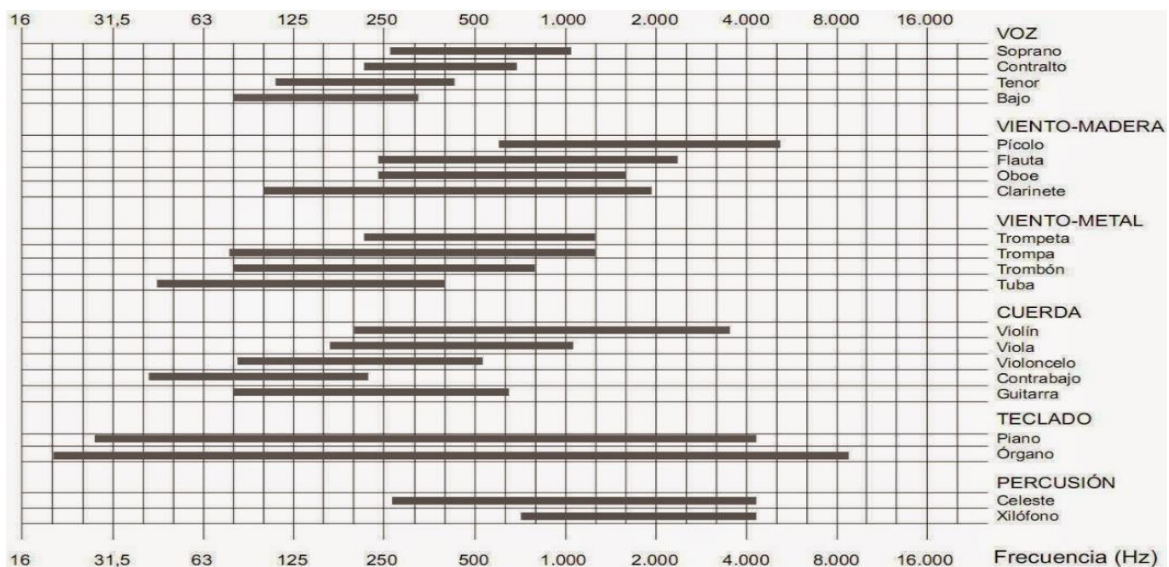


Ilustración 6. Representación de las frecuencias a las que emiten diferentes instrumentos.

⁴Sonograf, E. d. (2013). *Física del Sonido*. Pamplona.

2.4 Espectro de frecuencias

El sonido puede descomponerse en diferentes frecuencias. “La repartición de la energía sonora en función de cada una de estas frecuencias define el espectro de frecuencias del sonido o ruido.” (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2016)

Los análisis espectrales pueden realizarse a través de filtros de octava o de tercios de octava:

Tabla 1. Bandas de octava (1/1) y tercio de octava (1/3) en el rango del audio.

Bandas de tercio de octava (frecuencias)			Bandas de octava (frecuencias)		
Inferior	Central	Superior	Inferior	Central	Superior
18	20	22			
22	25	28			
28	31,5	35	22	31,5	44
35	40	44			
44	50	56			
56	63	70	44	63	88
70	80	88			
88	100	111			
111	125	140	88	125	177
140	160	177			
177	200	223			
223	250	281	177	250	354
281	315	354			
354	400	445			
445	500	561	354	500	707
561	630	707			
707	800	891			
891	1000	1122	707	1000	1414
1122	1250	1414			
1414	1600	1782			
1782	2000	2245	1414	2000	2828
2245	2500	2828			
2828	3150	3564			
3564	4000	4490	2828	4000	5657
4490	5000	5657			
5657	6300	7127			
7127	8000	8980	5657	8000	11314
8980	10000	11314			
11314	12500	14254			
14254	16000	17959	11314	16000	22627
17959	20000	22627			

Realizando esta división por frecuencias, se puede obtener más detalladamente las características del sonido que estamos escuchando o del ruido que nos molesta. Lo que nos aporta el análisis del espectro de frecuencias es una mayor comprensión sobre si el sonido contiene frecuencias bajas, medias o altas. Dado que el oído humano con el paso del tiempo se ha ido acomodando, reacciona de manera diferente a según qué tipo de frecuencias por lo que resulta interesante este tipo de análisis para saber en qué modo nos afecta un sonido.

2.5 El decibelio⁵

El decibelio es una unidad logarítmica que se usa principalmente “*para comprar una cantidad con otra de referencia*” (Benitez, Carranza, & Curaratti, 2016).

Las cantidades que se pueden comparar son potencias, presiones e intensidades, etc. En el caso de nivel de presión sonora, se compara el nivel que se desea medir con el umbral de la audición, que es el sonido más suave que somos capaces de percibir (0dB).

Como se ha comentado anteriormente, las presiones acústicas se mueven dentro de unos rangos enormes que dificultan su manejo (desde $20\mu Pa$ a $100Pa$). Además como el comportamiento del oído sigue una ley logarítmica (Ley de Weber-Flechner) y no una lineal, es más preciso expresar estos parámetros mediante una relación logarítmica como es el decibelio (dB). De esta forma, llevamos el anterior intervalo a uno más cómodo para su manejo: de 0 dB (umbral auditivo) a 130 dB (umbral del dolor).

Como bien indica su nombre, el decibelio resulta ser la décima parte del Bel. “*El Bel es el logaritmo en base 10 de la relación de dos potencias o intensidades*” (Benitez, Carranza, & Curaratti, 2016). Al ser esta cifra muy grande, se emplea el uso de su décima parte (decibelio). Por lo tanto, la fórmula mediante la cual se representa el decibelio es la siguiente:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde P es la presión acústica eficaz y P_0 la presión acústica eficaz de referencia ($20\mu Pa$).

⁵Digón, A. G., & Ferrer, P. (2015). *Configuración y ajustes de sistemas de sonido*. Tarragona: Publicaciones Altaria, S.L.

La siguiente tabla representa la gran reducción de escala al pasar de la presión sonora al nivel de presión sonora (decibelio):

Tabla 2. Comparación de valores entre Presión sonora ($\times 20 \mu\text{Pa}$) y Nivel de presión sonora (dB)

PRESION SONORA ($\times 20 \mu\text{Pa}$)	NIVEL DE PRESION SONORA (dB)	DESCRIPCION
10.000.000	140	Pista de aterrizaje.
3.162.000	130	Umbral del dolor.
1.000.000	120	Grupo de rock, orquesta sinfónica muy fuerte a 6m.
316.200	110	Amplificador de guitarra a 1 m.
100.000	100	Voces fuerte a 50 cm.
31.620	90	Trompeta y trombón a 1m.
10.000	80	Guitarra acústica a 30 cm.
3.162	70	Tráfico activo.
1.000	60	Aglomeración de gente
316	50	Ruido urbano de noche.
100	40	Ambiente de oficina.
32	30	Salón de estar.
10	20	Biblioteca.

Se puede ver claramente que el uso del decibelio facilita el manejo de cifras ya que las empleadas por la presión sonora son tan grandes que el margen de error durante su uso es muchísimo mayor. No obstante, la razón fundamental de la nueva unidad es adecuarse a la respuesta subjetiva de nuestra sensación sonora.

2.6 Curvas de ponderación frecuencial

La percepción del sonido es algo que depende de muchos factores como pueden ser:

- La intensidad que hace que un sonido sea más alto o más bajo.
- El ritmo lo que puede provocar que si no es el adecuado, no entendamos lo que queremos escuchar.
- El tono, donde en los casos de sonido muy graves o muy agudos, nuestros oídos no están preparados para escucharlos.

- Las frecuencias por las que está formado el sonido que queremos escuchar, puede provocar que si contiene altos niveles en determinadas frecuencias, sea molesto a nuestros oídos y no se puede percibir con claridad.

En el año 1933⁶, dos científicos llamados Fletcher y Munson, descubrieron a través de un estudio realizado a diferentes personas, la forma en la que percibimos las diferentes frecuencias del sonido. Como resultado a su estudio, descubrieron un pico biológico en la audición entre 2 kHz y 5 kHz. De este modo, se puede deducir que no escuchamos de forma plana en todas las frecuencias que podemos llegar a percibir, necesitando más presión acústica en las frecuencias bajas y altas.

A raíz de este experimento, realizaron un sistema de curvas recalculadas posteriormente por Robinson y Dadson. “Aquí, se muestra la relación que debe existir entre las frecuencias e intensidades de dos sonidos para ser percibidos igual de fuertes, es decir, con la misma sonoridad.” (Maggiolo, 2003)

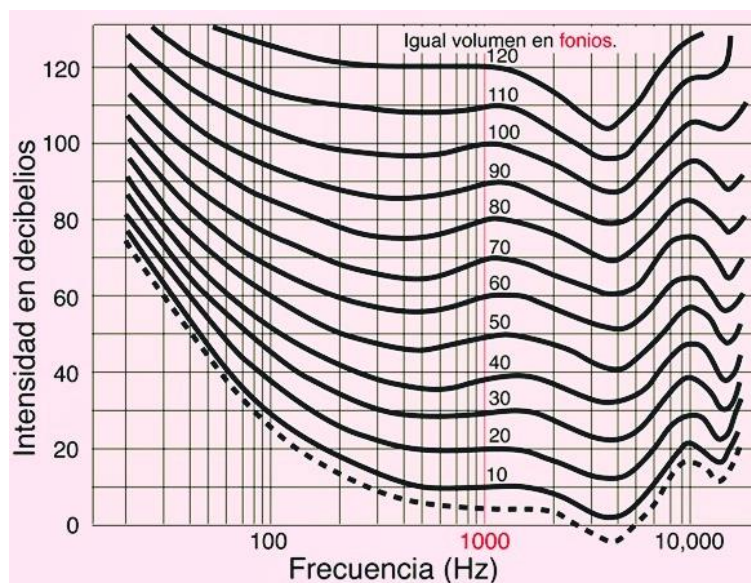


Ilustración 7. Representación gráfica de la relación entre frecuencias e intensidades.

Por ejemplo, en la figura vemos que al seguir la curva de 50 fonios una frecuencia de 50Hz necesita 70dB para percibirse con la misma intensidad que una frecuencia de 1 kHz con 50dB.

Nuestro oído, el cual analizaremos más adelante, es menos sensible a frecuencias muy bajas y muy altas. Basándose en las curvas definidas por Fletcher y Munson, se

⁶ Fletcher, H. and Munson, W.A. “Loudnes, it’s definition, measurement and calculation”, *Journal of the Acoustical Society of America* 5, 82-108 (1993).

definieron una serie de filtros. De este modo, cuando se intentaba recoger un sonido, se pretendía que los resultados fuesen lo más similares posibles a lo que percibe el oído humano. Es aquí donde aparecen las curvas de ponderación, que sirven de filtros para corregir los niveles de presión de cada banda de frecuencia. Hay diferentes tipos de curvas de ponderación que son los denominados A, B, C y D. En nuestro estudio solo emplearemos las ponderaciones A y C. Las ponderaciones B y D están ya en desuso.

- Ponderación A: es la ponderación que más se asimila a la respuesta del oído humano para niveles sonoros bajos-medios.
- Ponderación C: Es la más plana de las ponderaciones. Suele utilizarse para evaluar sonidos intensos o de frecuencia muy baja.

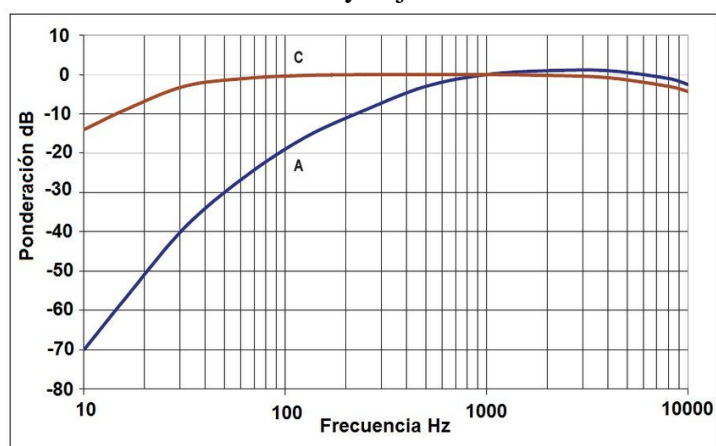


Ilustración 8. Representación de las curvas de ponderación A y C.

Tabla 3. Ponderaciones A y C en bandas de tercio de octava.

Freq. (Hz)	Pond.A (dB)	Pond.C (dB)	Freq.(Hz)	Pond. A(dB)	Pond.C (dB)
10	-70,4	-14,3	500	-3,2	0
12,5	-63,4	-11,2	630	-1,9	0
16	-56,7	-8,5	800	-0,8	0
20	-50,5	-6,2	1000	0,0	0
25	-44,7	-4,4	1250	+0,6	0
31,5	-39,4	-3,0	1600	+1,0	-0,1
40	-34,6	-2,0	2000	+1,2	-0,2
50	-30,2	-1,3	2500	+1,3	-0,3
63	-26,2	-0,8	3150	+1,2	-0,5
80	-22,5	-0,5	4000	+1,0	-0,8
100	-19,1	-0,3	5000	+0,5	-1,3
125	-16,1	-0,2	6300	-0,1	-2,0
160	-13,4	-0,1	8000	-1,1	-3,0
200	-10,9	0	10000	-2,5	-4,4
250	-8,6	0	12500	-4,3	-6,2
315	-6,6	0	16000	-6,6	-8,5
400	-4,8	0	20000	-9,3	-11,2

2.7 Tipos de ruido⁷

Los tipos de ruido se diferencian dependiendo de su presentación temporal. Por lo tanto, se clasifican de la siguiente manera:

- Ruido Continuo: si su nivel es prácticamente constante a lo largo del tiempo. En el mundo de la música, un ruido continuo lo encontraríamos en el ruido que emiten las válvulas de los altavoces o los amplificadores.
- Ruido intermitente: el nivel sonoro varía de forma escalonada y bien definido. En la música, el ruido intermitente se puede encontrar en un ensayo: existen tiempos de descanso y otros en los que se toca.
- Variable: el nivel sonoro varía de forma continua en el tiempo pero sin un patrón definido. En la música dentro de la propia canción, según las dinámicas de la pieza que se interpreta, el ruido varía.
- De impacto: el nivel sonoro presenta picos de alta intensidad y muy corta duración. Por ejemplo, los percusionistas sufren mucho este tipo de ruido.

⁷ Asisten, J. C. (2015). *"Edición de sonido en computadora, para proyectos en Clic, multimedia otras actividades educativas. Teoría y Práctica."*. Obtenido de Educ.ar:
<http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD13/contenidos/materiales/archivos/sonido.pdf>

III. EL OIDO Y PATOLOGÍAS ^{8,9}

El oído desempeña la función de guardar el equilibrio, pero también es el órgano que se encarga de recibir los estímulos, mandarlos al sistema nervioso central para que este los interprete en forma de sonido. El ruido es uno de los elementos que crean daños auditivos. Por ello, los músicos al estar constantemente en contacto con este fenómeno físico corren el riesgo de que su carrera musical peligre ya que el oído es el órgano más importante del que pueden disponer.

2.1 Anatomía del sistema auditivo

El oído se divide en tres partes: el oído externo, el oído medio y el oído interno.

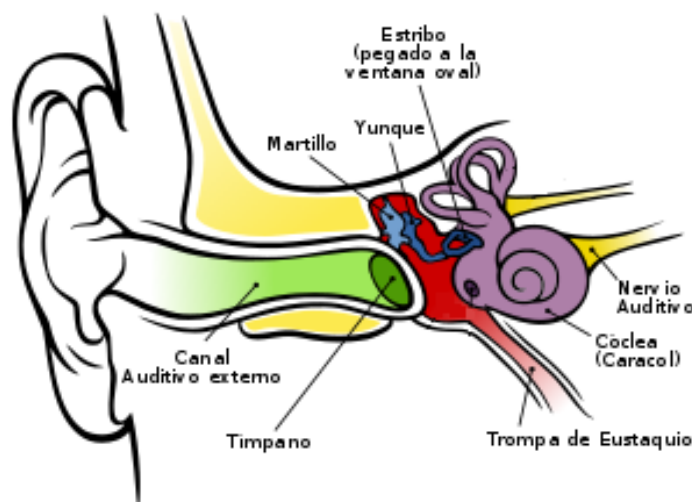


Ilustración 9. Representación de las distintas partes que componen el oído.

3.1.1 Oído externo

El oído externo es lo que vemos a simple vista, situado fuera del cráneo. Este se encarga de recoger y que podamos percibir el sonido que proviene del exterior y está formado por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo.

⁸Navarro, J. M. (2013). *Riesgo Higiénico por exposición al ruido en los profesionales de la música. Fuentes, daños y control de la exposición.*

⁹Ortiz, J. G. (2010). *Acústica y fundamentos del sonido (E-Learning).*

- Pabellón auricular → su función consiste en recoger la mayor cantidad de sonidos posibles. La habilidad del pabellón auricular es la de percibir los sonidos a 360 grados.

- Conducto auditivo externo → con una longitud de aproximadamente 25 mm, constituye el enlace del oído externo y el oído medio. Realiza la función de conducir las ondas acústicas al oído medio.

3.1.2 Oído medio

El oído medio transmite el sonido entrante por el oído externo, al oído interno. Resulta ser una cavidad llena de aire que actúa como amplificador del sonido y está delimitado a un lado por el *tímpano* y a otro por el *caracol o cóclea*. Está formado por la caja timpánica donde se encuentran los tres huesos más pequeños de todo el cuerpo: martillo, yunque y estribo.

La caja timpánica está conectada por medio de la trompa de Eustaquio a la faringe de tal modo que permite la entrada de aire, equilibrando las presiones dentro del oído.

- Tímpano: situado al final del conducto auditivo, comienza a vibrar cuando las ondas sonoras llegan a este punto.

- Cadena de huesecillos: formada por los tres huesos más pequeños de todo el cuerpo (martillo, yunque y estribo) que están comunicados con el tímpano. Están situados dentro de una cámara llena de aire y amortiguan las oscilaciones adaptando la impedancia de los medios aéreo y líquido, e impulsando el sonido hasta el oído interior.

- Trompa de Eustaquio: es un conducto de aire que sirve para igualar la presión del oído medio con el aire externo, para que de este modo, el tímpano vibre libremente.

3.1.3 Oído interno

Se encuentra protegido en el interior ya que representa el verdadero órgano de la audición. Además de estar lleno de un líquido llamado *linfa*, está formado esencialmente por la cóclea y el nervio auditivo:

- Caracol o cóclea: es en sí, el órgano de la audición, está unido al estribo y en su interior se encuentra el órgano de Corti. Este a su vez, se compone de aproximadamente 30.000 células, denominadas células ciliadas, distribuidas por su interior y empapadas en el líquido de este. En el exterior de la cóclea se encuentra la

parte final que es sensible a las altas frecuencias mientras que en el interior se encuentra la parte más gruesa que es sensible a las frecuencias bajas.

- Nervio auditivo: Es el medio por el cual las células situadas en el interior de la cóclea, transmiten por medio de impulsos eléctricos la información de recibe para que finalmente, lo que lo que recibe el cerebro sea interpretado como sonido.

3.2 Factores que influyen en el daño auditivo¹⁰

- Intensidad del ruido

Respecto a la intensidad del ruido, cualquier ruido superior a los 90 dBA puede llegar a ser lesivo para cualquier persona. Aquellas situaciones en los que el nivel de ruido sobrepase los 100 dBA son consideradas como ruido extremo para nuestros oídos. El límite está situado en los 130 dBA considerado como umbral del dolor.

- Tiempo de exposición

El tiempo de exposición es otro de los factores a tener en cuenta en los casos de posibles lesiones auditivas. *“El efecto adverso del ruido es proporcional a la duración de la exposición y parece estar relacionado con la cantidad total de energía sonora que llega al oído interno.”* (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2000)

- Frecuencia del ruido

Como mencionamos anteriormente, en el apartado sobre las curvas de ponderación frecuencial, el ser humano, con el paso del tiempo, se ha vuelto más susceptible a aquellos sonidos que se mueven entre los 2 kHz y 5kHz. Por ello, las altas frecuencias suelen ser más dañinas que las medias o bajas frecuencias.

- Susceptibilidad individual

Según Gaynes E y Goñi A. (1991), se acepta como un factor de riesgo pero su demostración resulta complicada ya que cada persona es diferente e intervienen muchísimos factores en el desgaste de la cóclea.

Dentro de la susceptibilidad individual, encontramos factores como pueden ser la edad (a mayor edad, mayor pérdida auditiva), enfermedades del oído interno que

¹⁰ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 287. *Hipoacusia laboral por exposición al ruido: Evaluación clínica y diagnóstico*. España. 1991.

producen mayor fragilidad coclear o incluso antecedentes familiares, que por causas genéticas, se tiene una tendencia a sordera precoz.

3.3 Efectos del ruido sobre la salud

En primer lugar, el ruido puede provocar lesiones físicas a nuestro oído que provocan pérdida auditiva, como por ejemplo la lesión ciliar (Navarro, 2013). Como nombramos anteriormente, el Órgano de Corti está formado por más de 30.000 células las cuales dependiendo de la frecuencia del sonido, este estimula unas u otras. Estas células aunque llegan a ser muy flexibles, poseen un movimiento limitado. Por lo tanto, la exposición constante a un ruido, puede provocar la lesión de ellas y en casos más extremos, la rotura de estas células las cuales no pueden regenerarse y de este modo, la pérdida resulta permanente.

A raíz de esta lesión ciliar, depende de la gravedad de la misma, los efectos serán los siguientes:¹¹

- Enmascaramiento de la audición y dificultad de la misma.
- Fatiga auditiva: es el descenso transitorio de la capacidad auditiva. No existe lesión alguna y la capacidad sonora vuelve a restablecerse en unas 16 horas, dependiendo como siempre tanto del tiempo de exposición al ruido como de la intensidad de este. Este fenómeno es común que los músicos lo padezcan después de cada ensayo o concierto, al haber estado expuestos a un nivel sonoro alto durante un tiempo considerable (una hora, dos horas).
- Hipoacusia permanente: la hipoacusia, al igual que la fatiga auditiva, se presenta como un descenso de la capacidad auditiva, pero en este caso, la pérdida auditiva no es transitoria sino permanente. Para que esto se dé, es necesaria una exposición a un ruido muy elevado en intensidad y tiempo. También puede producirse cuando no damos a nuestros oídos el descanso necesario para una óptima recuperación. Respecto a la pérdida auditiva, esta comienza entre los 4 kHz y los 6 kHz, que al ser frecuencias muy altas no interfieren en el día a día. La fase de pérdida auditiva quedaría del siguiente modo:

¹¹ Ministerio de Sanidad y Consumo. (2000). *Protocolos de vigilancia sanitaria específica: Ruido*. España.

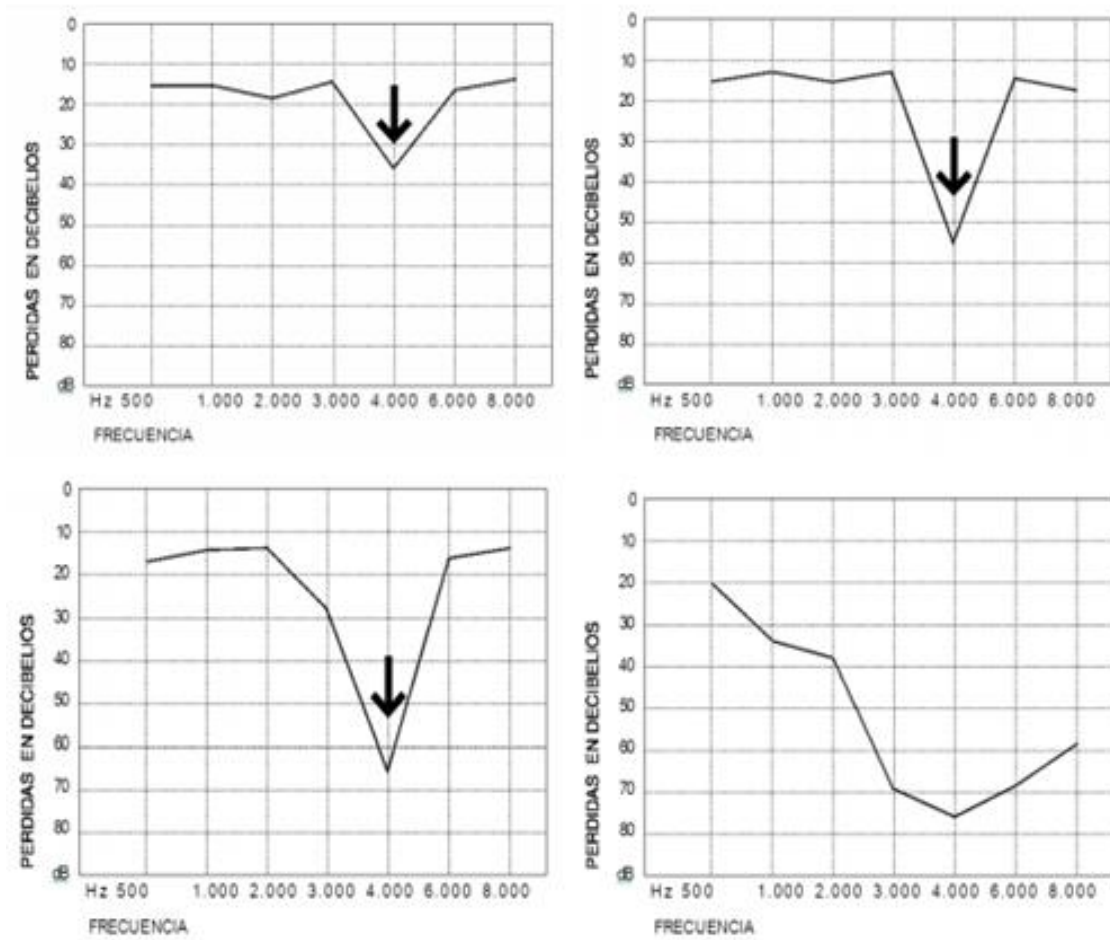


Ilustración 10. Diferentes etapas en la pérdida de capacidad auditiva.

- 1.- Pérdida de unos 40 dB en el rango de 4 kHz. Este daño puede recuperarse al cesar la exposición y dar el descanso necesario al oído.
- 2.- Pérdida de otros 20-30 dB en el rango de 4 kHz. Puede afectar también a rangos cercanos como en 3 kHz y 6 kHz.
- 3.- De nuevo, el rango de los 4 kHz o 6 kHz vuelve a tener una disminución de 40 dB. En este momento se comienza a tener dificultad para escuchar elementos como relojes y timbres.
- 4.- Es la fase más perjudicial ya que afecta a las frecuencias conversacionales. Se denomina también como sordera social.

Además de la pérdida de capacidad auditiva, existen otro tipo de daños que afectan a la audición:¹²

- Reclutamiento: reducción del rango dinámico de audición. Esto significa que aquellos que padecen esta alteración del rango dinámico, alcanzan su umbral del dolor a menor intensidad que en sujetos normales (130 dB).
- Hiperacusia: intolerancia a los sonidos normales y naturales del ambiente.
- Distorsión: escuchan los sonidos pero con poca claridad.
- Diploacusia: sensación de escuchar un mismo tono como diferente en cada oído.
- Tinnitus o acúfenos: se trata de la percepción de sonidos en ausencia de una estimulación auditiva exterior como por ejemplo, pitidos o zumbidos en los oídos. Este tipo de daño suele ser el más común en los músicos.

De hecho, son muchos los artistas famosos que han admitido escuchas constantemente “ruidos y pitidos”. Algunos de esos músicos dejaron las siguientes declaraciones respecto a la enfermedad que padecen y a la importancia del cuidado de los oídos cuando se está expuesto a altos niveles de sonido:¹³

Anthony Kiedis (cantante de Red Hot Chili Peppers), *“Aquella noche fue el comienzo de mi batalla con el Tinnitus. Al final de aquel tour en 1993 tenía un daño auditivo permanente.”*

Chris Martin (vocalista de Coldplay): *“Desgraciadamente, cuidar de los oídos es algo en lo que uno no piensa hasta que tiene un problema. Me hubiera gustado haberlo tenido en cuenta antes.”*

Pulpul (vocalista de Ska-P): *“Después de veinte años con un ejército de grillos tengo que parar...”*

Lars Ulrich (baterista de Metallica): *“Ahora oigo ese constante ring en mi cabeza, nunca se va, nunca se detiene.”*

¹² Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 864. *Ruido en los sectores de la música y el ocio (I)*. España. 2006.

¹³ Europapress. (29 de Noviembre de 2015). *13 músicos que padecen tinnitus (y escuchan constantemente ruidos y pitidos)*. Obtenido de europapress.es: <http://www.europapress.es/cultura/musica-00129/noticia-13-musicos-padecen-tinnitus-escuchan-constantemente-ruidos-pitidos-20151129083148.html>

3.4 Efectos no auditivos del ruido

El ruido no solo puede afectar a un órgano como es el oído. Los efectos que puede provocar van más allá de los vistos anteriormente. El ruido es un riesgo que puede afectar nuestro día a día y no a nivel sonoro, sino desde el Sistema Nervioso Central hasta el Aparato Vestibular pasando por el Aparato Cardiovascular y el Aparato Respiratorio entre otro.

A continuación se presenta una tabla por los diferentes sistemas afectados y los efectos que sufren debidos al ruido.

Tabla 4. Efectos no auditivos del ruido..

Sistema afectado	Efecto
Sistema Nervioso Central	Hiperreflexia y Alteraciones en el EEG.
Sistema Nervioso Autónomo	Dilatación pupilar.
Aparato Cardiovascular	Alteraciones de la frecuencia cardíaca, e hipertensión arterial (aguda).
Aparato Digestivo	Alteraciones de la secreción.
Sistema Endocrino	Aumento del cortisol y otros efectos.
Aparato Respiratorio	Alteraciones del ritmo.
Aparato Reproductor - Gestación	Alteraciones menstruales, bajo peso al nacer, prematuridad, riesgos auditivos en el feto.
Órgano de la Visión	Estrechamiento del campo visual y problemas de acomodación.
Aparato Vestibular	Vértigos.

IV. LEGISLACIÓN

Respecto a la legislación, la norma general que se emplea en España para regular las materias en prevención de riesgos es la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL). Por otro lado, concretando en el tema del ruido, está 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.

4.1 Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales¹⁴

En el tercer punto de la exposición de motivos, la LPRL afirma lo siguiente: *“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”*.

Más adelante, en el artículo 14 se habla del derecho a la protección frente a los riesgos laborales. Destaca que *“los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.”* Además de proteger al trabajador ya sea proporcionando equipos de protección individual o actuando desde el foco de riesgo, ofrecer una protección eficaz incluye también: información, consulta y participación, formación en materia preventiva, paralización de la actividad en caso de riesgo grave e inminente y vigilancia del estado de salud.

La música mediante su interpretación se enriquece a raíz de los diferentes matices y contrastes a lo largo de una pieza. Al ser un ámbito en el que los cambios repentinos de volumen son necesarios, es preciso nombrar un artículo escrito por el periodista Llàtzer Moix en La Vanguardia en el año 2008. Titulado como *“Fortissimo”*, relataba el suceso que vivió asistiendo a un concierto de Vincenzo Bellini en Viena donde literalmente, los tímpanos le vibraron *“cual membrana de un altavoz a punto de reventar”*, pero fueron esos momentos los que más le conmovieron. En relación a lo que comenta, en su artículo, relata un suceso acontecido en la Sinfónica de Berna donde el sonómetro llegó a alcanzar los 120 dB en los ensayos. Cuenta que los músicos pidieron tocar más bajo por miedo a posibles lesiones, pero el director era amante del *fortissimo* y se negó. Como

¹⁴ Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos Laborales. (BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995, páginas 32590 a 32611).

consecuencia, los músicos el día del concierto abandonaron el escenario a modo de protesta. Y es en estos casos, donde si vamos al artículo 14, se puede ver que el director debería haber accedido a que la orquesta tocara más bajo. Pero este sector, como se ha comentado anteriormente depende de los matices, se entra en un debate interno sobre si en estos casos hay que ser más prevenidos o sacar a la pieza instrumental la mayor riqueza posible.

Continuando con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en el artículo 15 se habla sobre los principios de la acción preventiva. En el primer apartado se nombran, entre otros, los siguientes puntos:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo.
- Planificar la prevención.
- Dar debidas instrucciones.

El problema que se puede encontrar aquí es, que resulta muy difícil combatir el riesgo del músico (ruido) desde el origen. En este caso, el ruido forma parte de la profesión y es algo con lo que tienen que convivir. Por ello, en este sector son muy importante las diferentes medidas preventivas que los músicos puedan adoptar para protegerse a ellos mismos. En este caso no se actuará desde el origen sino directamente con el sujeto afectado.

Por último, el artículo 24 menciona la coordinación de actividades empresariales. Una de las principales características del sector de la música es la concurrencia de empresas: puede haber tanto empresas principales como contratas y subcontratas. Según el primer apartado de este artículo, *“cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán operar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales”*.

Para determinar las obligaciones es preciso indicar las figuras existentes en la coordinación de actividades empresariales:

- Empresario titular: la personas que tiene la capacidad de poner a disposición y gestiones el centro de trabajo.

- Empresario principal: el empresario que contrata o subcontrata con otras empresas o trabajadores autónomos la realización de obras o servicios correspondientes a su propia actividad y que se desarrollan en su propio centro de trabajo.
- Empresas concurrentes: las empresas que desarrollan su actividad en un mismo centro de trabajo, independientemente del tipo de actividad que desarrollen en ese centro.
- Contrata/subcontrata: la persona física o jurídica que asume contractualmente, ante el “contratista”, el compromiso de realizar determinadas tareas.
- Trabajador autónomo: persona física que realiza de forma habitual, personal, directa, por cuenta propia y fuera del ámbito de dirección y organización de otra persona, una actividad económica o profesional a título lucrativo, den o no ocupación a trabajadores por cuenta ajena.

En las actividades relacionadas con la música, no existen dos situaciones iguales por lo que en cada caso, existirán obligaciones diferentes dependiendo del recinto donde se realice, la magnitud del mismo y si existen otras empresas que trabajan en el evento.

4.2 Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.¹⁵

Esta norma regula las disposiciones mínimas que se deben adoptar para reducir o eliminar los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Existen además, en relación con el Real Decreto 286/2006, dos publicaciones sobre la exposición al ruido elaboradas por el INSHT y que poseen un carácter no vinculante. Estos textos son, según la disposición adicional segunda del Real Decreto:

- *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.*
- *Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios en los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales. O también denominado, Ruido en los sectores de la música y el ocio.*

¹⁵ Real Decreto 286/2006, 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (BOE núm. 60, de 11 de marzo de 2006, páginas 9842 a 9848).

En ambas publicaciones se nombra y se guía a los diferentes actores que existen en los entornos afectados por el ruido. Además, en el segundo texto, aunque está más enfocado al sector de la música y el ocio, se explica detalladamente las diferentes medidas preventivas con sus respectivas ventajas e inconvenientes.

Respecto a las obligaciones destacables se aprecian:¹⁶

- En el artículo 4, se mencionan las disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición. Aquí se destaca que el ruido debe reducirse a los niveles más bajos posibles para reducir el riesgo al máximo y que se debe tener en cuenta también la disposición de los lugares de trabajo. Como ejemplo, este último se podría destacar que a la hora de organizar un concierto, se eviten espacios en los que la acústica pueda reforzar la sensación de ruido y ser más perjudicial para los músicos.

- El artículo 6, se habla sobre la evaluación del riesgo. El empresario estará obligado a realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido al que están expuestos los trabajadores. Además las mediciones realizadas deberán determinar los niveles de exposición diaria, nivel de pico y nivel de exposición semanal equivalente.

- Respecto a la protección individual, este apartado se comenta en el artículo 7. Obliga al empresario a dotar a los trabajadores de los protectores auditivos adecuados y fomentar su uso. Hay que destacar que el empresario actuará de diferentes maneras dependiendo del nivel de exposición sonora al que se encuentra el trabajador.

Tabla 5. Representación nivel de exposición diaria o semanas y niveles de pico.

	Nivel de exposición diaria o semanal	Nivel de pico	Protectores auditivos individuales
Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción	80 dBA	135 dBC	Proporcionarlos al músico que lo solicite
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción	85 dBA	137 dBC	Obligatorio para el músico
Valores límite de exposición	87 dBA	140 dBC	Obligatorio para el músico

¹⁶ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). *Protejamos el oído musical en las orquestas sinfónicas*. Madrid.

- Es importante saber que van a ser muchos los casos en los que los músicos van a sobrepasar el valor límite de 87 dBA. Por lo tanto, habrá que proporcionar unos protectores auditivos con una atenuación que reduzcan los niveles de exposición por debajo de esa cifra en cualquier caso.

- Por último, otro punto destacable en este Decreto se refiere a la formación e información que hay que proporcionar. El artículo 9, obliga al empresario a velar porque los trabajadores expuestos reciban la información y formación concreta sobre la naturaleza de los riesgos, las medidas a tomar, los valores límites de exposición, resultados de las evaluaciones, el uso y mantenimiento correcto de los protectores auditivos, etc.

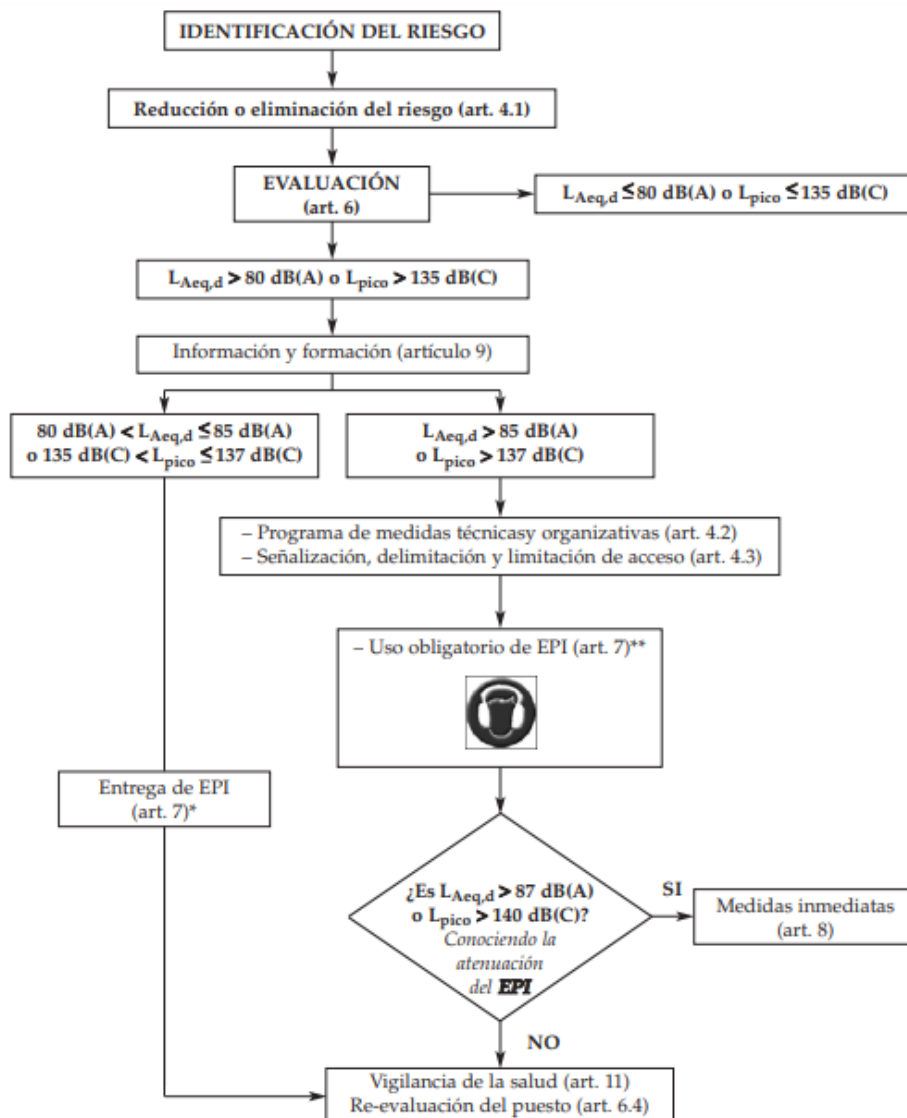


Ilustración 11. Diagrama a seguir en la identificación del riesgo y las medidas a tomar.

En el sector de la música, al estar constantemente con valores de exposición muy altos, se necesita menos tiempo para alcanzar una dosis equivalente al valor superior que da lugar a una acción, tal como muestra la tabla siguiente:¹⁷

Tabla 6. Tiempos necesarios para recibir una dosis equivalente durante la interpretación de diferentes instrumentos.

Nivel de ruido medio existente	Tiempo necesario para recibir una dosis equivalente al valor superior de exposición que da lugar a una acción	Ejemplo de posible situación
85 dB(A)	8 horas	Violín, tocando <i>piano</i>
95 dB(A)	45 minutos	Recoge vasos de clubes
100 dB(A)	15 minutos	Puestos de venta en conciertos de música en directo amplificada
105 dB(A)	5 minutos	Piano tocando <i>forte</i> (a 3 metros)
110 dB(A)	Menos de 2 minutos	Saxofón tocando <i>forte</i>
115 dB(A)	Menos de 30 segundos	Concierto de música pop en la barrera del foso

A continuación se definirán los diferentes niveles de presión acústica y de exposición existentes recogidos en el Anexo I del RD 286/2006:¹⁸

- **Nivel de presión acústica, L_p** : es el nivel en decibelios dado por la siguiente expresión:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales) y P es el valor eficaz de la presión acústica, en pascales.

- **Nivel de presión acústica ponderado A, L_{pA}** : Valor de nivel de presión acústica en decibelios A, determinado por el filtro de ponderación frecuencial A, dado por la siguiente expresión.

$$L_{pA} = 10 \log \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^2$$

Donde P_a es la presión acústica ponderada A, en pascales.

¹⁷ Millán, M. J. (2015). *Valoración de Evaluaciones Higiénicas del Ruido en Orquestas Sinfónicas Españolas*. Sevilla.

¹⁸ Real Decreto 286/2006, 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (BOE núm. 60, de 11 de marzo de 2006, páginas 9842 a 9848).

- **Nivel de presión acústica equivalente ponderado A**, $L_{Aeq,T}$: el nivel, en decibelios A, dado por la expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

Donde $(t_2 - t_1)$, es el tiempo de exposición al sonido o ruido y $P_A(t)$ es la función de la presión acústica frente al tiempo.

En la práctica, el cálculo de $L_{Aeq,T}$ se realiza sumando “n” niveles de presión sonora L_i emitidos en los intervalos de tiempo t_i y adopta la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{(t_2 - t_1)} \sum 10^{L_i/10} \cdot t_i$$

Donde t_i es el tiempo de exposición, L_i es el nivel de presión sonora constante en el intervalo “i”.

- **Nivel de exposición diaria equivalente**, $L_{Aeq,d}$: El nivel en dB(A), dado por la expresión:

$$\begin{aligned} L_{Aeq,d} &= L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] + 10 \log \frac{T}{8} \\ &= 10 \log \left[\left(\frac{T}{8} \right) \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] \end{aligned}$$

Donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerará todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos. Si un trabajador expuesto a “m” distintos tipos de ruido y se ha analizado cada uno de ellos separadamente, el nivel diario equivalente se calculará según la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(L_{Aeq,d})_i} = 10 \log \frac{T}{8} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(L_{Aeq,T_z})}$$

Donde $L_{Aeq,Ti}$, es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, correspondiente al tipo de ruido “i” al que el trabajador está expuesto T_i horas por día, y $L_{Aeq,d}$ es el nivel diario equivalente que resultaría si sólo existiese dicho tipo de ruido.

- **Nivel de exposición semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$:** Es el nivel , en dB(A), dado por la expresión;

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{T}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{L_{Aeq,d_i}/10}$$

Donde **m** es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y L_{Aeq,d_i} es el nivel de exposición diario equivalente correspondiente al día “i”. En las circunstancias que admite el artículo 5.3 del RD 286/2006, el valor “m” será como máximo 7.

- **Nivel de pico, L_{pico} :** Es el nivel , en dB dado por la expresión:

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

Donde P_{pico} es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C, y P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales).

- **Índices de la serie estadística (niveles percentiles), L_N :** Este índice representa el nivel alcanzado o sobrepasado durante el N% del tiempo. Sirve para descomponer los periodos de medida en diferentes intervalos donde se obtendrán diferentes niveles de presión sonora en cada uno de ellos.

V. VIGILANCIA DE LA SALUD Y FORMACIÓN

La vigilancia de la salud es la manera de comprobar que las medidas preventivas se usan correctamente y realizan su función de manera óptima. Según el artículo 11.2 del Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, *“aquellos trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona [...], lleve a cabo controles de su función auditiva”*. Por otro lado, también da derecho al control audiométrico a *“los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción cuando la evaluación y la medición indiquen que existe riesgo para su salud”*.

La vigilancia de la salud tiene dos objetivos: los individuales, relacionados con el propio individuo y los colectivos, relacionados con el conjunto de trabajadores. Los objetivos en estos casos serían:¹⁹

- Objetivos individuales
 - Detección precoz de los efectos del ruido, especialmente los efectos auditivos, sobre la salud de los trabajadores.
 - Identificación de los trabajadores especialmente sensibles.
 - Estado de salud auditiva del trabajador.
- Objetivos colectivos
 - Diagnóstico de situación en lo relativo a la salud auditiva de la población protegida.
 - Planificación de la intervención en función de las prioridades detectadas.
 - Promoción de la salud auditiva de los trabajadores.

¹⁹ Solé, M. D. (2005). Programa de Vigilancia de la Salud de los trabajadores expuestos a ruido. *INSHT*, 16-28.

5.1 Protocolo sanitario específico²⁰

El protocolo constará de varios apartados aplicados por el médico y el trabajador:

- Historial laboral
- Se señalará la exposición actual y previa al ruido, centrada en el ámbito laboral, pero sin olvidar la de tipo extralaboral.
- Historia clínica

Se señalarán los antecedentes personales de exposición, hábitos como tabaquismo, alcoholismo, enfermedades padecidas, etc. También es importante conocer la presencia de enfermedades generales padecidas o que el trabajador padece actualmente. Se interrogará al trabajador sobre cómo es su percepción sobre su estado de audición, si a lo largo del tiempo ha notado empeoramiento o alguna sensación extraña desde que está expuesto al ruido.

- Exploración clínica específica

Otoscopia: consiste en la exploración o examen visual del oído externo y el tímpano con la ayuda de un aparato que ilumina la zona (otoscopio) y facilita su observación.

Audiometría: es la medida de la sensibilidad de los órganos del oído en las diferentes frecuencias del sonido. Mediante esta prueba se permite conocer con exactitud el estado auditivo del individuo. Los resultados orientarán hacia la posible patología y deberá servir para tomar las medidas de preventivas oportunas. Se desarrollará este apartado más adelante debido a su importancia.

Los objetivos de la audiometría son los siguientes:²¹

- Realizar una audiometría de ingreso. Esta audiometría consiste en evaluar la audición de las personas que van a estar expuestas a niveles de ruido en su puesto de trabajo. Se realiza en el momento de la entrada a la empresa o cuando se traslada el puesto de trabajo a un área ruidosa.

²⁰ UÑA GOROSPE, MIGUEL ANGEL. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Ruido. Ministerio de sanidad y consumo. Madrid. 2000.

²¹ Idoate M. Salud laboral: Protocolos sanitarios específicos de vigilancia médica de los trabajadores (III). Exposición a ruido. Documentos Técnicos de Salud Pública serie A. 1992; Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

- Audiometría periódica para detectar deterioros del umbral auditivo en aquellos individuos que están expuestos diariamente al riesgo.
- Cuando el trabajador abandone la empresa o se traslade a un puesto de trabajo sin niveles de exposición, realizar una audiometría final.
- Detectar otras anormalidades diferentes a las producidas por el ruido y que requieren diagnóstico.
- Educar y motivar a los trabajadores con respecto a sus cambios audiométrico, promoviendo el uso adecuado de medidas preventivas adecuadas.
- Evaluar, a través del análisis global de sus resultados las medidas que se están dotando.

Acumetría: es una técnica audiológica que, mediante el uso de diapasones evalúa la función auditiva. Su uso data del s. XIX. Suele utilizarse este método cuando la audiometría no explora la vía ósea.

Existen otro tipo de métodos como pueden ser los test vocales o de discriminación que son mucho más precisos pero resultan mucho más costosos a la vez que se requiere personal especializado para su aplicación.

5.2 Periodicidad

La periodicidad viene regulada en el artículo 11 del Real Decreto 286/2006, sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. La periodicidad viene marcada por el nivel diario de exposición y consiste en lo siguiente:

- Una audiometría mínimo cada 3 años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.
- Cada 5 años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición de una acción.

Aun así, sería recomendable disponer de un examen médico una vez acabada la exposición o relación contractual para completar el historial clínico del trabajador.

5.3 Conducta a seguir

Una vez que se realice todo el procedimiento para comprobar la salud del trabajador, en los casos donde la afección auditiva se confirme se deberá de hacer lo siguiente:²²

- Aquellas personas expuestas al ruido que no disponga de tapones, se les proporcionará unos adecuados, además de informarles adecuadamente sobre su uso.
- En los casos que ya los empleen, los trabajadores serán provistos de nuevos protectores adecuados y se les informará sobre su correcto uso.
- Independientemente de la zona afectada:
 - Aquellos casos en los que la audiometría refleja una pérdida mayor de 25 dB a 4.000 Hz se establecerá un diagnóstico de sordera profesional.
 - Por otra parte, si la pérdida detectada por la audiometría no afecta al área conversacional, el trabajador será recolocado en otro puesto de trabajo.

²² UÑA GOROSPE, MIGUEL ANGEL. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Ruido. Ministerio de sanidad y consumo. Madrid. 2000.

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS

Siempre que exista exposición al ruido, será obligación del empresario hacer todo lo posible para reducir los niveles de ruido. Existen muchas maneras de reducir los niveles sonoros a los que los trabajadores están expuestos. Por lo tanto, se deberá estudiar antes la situación para adoptar las medidas preventivas adecuadas para cada una de ellas. Hay que destacar, que se debe dar preferencia a las medidas de protección colectiva ante las medidas de protección individual.

La preferencia para el control del ruido será la siguiente:²³

- Eliminar el peligro y el riesgo, si es posible, simultáneamente.
- Controlar el riesgo en su origen (reducir el volumen o sustituir las fuentes por otras más silenciosas).
- Reducir el ruido durante su propagación hasta las personas expuestas.
- Reducir la exposición.

En caso de que las medidas anteriormente mencionadas no sean suficientes, se deberá de proporcionar al trabajador medidas de protección auditiva individuales, las cuales se comentarán más adelante.

Por lo tanto, las medidas preventivas para la exposición al ruido en el sector de la música son las siguientes:

6.1 Formación e información

Es importante concienciar a los músicos sobre los peligros de su actividad. Resulta esencial informar sobre los riesgos y el control de estos desde el primer momento en el que una persona se adentra en el mundo de la música. La comprensión de los riesgos, debería ser una educación complementaria a los estudios de música para que de este modo, el músico ya sea profesional o simplemente por ocio, sepa remediar los riesgos a los que está expuesto. Aun así, en el ámbito profesional, el empresario deberá garantizar que los trabajadores comprenden la necesidad de cumplir con las instrucciones sobre las medidas de control, los riesgos existentes y las medidas a adoptar.

²³ Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (2006). *Ruido en los Sectores de la Música y el Ocio*. Madrid.

6.2 Gradadas

Las gradadas o también denominadas tarimas, son plataformas que sirven para elevar la posición de los músicos en el escenario. Se usan principalmente para que el sonido de los instrumentos no se dirija directamente hacia el músico que tienen delante y evitar el daño directo del oído. El uso de gradadas es muy común en las orquestas sinfónicas y cada vez más se está implantando en grupos de música. Además de que su uso sea preventivo, hay que destacar que tienen una función para mejorar la acústica ya que en caso de no existir estas gradadas, los músicos situados más atrás no quedarían visibles y el sonido de su instrumento quedaría tapado por los músicos que quedan por delante.

Las gradadas o tarimas, en todo caso deberán de tener los bordes señalizados, deberán tener un acceso seguro, dispondrán de barandillas para evitar caídas de músicos e instrumentos y deberán de ser estables. Hay que destacar, que el uso de gradadas dependerá principalmente del espacio. Las orquestas sinfónicas, al tocar en auditorios con un gran escenario, es posible el uso de estas. En cambio, en el caso de los grupos de música, a menudo los escenarios limitan el espacio por lo que resulta imposible su instalación.

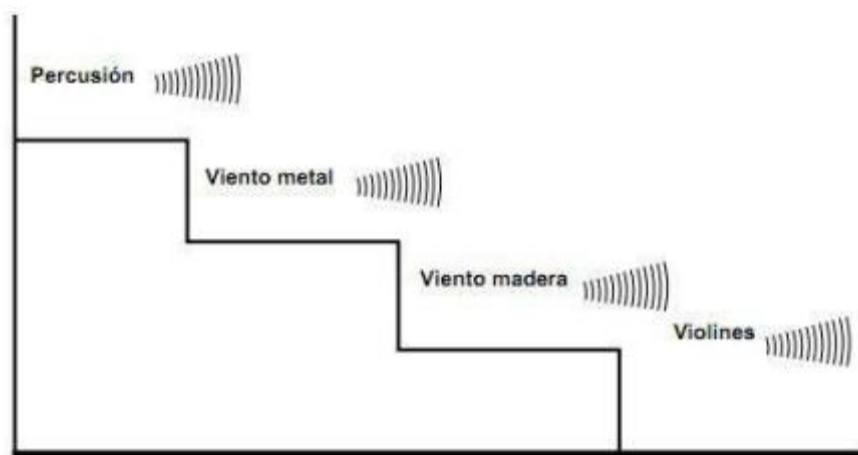


Ilustración 12. Disposición de los instrumentos de una orquesta mediante el uso de gradadas.

6.3 Pantallas acústicas

Las pantallas acústicas ayudan a aislar instrumentos de percusión, así como instrumentos ruidosos y altavoces respecto del resto de intérpretes. Su función, a través de la reflexión del sonido en la pantalla, es la de hacer que llegue la menor cantidad de sonido posible desde el músico que lo emite hasta el resto de intérpretes. Hay que tener en cuenta que con el uso de pantallas acústicas, el efecto de reflexión puede también perjudicar a la persona que genera el ruido ya que estará más expuesta al rebotarle el sonido. Para poder minimizar ese efecto, las pantallas deben colocarse lo más lejos posible de la fuente de ruido. La colocación de las pantallas se realizará previo estudio tanto del lugar, como de la distribución de los músicos en el escenario.

Aun así, hay que tener en cuenta los posibles problemas que puede haber cuando se quiera instalar pantallas acústicas: falta de espacio, doblar el riesgo al reflejar sonidos de vuelta a los intérpretes, posible distorsión del sonido si la altura de la pantalla y la distancia no es la correcta, posible aislamiento acústico del resto de músicos.



Ilustración 13. Ejemplo de pantalla acústica en una batería.

6.4 Medidas de control en el escenario en directo

Las medidas de control en el escenario, es una de las medidas organizativas que más puede ayudar a reducir los niveles de ruido que afecten a los músicos. A la hora de realizar este control se tiene que tener en consideración los siguientes elementos:

- En primer lugar, analizar por qué el ambiente es tan ruidoso. Puede ser que la propia estructura del escenario perjudique al sonido y sea difícil conseguir un sonido claro de la banda. Otro aspecto que puede afectar es el recinto donde se va a llevar a cabo el concierto. Por ejemplo, lugares como frontones o locales pequeños mal acondicionados puede provocar que aun con poco volumen, el sonido salga distorsionado.

- Otro aspecto importante es invertir en el equipo. Los amplificadores y monitores de alta calidad, son preferibles ya que emiten menor ruido blanco que otros de calidad inferior. Por lo tanto, conseguir un sonido claro y con intensidad aceptable costará mucho menos.

- La colocación estratégica de amplificadores y de monitores de escenario resultará fundamental para reducir los volúmenes de ruido en el escenario. En el caso de los amplificadores de guitarra por ejemplo, se debe procurar que estén a una altura considerable para que el sonido que emitan sea perfectamente escuchable por el músico. Del mismo modo, con los monitores de escenario, estos deberán de estar colocados en las zonas donde cada músico se vaya a colocar y apuntando directamente hacia ellos. Puede ser que en ocasiones para reducir el volumen existente en el escenario, se emplee un monitor para varios músicos.

- Un método totalmente contrario al mencionado anteriormente, sería el de eliminar los amplificadores y monitores de escenario. En este caso, las guitarras irían conectadas directamente a la mesa de mezclas manejada por el técnico de PA. A su vez, todos los intérpretes deben llevar un sistema de monitores intra-auditivos o *in-ear monitors*. Este sistema consiste en que los músicos disponen de unos auriculares individuales por los cuales escuchan la mezcla que tendrían desde los monitores. De este modo, se reduce casi por completo el ruido existente dentro del escenario quedando únicamente los ruidos emitidos por los instrumentos percusivos y de viento.

6.5 Monitorización del escenario en directo

Durante un concierto, todo músico tiene la necesidad de escucharse a sí mismo y también al resto de la banda. Esto se lleva a cabo principalmente mediante la monitorización del escenario que, si no se realiza correctamente puede provocar un ambiente excesivamente ruidoso dentro del escenario lo que perjudicaría a los músicos en su deseo por poder escuchar todo con total claridad.

En un escenario con características ruidosas, la solución más eficaz es bajar el volumen. Suele hacerse, por error, totalmente lo contrario. Cuando un músico pide a los técnicos si es posible escuchar más la parte vocal, por ejemplo, lo que suele realizarse habitualmente es subir solo esa parte para que la mezcla que sale de su monitor destaque más. Pero lo que se debería de hacer realmente es bajar el nivel del resto de secciones para que la parte vocal destaque sobre las demás.

La monitorización del escenario requiere además de tiempo y planificación, un técnico habilidoso que sepa controlar la situación en todo momento y deba tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Lo monitores deben colocarse de tal forma que el sonido no se disperse en exceso, para que de este modo, los músicos puedan oír realmente lo que necesitan.
- La distribución de los músicos en el escenario será también parte importante durante la monitorización del escenario. A pesar de que las formaciones musicales tengan una ubicación predeterminada sobre el escenario, es posible que el técnico de sonido aconseje mover esta formación ya que puede afectar a los niveles de exposición. Este aspecto dependerá siempre del espacio del que se disponga dentro del escenario.
- Los técnicos tienen el deber de impedir que existan niveles de sonido demasiado elevados dentro del escenario; deben planificar la sonorización del concierto para que los equipos estén situados en los lugares correctos; deben realizar las pruebas necesarias para evitar situaciones de retroalimentación o *acoples* provocadas por frecuencias problemáticas.

Otro método de monitorización dentro del escenario que reduciría considerablemente los niveles de exposición, son los monitores intra-auditivos o *in-ears*, comentados anteriormente. Este tipo de monitorización elimina los monitores de cuña convencionales creando un ambiente más silencioso sobre el escenario. Por

último, se pueden tener beneficios similares empleando monitores más pequeños en vez de los convencionales. Este tipo de monitores de menor tamaño se puede utilizar con músicos que mantienen una posición estática durante el concierto (pianistas, sección de vientos, batería).

6.6 Monitores intra-auditivos o *in-ears*

Los monitores intra-auditivos, son básicamente tapones con altavoces en miniatura en su interior. Como se ha comentado anteriormente y como su propio nombre indica, este sistema de monitorización, no es más que prescindir de una monitorización ordinaria para sustituirla por auriculares.

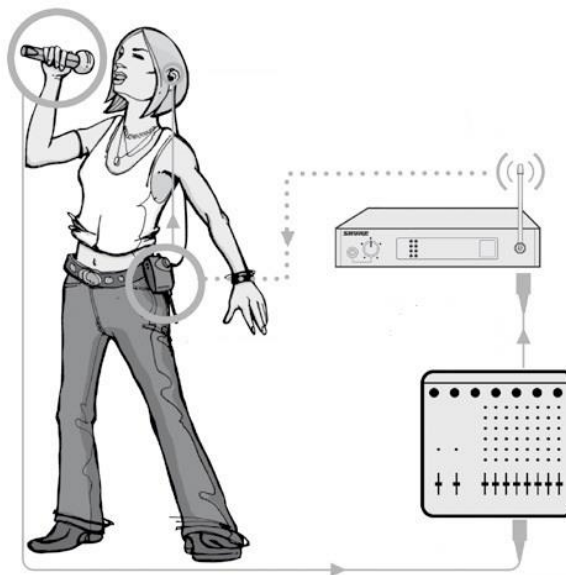


Ilustración 14. Representación gráfica del funcionamiento de los *in-ear*.

Hay que destacar que a pesar de ser tapones y en gran parte aíslan al músico de lo que sucede en el exterior, el RD 286/2006 no los considera como protección auditiva individual ante la exposición del ruido. De hecho, el Real Decreto 286/2006 en los sectores de la música y el ocio recomienda el uso de limitadores en los monitores de escenario.

La monitorización *in-ear* puede ser tanto cableada como inalámbrica. Los sistemas cableados suelen ser empleados por aquellos músicos que se mueven poco y permanecen estáticos la mayor parte del concierto como pueden ser bateristas o pianistas. Por el contrario, los sistemas inalámbricos están más enfocados a aquellos que se mueven constantemente por el escenario como por ejemplo los cantantes o guitarristas.

Las ventajas son las siguientes:

- Mejora de la calidad del sonido: como hemos visto, dentro de cualquier espacio escénico existen muchos condicionantes que hacen peligrar una buena inteligibilidad para el intérprete. Muchos sonidos “compiten” en el mismo rango de frecuencias y cada ejecutante pretende escucharse bien a él y a sus compañeros. Además, las condiciones acústicas del escenario pueden ser pobres y un buen sistema de monitorización *in-ear* aísla en gran medida al músico de todo esto y puede, por tanto, aportarle una mayor calidad de sonido. por otro lado, se anulan por completo los problemas de realimentación causados por los monitores de escenario, pudiendo dar tanto nivel al artista como solicite. Debe tenerse cuidado en este sentido para evitar daños auditivos y para ello existen, normalmente, limitadores integrados en los sistemas de monitorización *in-ear*. Pero no solo se mejora el sonido de cara al escenario, sino que, utilizando una monitorización tan personalizada y prescindiendo de cajas acústicas, o de la mayoría de ellas, se eliminan gran parte de las interferencias acústicas que afectarían al sonido general de PA (sobre todo en bajas frecuencias y en recintos pequeños).
- Control más personalizado de la mezcla de monitorización: la mezcla conseguida se ajustará mucho más acertadamente a los requerimientos del artista.
- Posibilidad de envío de señales ocultas: su uso más extendido es el envío de la claqueta (metrónomo) al baterista, o a varios músicos que estén acostumbrados a tocar de esta forma.

Los inconvenientes son los siguientes:

- La adecuación auricular-oído debe ser la mejor posible, ya que de lo contrario la pérdida de nivel y de aislamiento puede ser muy alta.
- El grado de insonorización puede ser alto respecto al entorno y puede ser perjudicial este aislamiento, sobre todo en artista que interactúan con frecuencia con el público y, en mayor medida, si el intérprete no está del todo acostumbrado a ello.
- El aislamiento existente puede perjudicar también a la comunicación existente entre los músicos dentro del escenario.
- Poseen un coste más elevado que unos auriculares convencionales.

6.7 Pruebas de sonido y planificación

Las pruebas de sonido son la fase principal para que la puesta en escena suene de la mejor manera posible. Este proceso supone además, una exposición adicional al ruido para los músicos, ya que se trata de un proceso que dependiendo de la formación del grupo de música puede ser más costoso o menos y durante el cual, los intérpretes tocan repetidamente hasta que los técnicos de sonido dan su visto bueno a la sonorización realizada.

Es importante reducir los tiempos de las pruebas de sonido lo máximo posible para no aumentar el tiempo al que los músicos están expuestos al ruido. Además, es conveniente realizar las pruebas de sonido individualmente con cada instrumento a un nivel adecuado y después realizar una comprobación del sonido a los niveles reales que se vayan a tener en el directo.

Todo aquel músico que durante la prueba de sonido por sus funciones no deba estar en el escenario o en sus inmediaciones, es recomendable que abandone la zona para reducir el tiempo de exposición ya que el escenario se trata de una zona de riesgo.

La planificación es algo esencial para limitar los niveles de exposición de ruido a los músicos. Corre de parte de los técnicos de sonido tener en cuenta en primer lugar, el sitio donde se va a realizar el concierto. Para garantizar que las dosis de ruido se mantienen bajas, se tendrán que alternar actividades con niveles sonoros altos y bajo. Por otro lado, se deben de planificar las pausas y descansos necesarios alejándose en todo momento de las zonas ruidosas. Por último, la rotación del personal será fundamental para reducir los tiempos de exposición.

6.8 Ensayos

Los ensayos son otro de los momentos en los que el músico está expuesto a altos niveles de ruido. A diferencia con las actuaciones en directo, donde los músicos están influidos bajo la presión de realizar bien la obra, donde los volúmenes que se emiten son altos y donde se ven “obligados” a esforzarse al máximo, en los ensayos estos factores son menos importantes.

Es importante que durante los ensayos los músicos se escuchen entre ellos sin necesidad que la intensidad sea excesivamente elevada. Existen diferentes formas de conseguirlo:

- Local: conviene asegurarse que los locales empleados para realizar ensayos sean los adecuados. A poder ser, estas salas o espacios deben estar condicionados acústicamente. Si el condicionamiento acústico no fuese posible, es recomendable tener en cuenta las dimensiones del lugar ya que contra más grande, la exposición al ruido se reducirá. Aun así, la mayoría de locales de ensayo son espacios reducidos con techos bajos. El RD 286/2006 en los sectores de la música y ocio, recomienda utilizar espacios con una altura de techo de como mínimo 7 m e intentar que cada persona disponga de 17 m³. Estas condiciones suelen ser muy poco habituales debido al elevado coste económico que tiene condicionar acústicamente un local.

- Mezcla de repertorios: para equilibrar los niveles de exposición durante los ensayos, otra medida es organizar y planificar el repertorio que se va a interpretar durante el mismo. De este modo, se debe combinar aquellas piezas musicales más ruidosas con aquellas que tienen menos intensidad evitando en todo momento realizar un ensayo con excesiva carga de intensidad en sus canciones.

- Volúmenes en el ensayo: se debe intentar que durante los ensayos, los niveles de exposición. En aquellos grupos musicales que se emplee equipo de sonido, se debe tener en cuenta la calidad de dicho equipo. A su vez, si por ejemplo la formación musical tiene una batería acústica, es aconsejable sustituirla por una batería eléctrica para reducir los niveles de exposición. En los casos de orquestas o bandas, se debe encontrar un equilibrio entre toda la formación para tener un ensayo más silencioso. Por último, en aquellas situaciones donde se repitan secciones constantemente para pulir defectos, los músicos deberán tocar de manera más silenciosa.

- Descansos: es parte fundamental en la organización de los ensayos. El ruido además de producir lesiones auditivas, puede ocasionar altos niveles de estrés o dolores de cabeza. Los descansos permitirá a los músicos equilibrar sus niveles de estrés ocasionados por el ruido. Por último, es aconsejable que aquellos músicos que no participan en el ensayo, abandonen el lugar o se sitúen lo más alejados posibles de la fuente de emisión del sonido.

- Protección auditiva individual: la protección auditiva individual puede resultar incómoda para algunos intérpretes a la hora de actuar. Aun así, es recomendable su uso durante los ensayos ya que, aparte de realizar una protección auditiva, aunque puedan resultar incómodos, a base de usarlos en los ensayos el

músico se acostumbrará a tocar con ellos por lo que en un futuro podrá emplearlos en actuaciones en directo.

- Colocación de los músicos: cuando se realicen los ensayos, es importante que los músicos adopten las posiciones que tendrán cuando realicen la actuación en directo. De este modo, podrán aclimatarse a los sonidos que sufrirán durante la actuación y los niveles de estrés tardarán en aparecer.

6.9 Protectores auditivos

Para que los protectores auditivos sean considerados legalmente como equipo de protección individual, dice el Real Decreto 286/2006 que, deberán llevar el marcado CE además de cumplir los requisitos de la correspondiente norma técnica UNE-EN 352.

La protección auditiva como todo equipo de protección individual, deberá utilizarse como suplemento a los métodos de protección colectiva contra los niveles de exposición. También puede usarse a corto plazo mientras se buscan otro tipo de soluciones organizativas o de ingeniería permanentes.

De este modo, el Real Decreto 286/2006, establece como obligatorio el uso de protección individual en aquellos trabajadores cuya exposición al ruido *“sea probable que alcance alguno de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y para cualquier trabajador que trabaje en las zonas designadas al efecto”*

Por regla general, los protectores auditivos deben controlar el riesgo de tal forma que reduzcan el nivel de ruido diario por debajo de los 80 dB(A) y el nivel de pico por debajo de los 135 dB(C). Se debe evitar que los protectores auditivos provoquen una sobreprotección ya que reducir el ruido excesivamente, puede provocar un efecto de aislamiento. Para compensar este efecto, los músicos reaccionarán tocando más fuerte lo que puede ser un riesgo para el resto de intérpretes. En general, es recomendable que los protectores auditivos no reduzcan el nivel por debajo de los 65 dB(A). Además, es importante que ofrezcan comodidad, sean apropiados para el trabajador y deben de conservarse limpios y en buen estado.

En el caso de los músicos, la elección de los protectores auditivos debe ser una decisión cuidadosa y estudiada previamente. Para estos casos, no se les recomienda el uso de protectores auditivos convencionales como pueden ser los de espuma, ya que pueden presentar los siguientes problemas:

- Ofrecen una atenuación más allá de la necesaria.
- Atenúan frecuencias altas lo que provocan un efecto de “sordina” tanto en la música como en las voces humanas.
- Provocan un efecto de oclusión. Este efecto suele ser el principal problema por el cual los músicos no tienden a usar protectores auditivos. *“Este efecto consiste en el aumento del nivel de presión sonora en el tímpano de la persona que genera el sonido cuando su canal auditivo está taponado”*.²⁴

Este efecto suele ser frecuente en los cantantes y en aquellos músicos cuyo instrumento está en contacto con la cara (instrumentos de viento).

Entre los protectores auditivos encontramos dos tipos diferentes: las orejeras y los tapones. Estos últimos disponen de una gran variedad de tipos.

6.9.1 Orejeras

Las orejeras son útiles para aquellos puestos de trabajo en los que los niveles de ruido son muy elevados. Están compuestas por un arnés y dos casquetes de plástico rígido que cubren los oídos y que se adaptan a la cabeza por medio de unas almohadillas.

Para su selección es necesario tener en cuenta factores como pueden ser la comodidad durante su uso, la presión de la almohadilla sobre la cabeza o el peso para no dificultar la realización de tareas durante el uso de las orejeras.

Las ventajas y desventajas de las orejeras son las siguientes:

- Ventajas:
 - Uso más sencillo que los tapones.
 - Más cómodos en ambientes fríos que los tapones ya que aparte de proteger del ruido ofrece en estas ocasiones protección contra las bajas temperaturas.
 - La protección contra los niveles de ruido muy elevados es muy eficaz.
 - Pueden incorporar sistemas electrónicos que permite escuchar señales externas. Este tipo de orejeras es muy habitual en los *disc-jockeys*

²⁴ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 865. *Ruido en los sectores de la música y el ocio (II)*. España, 2010.

quienes las emplean para poder escuchar la música que van a ir poniendo durante su sesión a un nivel bajo en ambientes muy ruidosos.

- Inconvenientes:
 - Son más pesados y visibles que los tapones.
 - Pueden ser incomodos en condiciones de temperatura y humedad elevada.
 - Si no existe un sellado correcto entre la orejera y la cabeza, su función puede ser ineficaz.
 - Suelen atenuar más las frecuencias altas que las bajas.



Ilustración 15. Orejeras.

6.9.2 Tapones

Los tapones son protectores auditivos que a diferencia de las orejeras, bien se introducen a través del conducto auditivo o se colocan en el canal auditivo externo de manera que realiza una función de tapón entre el exterior y el interior del oído.

➤ **Tapones moldeables:**

Tienen la virtud de poder ser moldeados previamente a su introducción al canal auditivo. Por temas higiénicos, la mayoría de estos productos son de un solo uso y se recomienda desecharlos una vez utilizados.

Son adecuados en aquellos trabajos en los que el usuario no necesite oír con fidelidad el sonido y el ambiente que le rodea. Por lo tanto, lo suelen usar operarios o personal de locales.



Ilustración 16. Tapones moldeables.

Entre las ventajas e inconvenientes encontramos:

- Ventajas:
 - Fáciles de llevar debido a su reducido tamaño.

- Más cómodos que las orejeras en ambientes cálidos.
- Protección eficaz frente a altos niveles sonoros.
- Tienen un coste bajo.
- Inconvenientes:
 - Difíciles de insertar correctamente.
 - Mayor atenuación en altas frecuencias por lo que no presenta una atenuación uniforme.
 - Por su atenuación en frecuencias altas, interfiere con la comunicación verbal.
 - Para los músicos puede provocar una protección excesiva (efecto oclusión).
 - Riesgos de infección si se manipula con las manos sucias.

➤ **Tapones premoldeados**

Poseen un diseño fijo, en la mayoría de las ocasiones poseen una forma cónica con varias pestañas flexibles que se adapten al canal auditivo. Al ser reutilizables necesitan limpieza después de su uso.

Su uso es aconsejable en músicos que busquen una protección auditiva barata y que tengan una atenuación relativamente uniforme. También es aconsejable en camareros ya que no apaga los sonidos de la voz ni otros que tengan frecuencias más altas.



Ilustración 17. Tapones premoldeados.

Sus ventajas e inconvenientes son:

- Ventajas
 - Resulta sencillo insertarlos correctamente.
 - Reutilizables si se limpian y se tiene un mantenimiento correcto.
 - Pueden proporcionar una atenuación relativamente uniforme.
 - Dentro de los tapones premoldeados existe una gama con diferentes tipos de filtros para atenuar a diferentes frecuencias.
- Inconvenientes:
 - La atenuación no es plana como la de los tapones a medida.
 - Es necesaria una limpieza y un mantenimiento periódico durante su uso.

➤ Tapones personalizados

Para este tipo de tapones, se realiza previamente un ajuste individualizado. Cada tapón debe ser moldeado de acuerdo a la forma del conducto auditivo del usuario. Normalmente son de silicona. Al igual que los tapones premoldeados, una variedad de tapones personalizados tienen la posibilidad de colocar filtros que reduzcan el nivel de ruido global en 9, 15 y 25 dB aunque en comparación con los anteriores, los filtros en este caso son más fiables.

Estos tapones son útiles para músicos que cuyos instrumentos generen frecuencias muy altas. También en aquellos trabajos en los que se esté cerca de sonido amplificado (técnicos de sonido, *disc-jockeys*, directores de orquesta).



Ilustración 18. Tapones personalizados.

Entre las ventajas e inconvenientes encontramos:

- Ventajas
 - Usan filtros intercambiables para proporcionar diferentes niveles de protección.
 - Atenuación uniforme hasta aproximadamente 6.000 Hz.
- Desventajas:
 - Presentan un coste elevado al ser unos tapones que se elaboran a medida.
 - El proceso de ajuste al conducto auditivo debe realizarlo un profesional cualificado.

A su vez, dentro de los tapones personalizados existe otro tipo que poseen un conducto sintonizado que hace que posean poca atenuación en bajas frecuencias aumentando su atenuación hasta unos 20 dB a altas frecuencias. Si se decide cerrar esta abertura, la atenuación a altas frecuencias puede aumentarse hasta los 28 dB.

Las ventajas e inconvenientes de este otro tipo de tapones personalizados son las siguientes:

- Ventajas
 - Permite a los músicos que toquen instrumentos de bajas frecuencias escucharse a ellos mismos de igual manera que a aquellos instrumentos que poseen frecuencias más altas.

- Reduce el efecto de oclusión.
- Inconvenientes.
 - Presentan un coste elevado al ser unos tapones que se elaboran a medida.
 - El proceso de ajuste al conducto auditivo debe realizarlo un profesional cualificado.

➤ **Tapones semi-aurales y semi-insertados**

Estos tapones se caracterizan por el hecho que están unidos por un arnés. Los tapones semi-aurales suelen tener puntas redondeadas y los tapones semi-insertados puntas cónicas.

Ambos tapones son adecuados en aquellas situaciones que existan niveles altos de ruido de forma repetitiva y de corta duración ya que dan la posibilidad de quitárselos y ponérselos de manera rápida.

Las ventajas e inconvenientes son las siguientes:

- Ventajas
 - Ajuste y retirada de forma rápida y sencilla.
 - Coste bajo-medio.
- Inconveniente
 - No están diseñados para ser utilizados de forma continua.



Ilustración 19. Tapones semi-insertados.

La siguiente tabla representa una comparación entre los diferentes tipos de protección auditiva mencionados hasta el momento:

Tabla 7. Comparación entre los distintos tipos de protección auditiva. Fuente: INSHT

		TAPONES				
	OREJERAS	Moldeables	Premoldeados	Premoldeados a medida con filtro	Premoldeados a medida con aberturas	Semi-aurales con banda
VENTAJAS	<p>Más fáciles de usar que los tapones.</p> <p>Más cómodas que los tapones en ambientes fríos.</p> <p>Menor efecto de oclusión que si se usan tapones compresibles, especialmente si los casquetes son grandes.</p> <p>Pueden incorporar un sistema electrónico, a menudo con limitador de sonido, que permite oír señales externas o retransmitir música.</p>	<p>Fáciles de llevar.</p> <p>Más cómodos que las orejeras en ambientes cálidos.</p> <p>Protección eficaz frente a altos niveles sonoros.</p>	<p>Es sencillo insertarlos correctamente.</p> <p>Reutilizable si se limpia adecuadamente.</p> <p>Pueden proporcionar una atenuación relativamente uniforme.</p>	<p>Usan filtros intercambiables para proporcionar diferentes niveles de protección (9-25 dB) en función del ambiente.</p> <p>Atenuación uniforme hasta aproximadamente 6.000 Hz.</p>	<p>Reducen el efecto de oclusión.</p> <p>Atenúan de forma significativa las altas frecuencias sin apenas modificar las bajas.</p>	<p>Ajuste y retirada de rápidos y sencillos.</p>
INCONVENIENTES	<p>Más pesados y visibles que los tapones.</p> <p>Pueden ser incómodos en condiciones de alta temperatura o humedad.</p> <p>Poco efectivas si no existe un sello adecuado con la cabeza (debido a gafas, joyas o pelo).</p> <p>Suelen atenuar más las frecuencias altas que las bajas.</p>	<p>Difíciles de insertar correctamente.</p> <p>Atenuación no uniforme (mayor para las altas frecuencias).</p> <p>Interfieren con la comunicación verbal.</p> <p>Efecto de oclusión.</p> <p>Pueden proporcionar una protección excesiva para los músicos.</p> <p>Riesgo de infección si se manipulan con las manos sucias.</p>	<p>La atenuación no es tan plana como la de los tapones a medida.</p> <p>Hay que limpiarlos periódicamente.</p>	<p>El ajuste a medida debe realizarlo un profesional.</p>	<p>El ajuste a medida debe realizarlo un profesional.</p>	<p>No están diseñados para ser utilizados de forma continua.</p>
COSTE	Medio	Bajo	Bajo-medio	Alto	Alto	Bajo-medio
USOS POTENCIALES	<p>Personal expuesto a sonidos fuertes.</p>	<p>Exposiciones a niveles muy elevados generados por otros músicos.</p> <p>No adecuados para cantantes y músicos (especialmente si tocan instrumentos de viento) debido al efecto oclusión.</p> <p>Si la calidad del sonido y la comunicación verbal no son relevantes.</p>	<p>Prácticas y ensayos de músicos y vocalistas.</p> <p>Exposición a sonido amplificado.</p> <p>Trabajadores que requieran comunicación verbal.</p>	<p>Músicos que tocan instrumentos de alta frecuencia,</p> <p>Exposición a sonido amplificado.</p> <p>Si se requiere una mínima distorsión o alteración del timbre.</p>	<p>Músicos que tocan instrumentos de baja frecuencia que deben protegerse de sonido e altas frecuencias.</p> <p>Vocalistas solistas que necesiten protección contra su propia voz.</p>	<p>Exposición a ruidos excesivamente repetitivos y de corta duración.</p>

A pesar de que existan diferentes tipos de protectores auditivos y cada uno de ellos esté preparados para realizar su función de manera, únicamente mediante su correcto uso proporcionarán al trabajador una protección eficaz. Por ello, resulta importante realizar una formación acerca del correcto uso de los protectores auditivos incluyendo los siguientes pasos:²⁵

- La razón de por qué usar protectores auditivos, dónde usarlos y cuándo deben usarse.
- La necesidad de seguir las instrucciones del fabricante.
- La importancia y el beneficio que supone el uso de protectores auditivos en ambientes ruidosos.
- Además de formar e informar sobre la importancia del uso de protectores auditivos, conviene entrar en detalle sobre el mantenimiento de los mismos. Se debe por lo tanto, dar a conocer los métodos de limpieza de los protectores auditivos donde se mencionará lo siguiente:
 - o Los protectores auditivos deben limpiarse cuidadosamente siempre antes de su uso.
 - o Los tapones solo se deben colocar en el conducto auditivo con las manos limpias.
 - o Los tapones desechables no deberán ser usados si se encuentran abiertos o si su fecha de caducidad ya ha sido superada.
- El método de almacenamiento de los tapones y revisión de los mismos para asegurar su buen estado.

²⁵ Navarro, J. M. (2013). *Riesgo Higiénico por exposición al ruido en los profesionales de la música. Fuentes, daños y control de la exposición.*

VII. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN Y EQUIPO EMPLEADO

Para las mediciones del ruido se disponen de diferentes alternativas como pueden ser los sonómetros y los dosímetros personales.²⁶

- **Sonómetros:** es necesario que antes de realizar la medición se calibren para evitar posibles desviaciones de las medidas. Los sonómetros podrán colocarse en lugares fijos o pueden estar sujetos por el técnico responsable siempre y cuando este mantenga una distancia próxima al trabajador. En caso de mantener el sonómetro fijo en una posición, la medición se realizará preferentemente en ausencia del propio trabajador y colocando el sonómetro a la altura que el trabajador tiene durante su trabajo. Si esto no es posible, el sonómetro quedará situado a una distancia de entre 10 y 40 centímetros de uno de los dos oídos del trabajador.
- **Dosímetros personales:** al igual que el sonómetro, deben ser calibrados previamente a la medición del ruido. El uso de estos aparatos es recomendable cuando la medición se realiza en un puesto de trabajo que implica movilidad y cuando el establecimiento de periodos de tiempo resulta imposible. Estos casos son en general en aquellos puestos de mantenimiento o aquellos en los que la variación del ruido es muy grande. Los dosímetros deberán de colocarse de manera que el micrófono se mantenga a unos 10 centímetros del oído del trabajador y a 4 centímetros por encima del hombro.

Respecto a las estrategias de medición, el INSHT menciona las siguientes:²⁷

- **Medición basada en la tarea:** el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
- **Medición basada en el puesto de trabajo (función):** la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles.

²⁶ INSHT. (2006). *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición de los Trabajadores al Ruido*. Madrid.

²⁷ Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 951. *Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. España. 2012.

- Jornada completa: la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada de trabajo incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos.

En este caso, las mediciones se realizaron siguiendo el método de jornada completa ya que se interpreta que para las mediciones de canciones y diferentes clases impartidas, los niveles de exposición pueden variar, al igual que la mayor o menor presencia de diferentes frecuencias dependiendo de los instrumentos que estén presentes en ese momento.

A pesar que para este método es recomendable el uso de dosímetros, las medidas del estudio se llevaron a cabo con un solo sonómetro, al realizar el estudio con músicos y mantener estos una postura fija en todo momento,

Las medidas realizadas que se analizarán posteriormente, se realizaron con un sonómetro CESVA, modelo SC310. Este sonómetro mide todas las funciones simultáneamente con todas las ponderaciones frecuenciales.

Las aplicaciones que tiene este sonómetro son:

- Modo medición del tiempo de reverberación.
- Modo analizador de espectro en octava (31,5 Hz – 16 kHz)
- Modo analizador de espectro en tercio de octava. (20 Hz – 10 kHz)
- Modo sonómetro con diferentes funciones disponibles como por ejemplo:
 - Nivel de presión sonora con ponderación temporal rápida, lenta e impulsional.
 - Nivel de presión sonora equivalente de toda la medición.
 - Nivel de presión sonora de pico.
 - Tiempo de medición.
 - Percentiles con ponderación frecuencial A.

Para realizar el estudio se realizaron diferentes mediciones en modo sonómetro y en modo analizar de espectro en tercios de octava.

Para las sonometrías se pidió al sonómetro que nos diese los datos de L_{Aeq} , L_{Ceq} , L_{Cpico} y que recogiese los datos cada segundo que transcurría. Además de estos datos, también proporcionó el sonómetro diferentes percentiles entre los que se encuentran L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , L_{99} .

Respecto al análisis espectral en tercio de octava, se pidió que recogiese los datos cada 125 ms. En este caso, a pesar que recogía los datos entre los 20 Hz y los 10 kHz, el estudio se ha analizado con un intervalo a partir de los 63 Hz.

Una vez recogido los datos, se ha empleado el programa CESVA Capture Studio. Se trata de una aplicación software muy completa que permite:

- Configurar todos los parámetros del equipo en una única ventana.
- Capturar y visualizar los datos del equipo en tiempo real aumentando así la capacidad de los registros.
- Borrar la memoria del equipo.
- Descargar la memoria y guardar los archivos en el propio PC.
- Convertir los resultados en diferentes formatos.



Ilustración 20. Imágenes del sonómetro empleado para realizar las mediciones.

VIII. EL RUIDO EN DIFERENTES SECTORES

Para el estudio realizado se han tomado diferentes medidas entre las que se pueden encontrar:

- Grabación de una hora a un grupo de música Rock.
- Grabación individual de batería, guitarra y bajo.
- Grabación de un ensayo de cuatro horas de una txaranga.
- Grabaciones durante una tarde de clase en profesores de batería y trombón.

El objetivo propio del estudio es conocer los niveles de ruido a los que están expuestos los músicos en su día a día, durante los ensayos y actuaciones y las medidas preventivas que deberían de tomar en cada caso.

Hay que destacar que los resultados serán estimaciones a lo que puede ser una jornada laboral de 8 horas con los datos recogidos. Pero estimar la exposición del ruido en los músicos tiene una dificultad añadida ya que al contrario que un trabajador en un taller, donde es en ese espacio donde está expuesto a los niveles de ruido, los músicos están expuestos en su local de ensayo, en casa en caso de practicar, durante las actuaciones, etc.

Por ello, es difícil calcular exactamente el número de horas que los músicos están expuestos al ruido. Por ejemplo, en los casos que se explicarán más adelante existen tanto músicos profesionales (profesores en escuelas de música como actividad profesional), músicos semiprofesionales (realizando estudios en conservatorio) y quienes tienen la música como hobby en sus ratos libres.

8.1 Grupo Rock.

Se ha llevado a cabo un primer estudio en un grupo de música Rock compuesta por tres miembros que dedican su tiempo libre a la música. La formación es la siguiente:

- 1 Batería.
- 1 Guitarra eléctrica/acústica.
- 1 Bajista y cantante al mismo tiempo.

Para este caso, se pretendía realizar una simulación de un concierto Rock-Pop de una hora de duración sin interrupciones. Para hacerlo lo más real posible y poder ver los

niveles de exposición a los que los miembros de este grupo pueden estar expuestos dentro del escenario, se usó un equipo similar al que usan en los directos reales contando con:

- 1 Amplificador de guitarra eléctrica.
- 1 Amplificados de bajo eléctrico.
- 2 Monitores de escucha para el guitarrista y el bajista/cantante.

Además se creó un repertorio con 15 canciones de duración aproximada de una hora con 3 canciones acústicas introducidas en mitad de este para crear un contraste en los niveles de exposición. Se intentó también introducir canciones, que a pesar de estar dentro del género Rock, se diferenciaron por su intensidad.

Tabla 8. Repertorio grupo Rock.

TITULO	ARTISTA	DURACIÓN²⁸	FORMACIÓN
Ama, ama y ensancha el alma	Extremoduro	2:47	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Azulejo Frío	Txarrena	2:47	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
En Punto Muerto	Txarrena	3:44	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Breaking Bad	Leiva	4:18	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Otra Noche	Kaotiko	3:10	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Cambiarlo Todo	Riot Propaganda	4:23	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Golfa (acústico)	Extremoduro	4:24	Guitarra acústica, bajo/voz.
Som (acústico)	Obrint Pas	3:02	Guitarra acústica, bajo/voz.
Historia Triste (acústica)	La M.O.D.A	3:49	Batería, guitarra acústica, bajo/voz.
Maquis	Ska-P	5:05	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Rico Deprimido	Kaoitko	3:15	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Gora Sartaguda	Piperrak	3:08	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Mi Primer Amor	Piperrak	2:50	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
Esclavos del S. XXI	Gatillazo	2:39	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.
El miedo va a cambiar de bando	Riot Propaganda	3:26	Batería, guitarra eléctrica, bajo/voz.

²⁸ Estimación basada en la duración de la canción original que se tomó como referencia. Durante la interpretación de estos temas es probable que se modificaran estructuras o su tiempo fuese distinto.

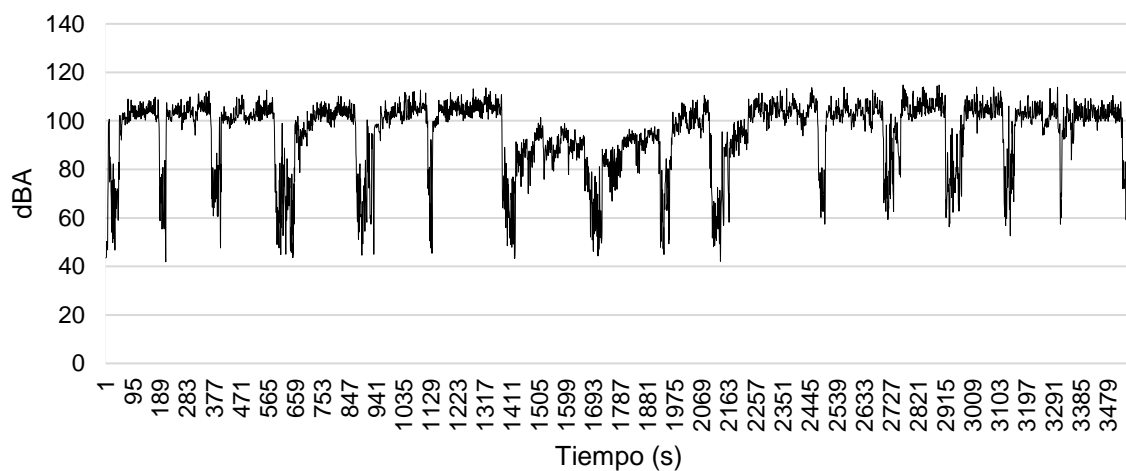
El sonómetro, sostenido mediante un trípode, se situó en el centro de la sala y los músicos se posicionaron alrededor de este. El nivel sonoro así registrado resultó ser representativo del nivel sonoro al que estuvieron expuestos los músicos.



Ilustración 21. Imagen de la posición del sonómetro durante la medición del grupo de Rock.

Se realizó una grabación que duró un total de 59 minutos y 35 segundos. Durante ese tiempo, se interpretaron los temas anteriormente presentados y se ejecutaron durante un tiempo total de 48 minutos y 51 segundos. El siguiente gráfico recoge la evolución del nivel sonoro durante los 59 minutos de medición. Se aprecia que en este caso, no existe ningún tipo de descanso ya que la interpretación es constante por parte del grupo.

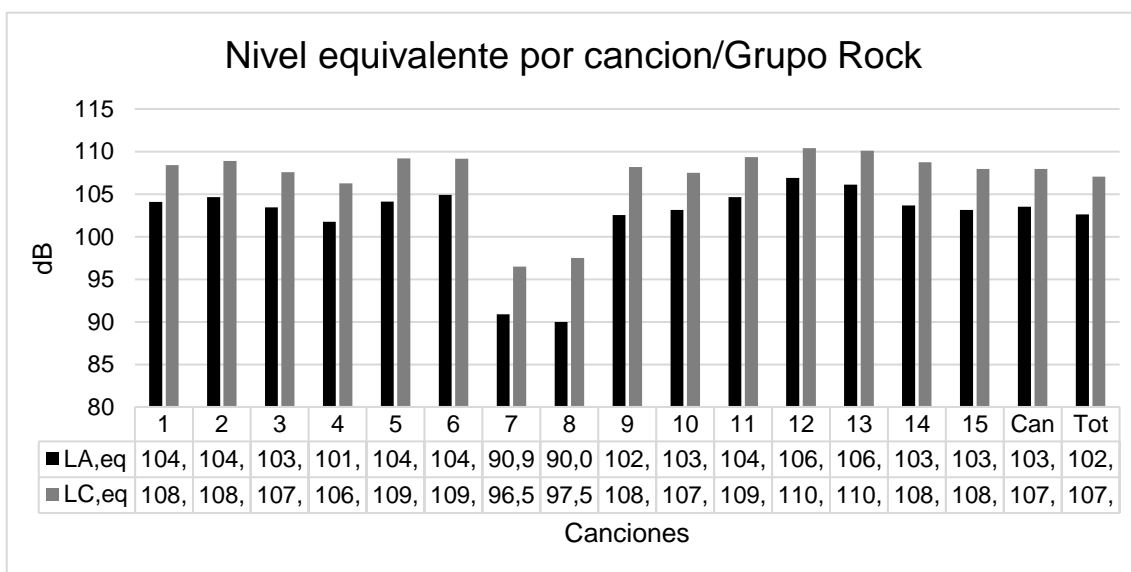
Evolución del nivel sonoro en Grupo Rock



Se ha calculado el nivel sonoro continuo equivalente $L_{A,eq}$ para cada uno de los temas interpretados durante la medición y el resultado es el siguiente:

Tabla 9. Nivel sonoro de las diferentes canciones interpretadas.

CANCION	$L_{A,eq}$	$L_{C,eq}$
Ama, ama y ensancha el alma	104,1	108,4
Azulejo Frío	104,7	108,9
En Punto Muerto	103,4	107,6
Breaking Bad	101,8	106,3
Otra Noche	104,1	109,2
Cambiarlo Todo	104,9	109,2
Golfa (acústico)	90,9	96,5
Som (acústico)	90,0	97,5
Historia Triste (acústica)	102,5	108,2
Maquis	103,1	107,5
Rico Deprimido	104,6	109,4
Gora Sartaguda	106,9	110,4
Mi Primer Amor	106,1	110,1
Esclavos del S. XXI	103,7	108,7
El miedo va a cambiar de bando	103,2	108,0
PROMEDIO	103,5	107,9



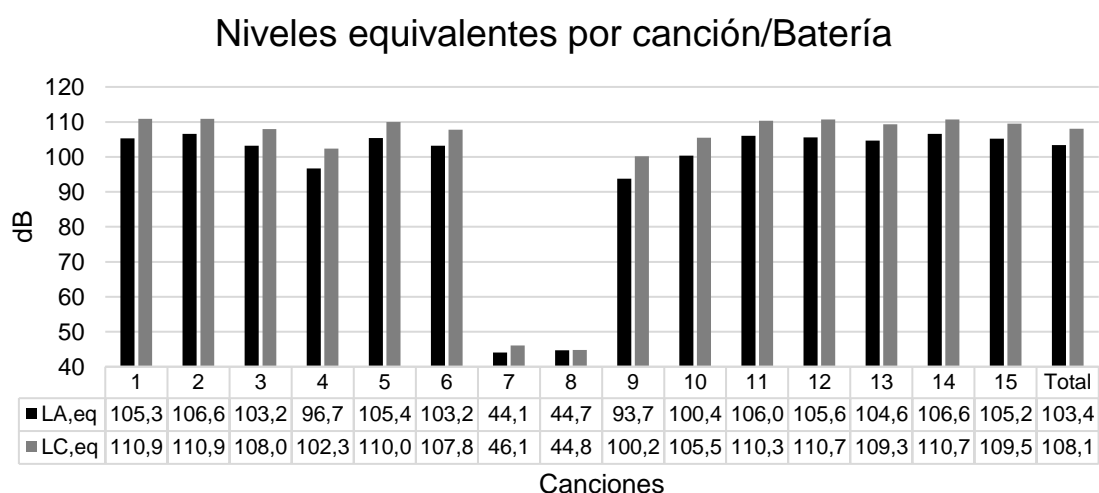
Hay que destacar que estos niveles son durante la ejecución de las piezas musicales. El nivel total de los 59 minutos de grabación, donde se tiene también en cuenta aquellos periodos en los que no se está interpretando ninguna canción es de 102,6 dBA.

Por lo tanto, asumiendo el valor total durante la interpretación, que exactamente son 103,5 dBA y remitiéndonos al Real Decreto 286/2006, el tiempo máximo de ejecución para no sobrepasar el nivel límite exposición diaria (87 dBA), sería de, aproximadamente, 11 minutos.

Además de realizar una sonometría al grupo de Rock durante una hora seguida sin parar de tocar, se realizó un estudio más profundo realizando mediciones individuales para conocer los niveles que cada músico soporta individualmente al igual que conocer las frecuencias a las que están sometidos.

El proceso que se realizó fue similar: se creó una *playlist* con los 15 temas para que de este modo, cada músico por separado los pudiese interpretar (mediante unos auriculares escuchaban la canción original y tocaban por encima) y realizar mediciones individuales. En este caso, el sonómetro se situó según las indicaciones del Real Decreto 286/2006: cerca del canal auditivo del intérprete para que los resultados fueran lo más fiables posibles.

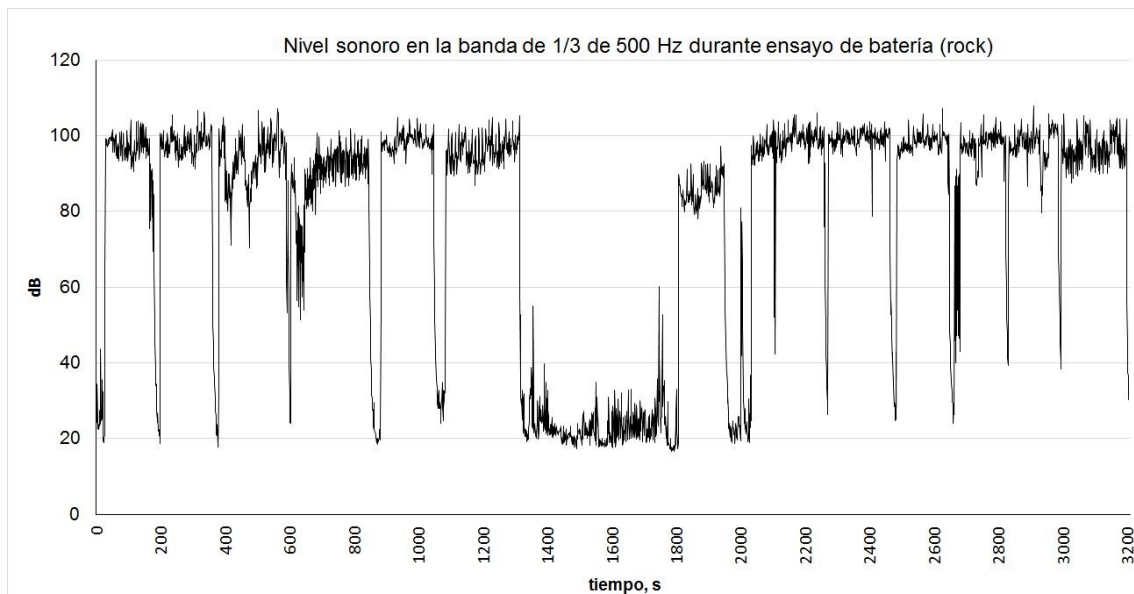
- Los resultados en la batería son los siguientes:



Se realizó una medición de 57 minutos y 16 segundos en los cuales la interpretación se realizó durante 50 minutos y 1 segundo y se interpretaron 13 temas. En este caso, la batería no realizó los 15 temas establecidos ya que en dos de ellos,

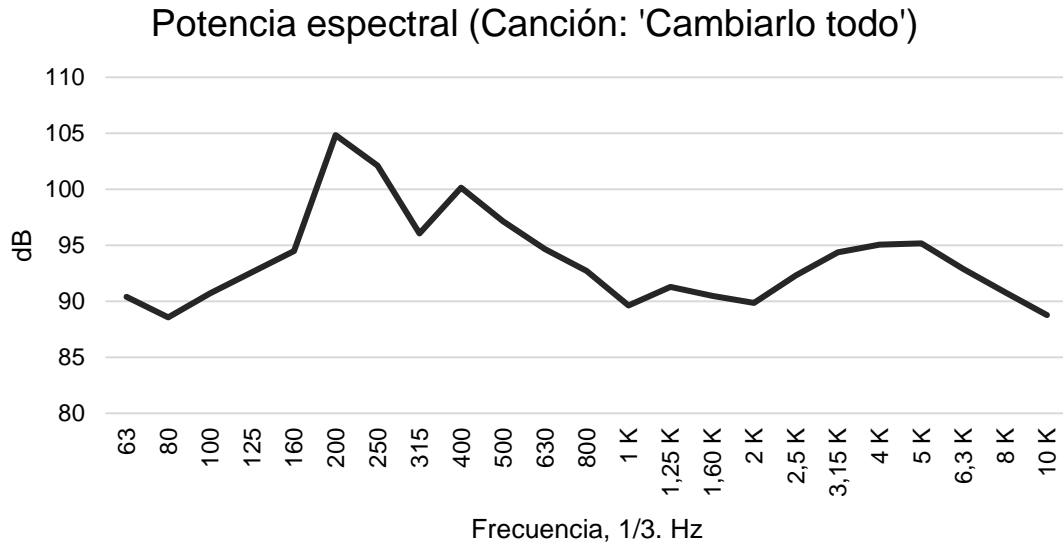
concretamente en la séptima y octava canción, este no tocaba. Como se aprecia en el gráfico, en las canciones en las que la batería está presente, esta posee niveles superiores a los 100 dBA en cada canción. Destacar que en las canciones 7 y 8 posee esos niveles tan bajos ya que no está tocando. En este caso, teniendo en cuenta los temas en los que el batería no toca (pero sí está presente durante su interpretación), el valor durante la interpretación es de 103,4 dBA, se obtiene que el tiempo máximo de ejecución para no sobrepasar los 87 dBA de exposición diaria es de aproximadamente 11 minutos.

Respecto al análisis espectral, se realizó una medición diferente. Esta vez, se usó el sonómetro en modo analizador espectral. La grabación tiene una duración de 53 minutos y 25 segundos donde se interpretaron los mismos 13 temas, con duración de 40 minutos y 15 segundos. En la siguiente figura se aprecia la evolución del nivel sonoro (dB) en la banda de tercio de octava de 500 Hz.

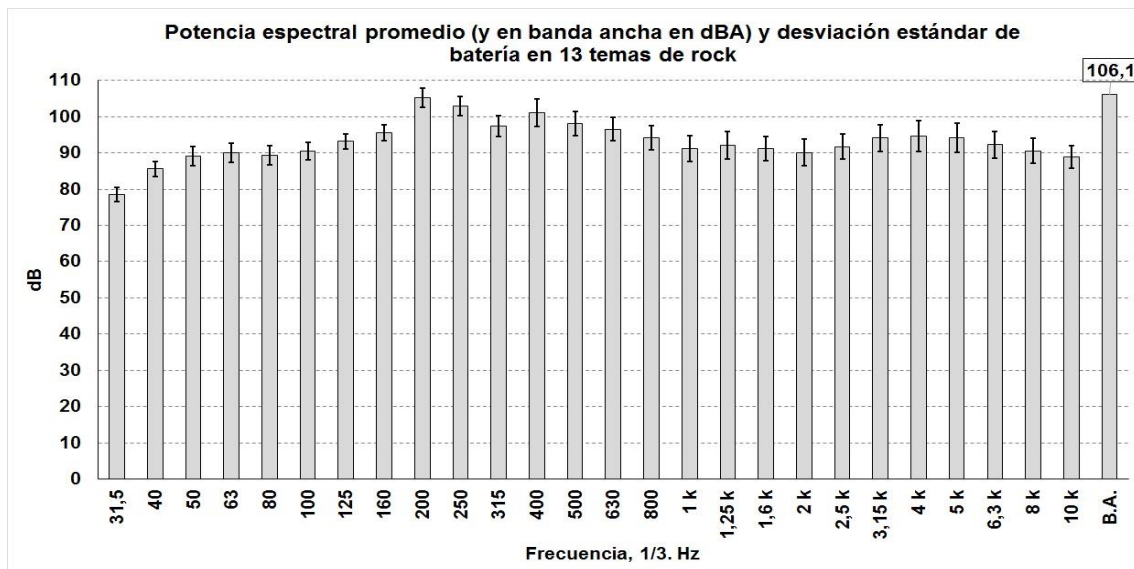


Como se ve en la figura, en todas las canciones en las que la batería está tocando, en la banda de los 500 Hz, se obtienen unos niveles que se aproximan o incluso superan en todas las canciones los 100 dB.

Se ha realizado también un análisis más profundo sobre la potencia espectral de la batería para cada tema interpretado. Las conclusiones son que la potencia espectral sigue un patrón similar en todos los temas musicales. Un ejemplo sería el siguiente:



Por lo que se entiende de la anterior figura, la batería tiene sus puntos fuertes en las bandas de 200, 250 y 400 Hz. Aun así, en altas frecuencias, en la zona de los 2 KHz, posee niveles por encima de los 90 dB, situación peligrosa ya que estas bandas de frecuencia son las más sensibles en el oído humano. Se podrá ver en la siguiente figura la potencia espectral promedio que posee la batería durante su tiempo de interpretación.

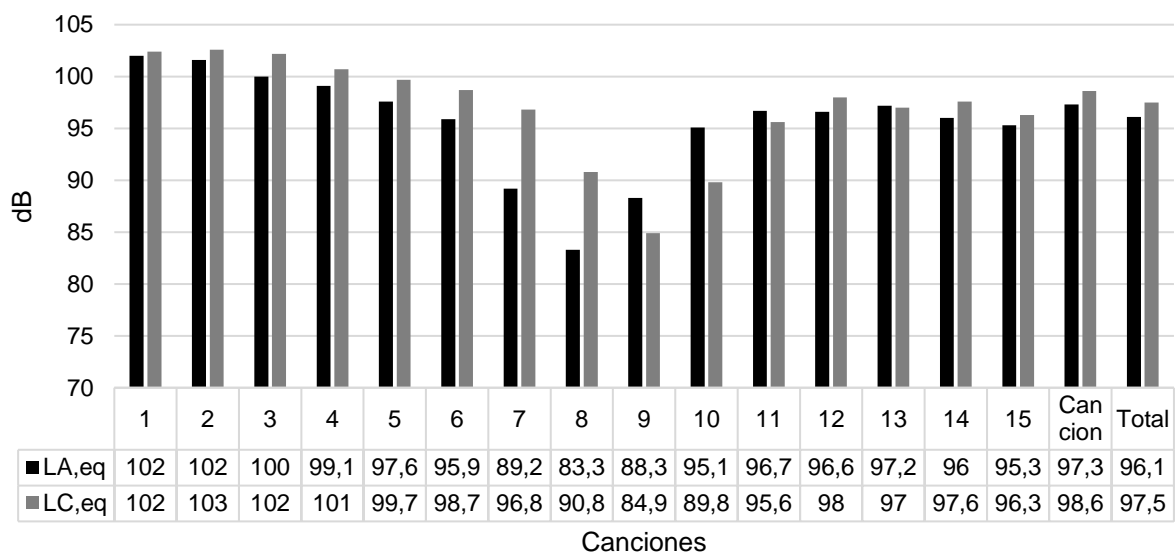


Como se ve, los niveles sonoros promedios durante la ejecución de los temas, superan prácticamente los 90 dB en la gran mayoría de las bandas de tercio de octava,

superando los 100 dB en las bandas comentadas anteriormente: 200, 250 y 400 Hz. Asumiendo este valor de 106,1 dBA como nivel representativo durante el tiempo de ejecución, el máximo tiempo de ejecución permitido para no sobrepasar 87 dBA sería unos 6 minutos.

➤ Respecto a las medidas realizadas al guitarrista se obtienen los siguientes datos:

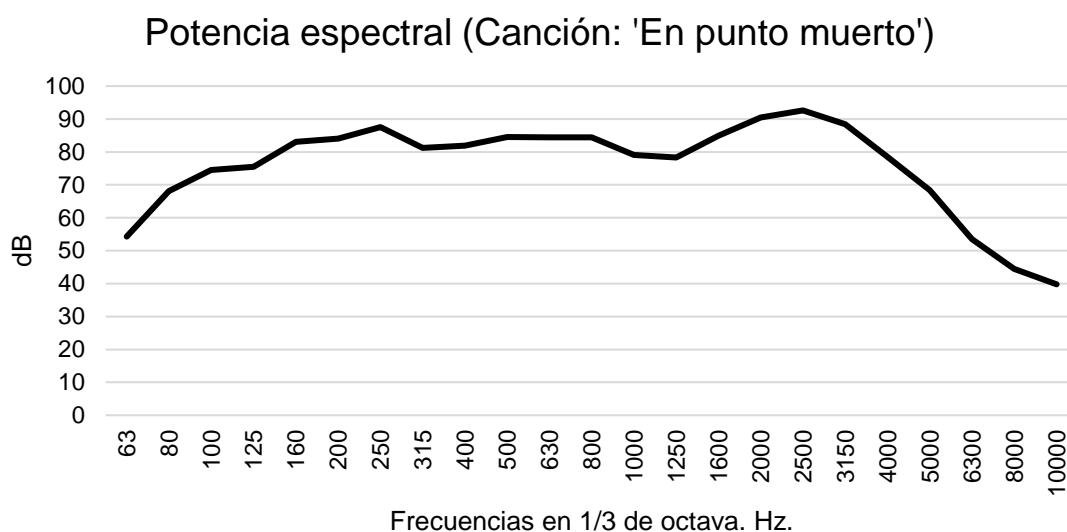
Niveles equivalentes por canción/Guitarra



En la figura podemos apreciar en la gran mayoría de canciones los niveles están por encima de los 90 dBA, teniendo un promedio durante la interpretación (50 minutos y 11 segundos) de 98,6 dBA y durante el total de la medición (56 minutos y 46 segundos) de 97,5 dBA. Cogiendo entonces los niveles durante la interpretación, se obtiene que el tiempo de máximo de interpretación para no sobrepasar los 87 dBA diarios es aproximadamente 33 minutos.

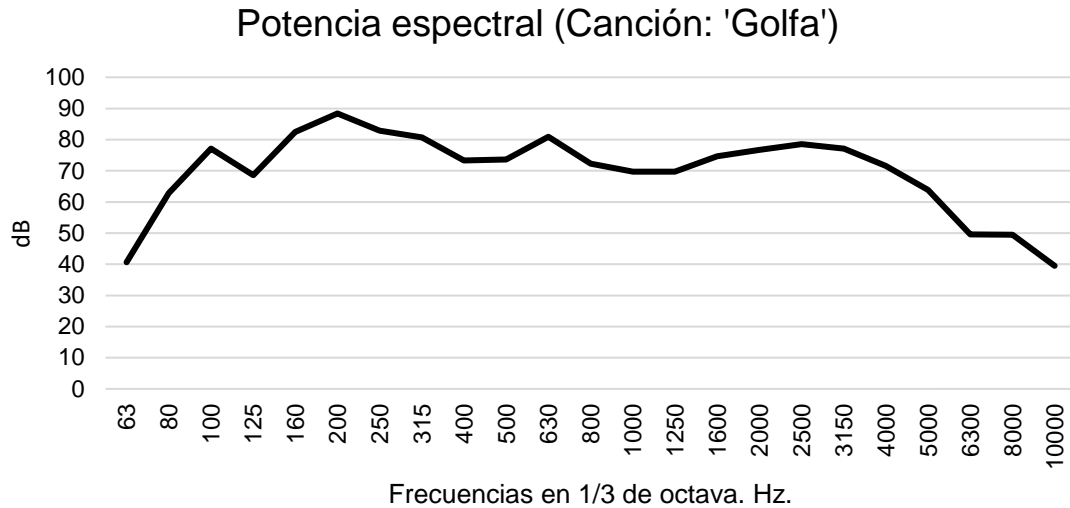
Respecto al análisis espectral, se realizó una nueva medición en la que el tiempo de interpretación es de 50 minutos y 8 segundos. Se puede apreciar que la evolución del nivel sonoro en la banda de tercio de octava de 2 KHz, supera en casi todas las canciones los 85 dB, exceptuando en los temas acústicos donde los niveles están por debajo de los 80 dB.

Al igual que en la batería, la guitarra sigue unos patrones similares en cada canción que se ha interpretado. Un ejemplo sería el siguiente:

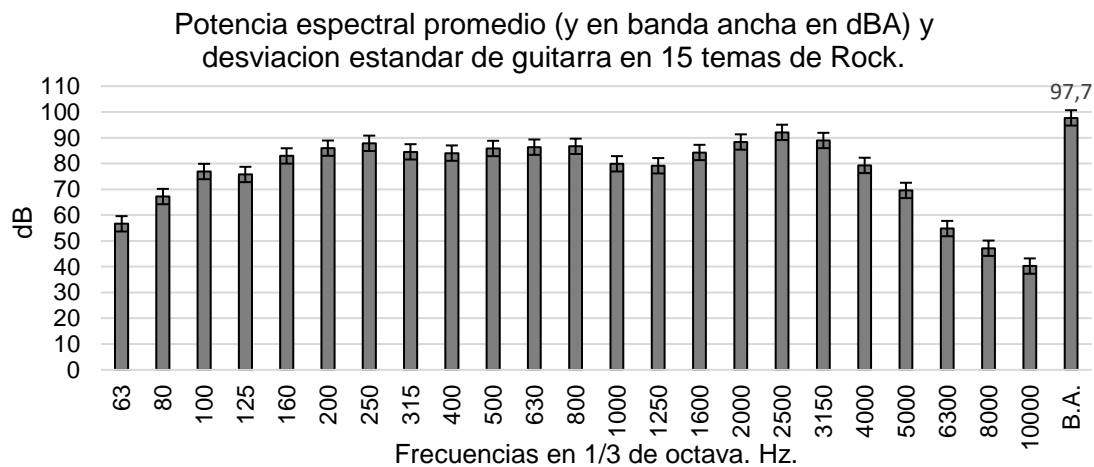


En este caso, se ha cogido como ejemplo la canción número tres, “En punto muerto” y se puede apreciar que es bastante regular teniendo niveles altos tanto en graves, medios y agudos. Se podría destacar la banda de los 250 Hz donde roza prácticamente los 90 dB. También es necesario comentar la zona de los 2 KHz donde se llega a superar los 90 dB, lo que significa que en la guitarra eléctrica, durante su manejo esta posee mucha presencia en bandas de frecuencia peligrosas para el oído humano.

Al realizar un análisis más específico en cada canción, es necesario hablar también sobre los temas en los que se emplea la guitarra acústica. Durante la hora de grabación en 13 canciones se emplea la guitarra eléctrica y se toca tanto en modo limpio como con distorsión. Estos dos tipos de sonido van variando dependiendo del tipo de canción que se interpreta y de cómo se quiere interpretar creando un ambiente más tranquilo en modo limpio y por el contrario, empleando la distorsión para dar más energía al tema. Entonces, durante la interpretación de los temas en acústica, se empleó una guitarra acústica y se aprecia en la siguiente figura cómo afecta el sonido diferente de esta al análisis espectral de las canciones 7 y 8.

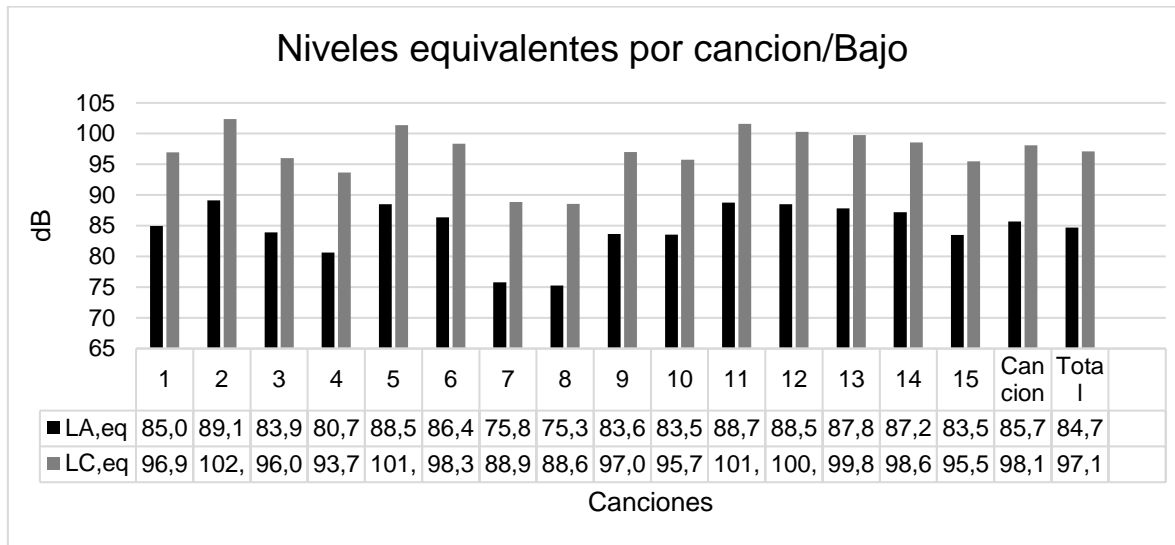


En comparación con el análisis espectral de la canción número 3, vemos en este caso que en la canción número 7 “Golfa”, la guitarra acústica posee mayor presencia en graves y en los agudos, la zona de los 2 KHz, se reduce significativamente situándose incluso por debajo de los 80 dB. Con respecto al otro tema acústico, la canción número 8, sigue un patrón similar.



En los niveles sonoros promedios en las frecuencias de tercio de octava, se pueden destacar las bandas de 200, 250 y la zona de los 2 KHz, destacando dentro de esta la banda de 2,5 KHz. Estas bandas de frecuencia se encuentran de promedio por encima de los 85 dB, lo que puede provocar una situación de riesgo, concretamente la zona de los 2 KHz. La guitarra durante la interpretación alcanza un nivel en banda ancha de 97,7 dBA. Cogiendo este nivel como referencia durante el tiempo de interpretación (50 minutos y 8 segundos), para no superar los 87 dBA establecidos, el tiempo máximo de exposición será aproximadamente de 4 minutos.

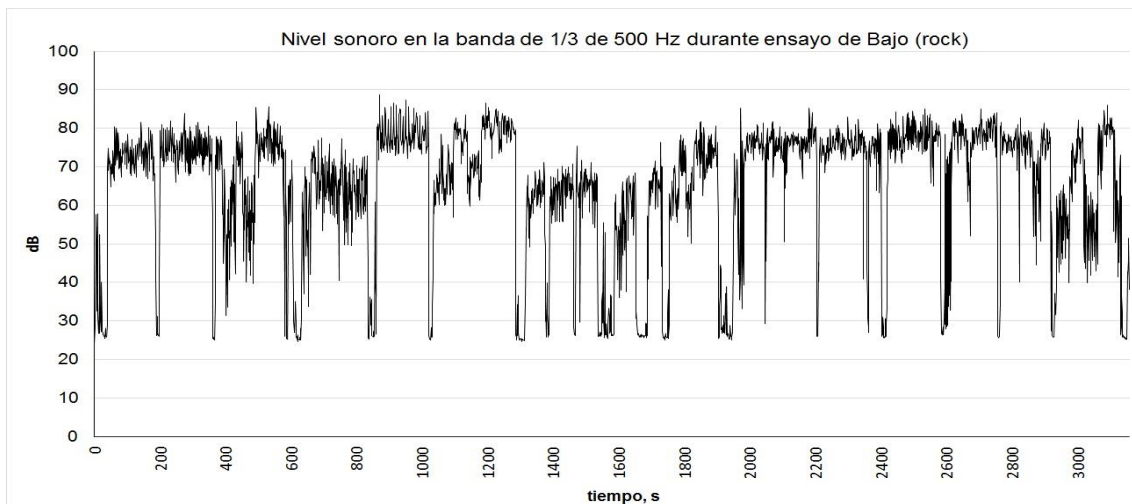
➤ Resultados del bajo:



En este caso se realizó una medición durante 1 hora y 13 segundos donde el tiempo de interpretación fue exactamente 50 minutos y 2 segundos. En este caso, los niveles sonoros son bastante menores en comparación con la guitarra y la batería. Se aprecia que durante el tiempo de interpretación se obtiene un $L_{A,eq}$ de 85,7 dBA, mientras que durante el tiempo total de medición el $L_{A,eq}$ es de 84,7 dBA. Se puede añadir que en el bajo, existe gran diferencia entre los niveles sonoros en $L_{A,eq}$ y $L_{C,eq}$ ya que la presencia de frecuencias graves es muy significativa.

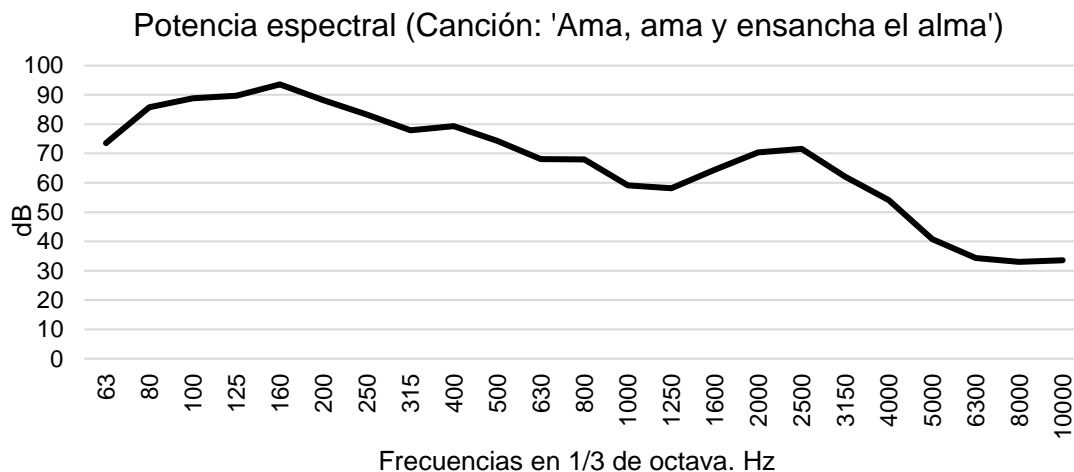
En este caso, durante la interpretación, al obtener un $L_{A,eq}$ de 85,7, no se supera el límite máximo de exposición (87 dBA) durante una jornada de trabajo de 8 horas.

En el análisis espectral se realizó una grabación de 52 minutos y 38 segundos, con el sonómetro en modo analizador espectral. Durante ese tiempo se ejecutaron los 15 temas con una duración total de 49 minutos y 44 segundos. La siguiente figura representa la evolución del nivel sonoro (dB) en la banda de tercio de octava de 500 Hz.



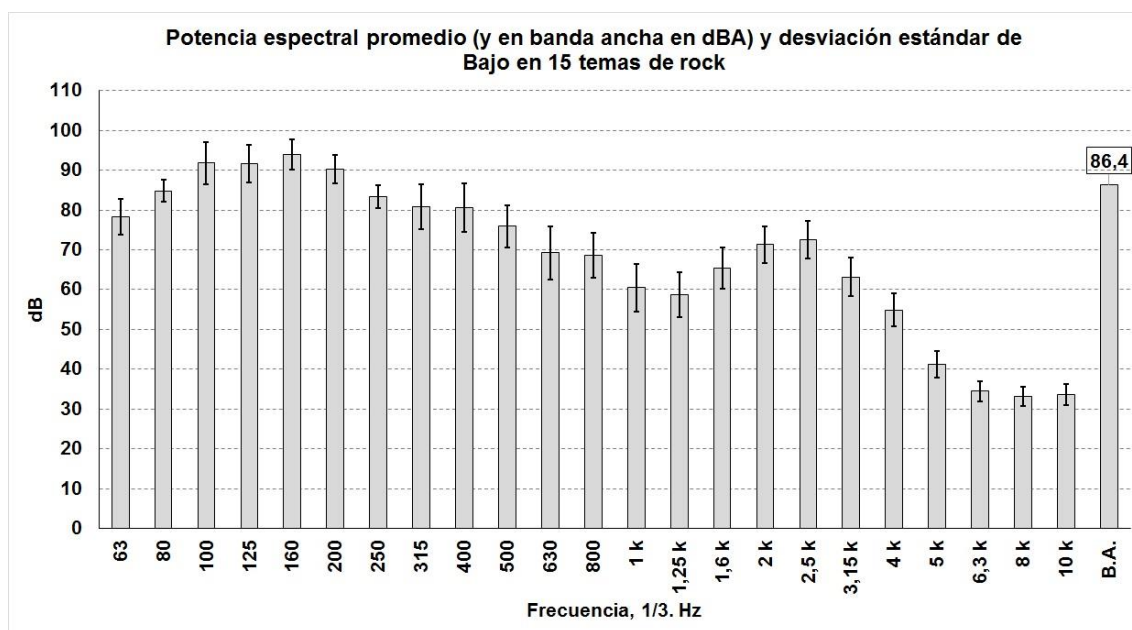
Visualizando la figura, podemos apreciar que en la banda de 500 Hz, el bajo tiene unos niveles en cada canción sobre los 80 dB, teniendo a su vez, en los temas acústicos, menor nivel sonoro.

El análisis más específico en cada uno de los temas, nos lleva a la misma conclusión que en los casos anteriores con la guitarra y la batería: cada canción sigue un patrón muy similar.



Se toma en este caso a modo de ejemplo, la canción número 1, “Ama, ama y ensancha el alma”. Se puede ver que el bajo tiene mucha presencia en frecuencias bajas llegando a sobrepasar los 90 dB en la frecuencia de 160 Hz. En la zona de medios pierde presencia para de nuevo, en la zona de los 2 KHz, volver a tomar un poco más de presencia pero no la suficiente como para llegar a afectar al oído humano.

Respecto a la frecuencia espectral promedio se ve reflejada en la siguiente figura:



Como se contempla, la gráfica es similar a la mostrada anteriormente con la canción número 1. Vemos que solo se superan los 90 dB en las bajas frecuencias, desde 100 a 200 Hz. El nivel global de banda ancha es de 86,4 dBA. Estos resultados son durante el tiempo de ejecución (49 minutos y 44 segundos). De esta forma, tomando este valor como nivel representativo durante el tiempo de ejecución, no se sobrepasaría los 87 dBA durante una jornada laboral de 8 horas.

Como conclusiones al estudio realizado podemos resumir los datos de la siguiente manera:

- Un grupo de Rock, durante aproximadamente una hora, es capaz de tocar 15 temas de forma continua. En este caso, con un repertorio variado incluyendo dos temas acústicos en mitad de este, han tenido unos niveles sonoros de 103,5 dBA en el nivel sonoro continuo equivalente. Con estas cifras, para tener una exposición diaria equivalente a los 87 dBA en lo que dura una jornada laboral, con estar expuestos aproximadamente 11 minutos, ya habríamos cumplido la dosis diaria permitida.

- Lo mismo pasa en los casos de la batería y la guitarra eléctrica. Con aproximadamente 6 minutos y 33 segundos se superan los niveles diarios de exposición permitidos por el Real Decreto 286/2006. Además, estos dos instrumentos poseen importante presencia en frecuencias situadas en la zona de los 2 KHz y puede perjudicar directamente a la capacidad auditiva.

- Por parte del bajo, al emitir en frecuencias menores, no llega a alcanzar los niveles límites permitidos y se sitúa en frecuencias relativamente cómodas para nuestros oídos aunque su gran presencia en frecuencias graves a la larga puede ser bastante molesto.

- Se debe tener en cuenta que este grupo formado por tres personas, no son músicos profesionales. Tampoco contaban con un equipo de sonido profesional como el que poseen los grupos de música más reconocidos. Las medidas se realizaron con el equipo más básico. Por lo tanto, podríamos decir que estos niveles son lo mínimo que pueden darse en un grupo de Rock.

- Respecto a las medidas preventivas, se debería de realizar un nuevo estudio para conocer el impacto de estas dentro de un grupo de Rock. Aun así, en este caso sería aconsejable que los tres miembros utilizaran protectores auditivos con al menos una atenuación de 17 dB. Otra medida sería utilizar monitorización in-ear y eliminar la monitorización clásica para reducir los niveles existentes dentro del escenario. Por último, aunque en este caso se realizó, organizar el repertorio siempre es necesario para dar un descanso a los oídos. Destacar que en este caso, los temas acústicos se colocaron en mitad del repertorio por este mismo hecho.

- Por último, durante las horas de estudio individual, el bajista es el único de los tres que puede prescindir de algún tipo de protección individual, aunque siempre se recomienda su uso.

8.2 Txaranga.

En este nuevo estudio, se ha realizado la sonometría en la “Txaranga Igandea”. Se llevó a cabo una grabación de un ensayo de 3 horas, 46 minutos y 42 segundos. Durante ese tiempo, se ejecutaron 39 temas, con una duración total de 1 hora y 56 segundos.

Tabla 10. Nivel sonoro de canciones interpretadas por "Txaranga Igandea".

CANCION	LA,eq	LC,eq
1	106,2	108,0
2	108,3	109,9
3	106,1	107,9
4	106,5	108,1
5	106,9	108,5
6	104,5	106,5
7	104,6	106,4
8	105,7	107,9
9	105,0	107,2
10	105,2	106,8
11	106,0	107,8
12	106,7	108,7
13	106,3	107,8
14	106,0	107,7
15	106,3	107,9
16	105,6	107,3
17	105,2	106,9
18	105,4	106,8
19	105,6	106,8
20	105,1	106,4
21	105,2	107,0
22	101,0	103,5
23	104,5	106,6
24	105,1	106,3
25	102,1	103,4
26	101,7	103,2
27	103,0	104,3
28	103,9	105,1
29	105,5	106,6
30	104,3	105,7
31	103,4	104,7
32	101,4	102,8
33	99,8	101,7
34	106,1	107,9
35	104,2	105,7
36	104,2	105,8
37	105,4	107,8
38	103,4	105,2
39	106,3	108,1
TOTAL	104,7	106,4

La formación de la txaranga durante el día de la medición era la siguiente:

- Percusión: 1 bombo, 1 caja y 1 platos.
- 3 trompetas
- 3 saxofones
- 2 trombones
- 1 helicón

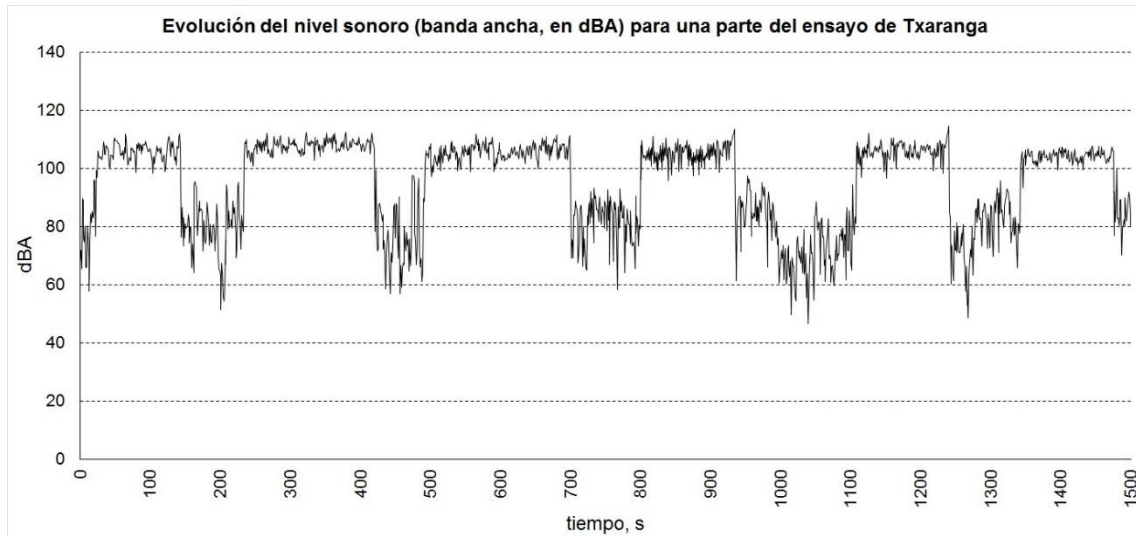
Durante sus actuaciones, lo normal es que en vez de 3 saxofones estén 2. Aun así, existen fechas de mucho trabajo como pueden ser grandes ferias como San Fermín o las fiestas grandes de Vitoria, donde se necesitan más refuerzos y no solo están con tres saxofones sino que incluso pueden llegar a llevar 5 trompetas y tres trombones. Este hecho puede provocar que en una de esas actuaciones en las que se den estos casos, el nivel sonoro que existiría en ese momento serían mayor.

Con respecto a las mediciones, de nuevo, el sonómetro se colocó de tal manera que quedase en el centro durante el ensayo y los músicos se situaron alrededor suyo. De esta forma al igual que en las mediciones en el grupo de Rock, se intenta que el sonómetro recoja los niveles representativos de la exposición de los músicos.



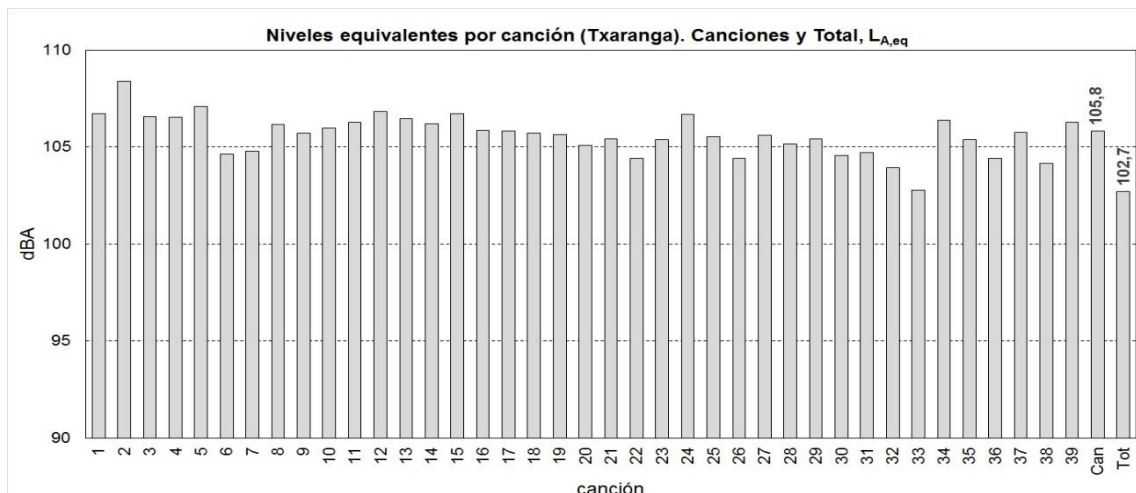
Ilustración 22. Posición del sonómetro durante la toma de medidas en "Txaranga Igandea".

De este modo, analizando los datos recogidos en modo sonómetro tenemos lo siguiente.



La figura representa 25 minutos del ensayo, lo que corresponde a 6 temas musicales. Como se puede ver, los niveles sonoros en cada canción sobrepasan los 100 dBA. Además, entre cada canción, se aprecia también que hay picos que pueden llegar a los 90 dBA. Esto sucede ya que entre canción y canción la actividad es variada: se comentan errores, a menuda algún músico repasa ciertos compases que le salen peor o entre 2 músicos de cuerda diferente, trompeta y saxofón, repasan algún apartado de la canción para comprobar que la armonía está bien hecha.

Se ha calculado el nivel sonoro continuo equivalente (L_{Aeq}) para cada uno de los 39 temas ejecutados durante el ensayo. La siguiente figura muestra tales índices por canción, su valor para el tiempo de ejecución de canciones y para el tiempo total del ensayo, valor este último, de 102,7 dBA.



Como se ve, los niveles equivalentes de los diferentes temas se encuentran en torno a los 105 dBA, con pequeña desviación estándar. Estos resultados lo son del tiempo de ejecución (1 hora y 57 minutos). Asumiendo este valor de 105,7 dBA como nivel representativo durante el tiempo de ejecución, el máximo tiempo de ejecución permitido para no sobrepasar los 87 dBA sería de aproximadamente, 6 minutos y medio.

Se puede apreciar claramente que en una txaranga los niveles de ruido son excesivamente altos durante un ensayo. Incluso están por encima de una hora de repertorio de un grupo de Rock. Las medidas preventivas que se podrían proponer en este caso quedan muy limitadas. Fuera de los ensayos, las txarangas tocan al aire libre y se desplazan por lo que la situación puede cambiar de un momento a otro: se puede estar tocando en una amplia plaza donde el sonido se pierde muy rápido; como se puede estar a los cinco minutos tocando entre calles muy estrechas donde el sonido coge más volumen; o dentro de un frontón donde los niveles de reverberación son muy altos y no solo afecta al volumen sino también a lo que se está interpretando haciendo que pierda claridad.

De este modo, durante sus actuaciones la única medida preventiva factible sería el uso de protectores auditivos y en especial en aquellos músicos que se sitúan delante cuando en formación, se van desplazando de un lugar a otro (generalmente suelen ser los percusionistas). Para estos casos, durante sus actuaciones otro método para intentar reducir los niveles a los que están expuestos, es regular la intensidad con la que tocan dependiendo del lugar donde se encuentren.

Respecto a las medidas que pueden implantarse en los ensayos, nombraríamos en primer lugar, una adecuación del local de ensayo. En este caso, la “Txaranga Igandea”, ensaya en la primera planta de una nave industrial localizada en un polígono. Esta zona no está cerrada, sino que está abierta al resto de la nave por lo que la reverberación que existe es muy alta y el sonido coge mucho volumen de forma rápida. Por lo tanto, sería conveniente adecuar el local bien cerrando ese espacio o colocando materiales acústicos alrededor.

Otra medida, además de los protectores auditivos, sería establecer un repertorio fijo para el ensayo, variar entre los temas más ruidosos y de menor intensidad y establecer diferentes descansos dependiendo del tiempo que se establezca para ensayar.

8.3 Profesorado.

En el ámbito de la docencia, se realizaron mediciones a profesores de la Escuela de Música Julián Gayarre de Noáin. Concretamente, se realizó una sonometría durante una tarde al profesor de batería, se realizaron varias sesiones de sonometría al profesor de trombón de varas y también una sesión de análisis espectral a este último.

➤ Profesor de batería:

Aquí se realizó una medición en modo sonometría que duró un total de 3 horas, 52 minutos y 10 segundos. Del total de este tiempo, se obtiene que el tiempo durante el cual se imparten clases es un total de 3 horas, 37 minutos ya que en su horario, el profesor posee un descanso de 5 minutos a mitad de la tarde. Durante el tiempo de interpretación se realizaron 7 clases individuales (5 por alumnos de primeros cursos y 2 por alumnos más avanzados) y 1 colectiva.

El aula de batería dispone de los siguientes instrumentos:

- 2 baterías acústicas.
- 1 batería electrónica con su respectivo altavoz para poder sonar.
- 1 marimba.
- 1 vibráfono.
- 3 congas.
- 1 djembe.
- 2 tímboles.
- 1 bongo.
- 2 pailas.

Es importante conocer los diferentes instrumentos percusivos que pueden llegarse a manejar en este tipo de clases ya que en las clases individuales el alumno puede tocar solo la batería, pero durante las clases colectivas en las que hay dos o más alumnos, pueden estar tocando varios instrumentos a la vez.

En este caso, al tratarse de una escuela de música, la sala donde se realizan las clases está bien acondicionada respecto al tema acústico. El inconveniente que se nos presenta es, que el aula de batería, al tener instrumentos que por su tamaño necesitan un espacio considerable. Al disponer de un solo sonómetro, se siguió el método que se ha

seguido en las anteriores situaciones: colocar el sonómetro en la zona más céntrica posible para poder recoger los niveles de la manera más representativa.



Ilustración 23. Posición del sonómetro en las clases de batería.

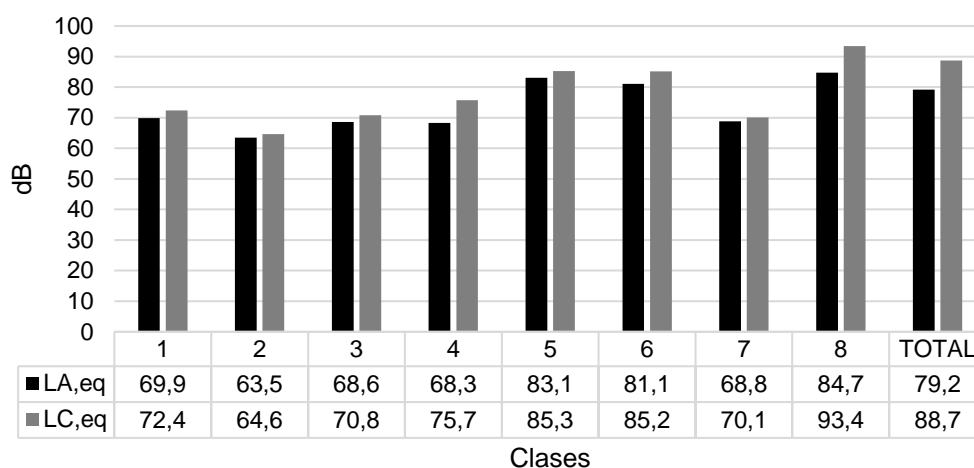
Respecto a los datos recogidos en la sonometría, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 11. Nivel sonoro de diferentes clases de batería.

CLASE	LA,eq	LC,eq
1 (Individual, alumno primeros años)	69,9	72,4
2 (Individual, alumno primeros años)	63,5	64,4
3 (Individual, alumno primeros años)	68,6	70,8
4 (Individual, alumno primeros años)	68,3	75,7
5 (Individual, alumno avanzado)	83,1	95,3
6 (Individual, alumno avanzado)	81,1	85,2
7 (Individual, alumno primeros años)	68,8	70,1
8 (Clase colectiva)	84,7	93,4
TOTAL	79,2	88,7

Como puede verse en la tabla, los niveles sonoros varían según el tipo de clase y del tipo de alumno. Lo normal es que con alumnos de primeros años, se dedique más tiempo a cosas técnicas como puede ser la colocación del cuerpo para tocar, sujetar las baquetas y realizar bien los golpes, además de temas más específicos dentro de la técnica. En cambio, en alumnos más aventajados, poseen mayor técnica por lo que sacan mayor sonido a los instrumentos.

Nivel equivalente por clases



Respecto al nivel equivalente total son 80 dBA en la duración de las clases. Este nivel es el que índice el Real Decreto 286/2006 como valor inferior de exposición que da lugar a una acción. En este caso, está legislado que el profesor no debería de llevar protector auditivo de manera obligatoria pero sí es aconsejable su uso.

Sobre al análisis espectral, no se realizó en este caso pero tomando el ejemplo del análisis espectral de la batería en el grupo de Rock, podemos afirmar que instrumentos percusivos como la batería posee mucha presencia en casi todas las bandas en tercio de octava al poseer instrumentos más graves como puede ser bombo e instrumentos con más brillo como los platillo.

Respecto a las medidas, poco se puede añadir. El profesor proporcionó información sobre cómo suele protegerse. Indicó que emplea protectores auditivos de alta calidad debido a que su profesión lo requiere. Además a partir del curso 16/17, se introdujo en clase la batería electrónica reduciendo de este modo los niveles de exposición. Aun así, es conveniente que cada vez que sea posible, los alumnos practiquen en la batería electrónica preferiblemente a las acústicas.

➤ **Profesor de trombón.**

Por último, se realizaron medidas en clases de trombón. En este caso, se realizó una sonometría con una duración de 1 hora 59 minutos y 50 segundos, donde se impartieron tres clases:

- 1 clase de 1 hora a un alumno avanzado.
- 2 clases de 30 minutos a alumnos más pequeños.

De nuevo, es importante detallar quienes han sido los alumnos a los que se ha dado clase para conocer el motivo de los diferentes niveles sonoros que se verán más adelante. Respecto a la posición del sonómetro, se usó la misma metodología que en los anteriores casos. Esta vez, se situó enfrente de la posición donde el alumno se suele colocar cuando da clase. El motivo es porque la mayor parte del tiempo, el profesor se sitúa delante de este para dar indicaciones, correcciones, etc. Además de este modo se evita que el sonómetro quede cerca de la ventana para que en caso que esta esté abierta para ventilar el aula, el ruido del exterior no pueda afectar de manera significativa a los resultados de la sonometría.



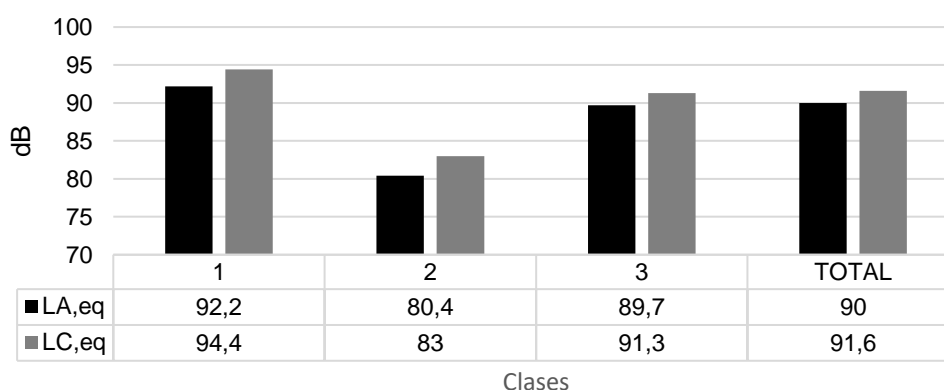
Ilustración 24. Posición del sonómetro en la clase de trombón.

Por lo tanto, los datos recogidos por el sonómetro son los siguientes:

Tabla 12. Nivel sonoro de diferentes clases de trombón.

CLASE	LA,eq	LC,eq
1 (Alumno avanzado)	92,9	94,4
2 (Alumno pequeño)	80,4	83
3 (Alumno nivel intermedio)	89,7	91,3
TOTAL	90,0	91,6

Nivel equivalente por clases



Como puede verse tanto en la tabla como en la gráfica, existe gran diferencia entre los niveles de exposición y el tipo de alumnos. Tenemos aquí que en la primera y la tercera clase, en la que los alumnos tienen más nivel, hay unos niveles superiores prácticamente a los 90 dBA. Por el contrario, en la segunda clase, al tratarse de un alumno con poca experiencia, los niveles a los que el profesor llega a estar expuesto es de 80,4 dBA.

Como nivel sonoro continuo equivalente a las casi dos horas de clase medidas, se obtiene que para las 3 clases es de 90 dBA. Y teniendo este valor como nivel representativo durante el tiempo de ejecución, el máximo tiempo de ejecución permitido para no sobrepasar los 87 dBA sería de aproximadamente 4 horas.

Respecto a las medidas preventivas a proponer, en este caso el profesor debería de llevar protectores auditivos ya que se superan los 87 dBA permitidos. Otra medida posible, sería organizarse las clases de tal manera que pudiese intercalar alumnos menos aventajados y más aventajados para dar cierto descanso a los oídos. Otra medida puede ser la posibilidad de que el alumno diese clase con sordina, aunque sería poco práctico ya que lo que interesa es que el alumno mejore en sonido y esto no ayuda mucho.

IV. CONCLUSIONES

Tras los resultados de las mediciones realizadas, además de lo expuesto anteriormente respecto a las patologías auditivas provocadas por el ruido, se puede afirmar que el sector de la música es un ámbito de claro riesgo auditivo para todos aquellos que están involucrados ya sean docentes profesionales, aficionados o espectadores.

La sordera es un riesgo grave pero a su vez “agradable” para el músico. ¿Por qué agradable? Pongamos, por ejemplo, dos situaciones: un taller con unos niveles sonoros de 105 dBA y un concierto de música en directo con el mismo nivel sonoro. El impacto en los oídos, prácticamente es el mismo, dependiendo también de la potencia espectral promedio. Aun así, en estas situaciones, en el taller, una persona sin protectores auditivos será incapaz de aguantar mucho rato. Por el contrario, constantemente la gente se somete a estos niveles durante conciertos de 2 o más horas. La música se considera como algo placentero y se tiene más tolerancia al respecto, pero no por ello lo hace menos dañino.

Como se ha visto en los resultados de las medidas, solo en las sonometrías realizadas al bajista de forma individual y al profesor de batería los resultados se situaban por debajo de los 85 dBA, por lo que no tienen la necesidad de llevar protectores auditivos. Aun así, a pesar de haber realizado mediciones, estimar el número de horas en que los músicos están expuesto a al ruido derivado de su actividad es muy complicado. Aquí entran factores como pueden ser: el tipo de actividad ya sean actuaciones, ensayos o clases, donde en las medidas hemos apreciado una diferencia significativa o el tipo de pieza musical que se interpreta y su duración.

Además, al tiempo de exposición, hay que añadir las horas extra que cada músico pueda añadir en su día a día ya sea realizando ensayos en casa, con otros grupos o impartiendo otro tipo de clases. Esto provoca que realizar una estimación de los niveles sonoros a los que están expuestos sea complicado.

Hemos visto también testimonios de nombres importantes dentro del mundo de la música. Nadie se salva de las graves consecuencias que provoca el ruido en nuestros oídos si no se toman las medidas preventivas necesarias. Una tesis publicada por Magne Nyvoll Temte, apuntaba que más del 40% de los músicos de orquesta sufren una pérdida de audición y que más del 75% padecen Tinittus y escuchan acúfenos.

Durante la ejecución de las medidas, todos aquellos músicos que participaron en ellas se interesaron por el estudio, sobre qué trataba, cual era objetivo, etc. Muchos de ellos desconocían el riesgo real que sufren cada vez que tocan. *“Yo después de sanfermines siempre termino como con un zumbido en el oído pero a los dos días se me quita”*, apuntaba un músico de la “Txaranga Igandea”. Otros conocían un poco el tema y habían intentado usar tapones de protección durante las actuaciones, pero no se sentían cómodos tocando con la sensación de aislamiento que les producían. Por último el profesor de trombón, nos reconoció que en los últimos años había notado pérdida de la capacidad auditiva al haber dedicado más horas a su profesión en los últimos años.

Por ello, es importante comenzar a crear una cultura preventiva en el sector de la música. Hay mucho desconocimiento sobre los riesgos que existen y sería adecuado que desde que alguien se inicia en el mundo de la música se le vaya informando de las consecuencias existentes a largo plazo y de las medidas preventivas existentes para reducir esos riesgos. La única forma en la que un músico se preocupa por la salud de sus oídos es cuando llega el día en el que después de un ensayo o una actuación siente molestias reales en el oído.

Como testimonio personal, puedo admitir que en más de 15 años dentro del sector de la música, nadie me ha dado información al respecto. Realizar este trabajo ha sido el único acercamiento que he tenido sobre prevención de riesgos con respecto al ruido al que nos exponemos los músicos. Realmente, se echa en falta una regulación específica y es evidente que tarde o temprano este colectivo necesitará una vigilancia y una sensibilización específica.

“La música no está en las notas sino en el silencio entre ellas.”

Wolfgang Amadeus Mozart.

X. BIBLIOGRAFIA

- ASISTEN, J. C. (2015). *"Edición de sonido en computadora, para proyectos en Clic, multimedia otras actividades educativas. Teoría y Práctica."*. Obtenido de Educ.ar:
<http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD13/contenidos/materiales/archivos/sonido.pdf>
- BEHAR, A., MACDONALD, E., LEE, J., CUI, J., KUNOV, H., WONG, W. (2004). *"Noise Exposure of Music Teachers"*. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. vol.: 1. pp: 243-247. 2004
- BRÜEL&KJÆR. (2000). *"Ruido Ambiental"*. Obtenido de Bksv.es:
<https://www.bksv.com/media/doc/br1630.pdf>
- CESVA. (2018). *Cesva Capture Studio*. Obtenido de
https://download.cesva.com/datasheets/sc310_es.pdf
- DIGÓN, A. G., & FERRER, P. (2015). *Configuración y ajustes de sistemas de sonido*. Tarragona: Publicaciones Altaria, S.L.
- ENRIC GUAUS, DAVID MONTERO, LLUIS SARRÓ; *"El concierto seguro"*, Revista de Acústica pp: 18-24, Vol. 48. Núm. 1-2, primer y segundo trimestre 2017.
- EUROPAPRESS. (29 de Noviembre de 2015). *13 músicos que padecen tinnitus (y escuchan constantemente ruidos y pitidos)*. Obtenido de europapress.es:
<http://www.europapress.es/cultura/musica-00129/noticia-13-musicos-padecen-tinnitus-escuchan-constantemente-ruidos-pitidos-20151129083148.html>
- FLETCHER, H. AND MUNSON, W.A. (1993). *"Loudness, its definition, measurement and calculation"*, *Journal of the Acoustical Society of America* 5, 82-108.
- IDOATE M. (2008). *"Salud laboral: Protocolos sanitarios específicos de vigilancia médica de los trabajadores (III). Exposición a ruido."* Documentos Técnicos de Salud Pública serie A. 1992; Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2014). *Protejamos el oído musical en las orquestas sinfónicas*. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2006). *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con la Exposición de los Trabajadores al Ruido*. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. (2006). *Ruido en los Sectores de la Música y el Ocio*. Madrid.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 287. *Hipoacusia laboral por exposición al ruido: Evaluación clínica y diagnóstico*. España. 1991.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 864. *Ruido en los sectores de la música y el ocio (I)*. España. 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 865. *Ruido en los sectores de la música y el ocio (II)*. España, 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 951. *Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias*. España. 2012.
- JORDÁ, S. (Octubre de 2003). *"Máster en Artes Digitales"*. Obtenido de Tecn.upf.es: <http://www.tecn.upf.es/~sjorda/ME2003/sonido1/Sonido.pdf>
- LEY 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de riesgos Laborales. (BOE núm. 269, de 10 de noviembre de 1995, páginas 32590 a 32611).
- MAGGIOLO, D. (2003). *"Apuntes de acústica musical. Sonoridad"*. Obtenido de eumus.edu.uy: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/son.html#top>
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO. (2000). *Protocolos de vigilancia sanitaria específica: Ruido*. España.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE. (2016). *"Conceptos del Ruido Ambiental"*. Obtenido de mapama.gob.es: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/contaminacion-acustica/conceptos-basicos-ruido-ambiental/>
- MILLÁN, M. J. (2015). *Valoración de Evaluaciones Higiénicas del Ruido en Orquestas Sinfónicas Españolas*. Sevilla.
- NAVARRO, J. M. (2013). *Riesgo Higiénico por exposición al ruido en los profesionales de la música. Fuentes, daños y control de la exposición*.
- ORTIZ, J. G. (2010). *Acústica y fundamentos del sonido (E-Learning)*.
- RUMSEY, F., & MCCORMICK, T. (2008). *Sonido y grabación*. Barcelona: Omega.
- SONOGRAF, E. D. (2013). *Física del Sonido*. Pamplona.
- NAVARRO, J. M. (2013). *Riesgo Higiénico por exposición al ruido en los profesionales de la música. Fuentes, daños y control de la exposición*.
- REAL DECRETO 286/2006, 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (BOE núm. 60, de 11 de marzo de 2006, páginas 9842 a 9848).
- 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 BOE núm. 60, de 11/03/2006
- SOLÉ, M. D. (2005). Programa de Vigilancia de la Salud de los trabajadores expuestos a ruido. *INSHT*, 16-28.
- UÑA GOROSPE, MIGUEL ANGEL. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. Ruido. Ministerio de sanidad y consumo. Madrid. 2000.