



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008  
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-C002

## **Exposición sonora resultante del uso de auriculares. Su medición**

Alberto Behar<sup>(a)</sup>,  
Christian Giguère<sup>(b)</sup>,  
Tim Kelsall<sup>(c)</sup>

(a) University of Toronto, 164 College Street, Toronto (ON), Canada M5S 3G9, E-mail: alberto.behar@utoronto.ca

(b) University of Ottawa 451 Smyth Road Ottawa (ON), Canada K1H 8M5, E-mail: cgiguere@uottawa.ca

(c) Hatch Associates Ltd. 2800 Speakman Drive Mississauga (ON), Canada L5K 2R7, E-mail: tkelsall@hatch.ca

### **Abstract**

Several standards provide procedures for the measurement of occupational noise exposure. They concentrate in situations where the sources are far from the ear of the subject. However, in some cases the sound source is placed close to or even occludes the ear (e.g., headsets). In this case the measurements have to be performed using different equipment and techniques. There are two ISO Standards: 11904-1 and 11904-2 that provide procedures for this kind of measurements. The first one uses the MIRE (Microphone in the Real Ear) technique, while the second uses a manikin equipped with one or two artificial ears. Measurements must then be converted to equivalent diffuse or free-field levels through third-octave calculation procedures. The Australian/New Zealand Standard AS/NZS 1269.1:2005 proposes the use of a wide-band artificial ear or manikin for headphones and an occluded ear simulator for insert earphones, and single number corrections to convert to equivalent diffuse-field levels. In most cases people adjust the sound level under a headphone or ear bud so that speech is easily understood above the background noise permeating the device. The SNR is usually set at around 15 dB. This fact provides another way of assessing the noise level at the ear, by measuring the background noise corrected by the attenuation of the headset (if there is any) and then correcting for the expected SNR and speech signal duration

### **Resumen**

En esta presentación se revisan diferentes métodos de medición de la exposición sonora resultante cuando se usan auriculares en el lugar de trabajo. Los métodos consisten en el uso de maniqués, oídos artificiales, y mediciones dentro del oído. Se incluye también un método de cálculo de la exposición sonora, usando los datos del ruido ambiente, y la atenuación del auricular. Dicho método tiene la ventaja de facilitar la implementación de controles que reduzcan la exposición.

## **1 Introducción**

Varias normas nacionales e internacionales presentan procedimientos para la medición de la exposición sonora. Todas ellas están diseñadas para mediciones con la fuente de ruido alejada del oído del operario. Sin embargo, a veces la fuente esta sobre o incluso dentro del oído, como es el caso con los auriculares. En estas circunstancias la medición se debe realizar usando equipos y técnicas diferentes.

Dos normas ISO: 11904-1 y 11904-2 incluyen procedimientos para este tipo de mediciones.<sup>1,2</sup> La primera utiliza la técnica conocida como MIRE (Microphone in the Real Ear). La segunda utiliza un maniquí equipado con un o dos oídos artificiales. Los resultados de las mediciones se deben convertir en niveles sonoros equivalentes en campo libre o difuso, mediante cálculo basados en el contenido armónico del ruido, en octavas o tercios de octava.

La norma australiana y de Nueva Zelanda AS/NZS 1269.1<sup>3</sup> propone el uso de un oído artificial o del maniquí para este propósito. La conversión de los resultados para campo libre se efectúa, de acuerdo con esta norma, sustrayendo un número fijo de dB.

Habitualmente, los operarios ajustan el nivel de la señal percibida debajo del auricular, para mejorar la relación señal-ruido y así mejorar la comprensión de la palabra. Esta relación generalmente es del orden de los 15 dB. Este hecho provee otro método para evaluar el nivel sonoro transmitido al oído, midiendo el nivel sonoro ambiente, corrigiéndolo por la atenuación del auricular (en el caso de que ofrezca atenuación sonora) y, finalmente añadiendo la relación señal-ruido. Por supuesto, la duración de la señal es otra variable que se debe tener en cuenta.

El presente trabajo examina los documentos arriba expuestos, discutiendo sus ventajas y problemas.

## **2 Medición de la exposición sonora**

### **2.1 Fuente sonora en campo libre**

La mayoría de las normas existentes, tales como la ISO 9612<sup>5</sup>, ANSI S12.19<sup>6</sup>, o la CSA Z107.567 están diseñadas para medir la exposición sonora en el campo libre, usando medidores de nivel sonoro integrador o dosímetros. En el caso del medidor integrador estas mediciones se deben realizar colocando el micrófono en la posición del operario y sin que el este presente, Usando el dosímetro, el micrófono debe estar cerca del oído del sujeto, sobre el hombro, para minimizar la influencia del cuerpo de la persona. Las normas especifican la duración de la medición así como las veces que hay que repetirla para que sea representativa. Las normas difieren en cuanto a los detalles, pero básicamente son muy similares.

### **2.2 Fuente sonora cercana al oído.**

La medición del nivel sonoro en oídos ocluidos por auriculares es mas difícil y requiere instrumental y tecnicas especiales. Durante la medición, el operador debe poder continuar con sus actividades habituales, algo que no siempre es fácil en un lugar de trabajo. Finalmente, los resultados de la medición se deben convertir en niveles equivalentes en campo libre. Esto es necesario para poder aplicar los limites de exposición, que han sido creados para una exposición en campo libre. Es bien sabido que, debido a la resonancia del canal auditivo externo, los niveles sonoros a algunas frecuencias sufren una amplificación de hasta 15 dB. Para la palabra o la música el incremento total puede oscilar entre 4 dB y 9 dB.

### 3 Normas existentes

#### 3.1 ISO 11904-1

La norma ISO 11904 presenta dos métodos de medición. El primero, bajo el número ISO 11904-1 utiliza la técnica de insertar un micrófono en el canal auditivo externo (técnica MIRE1). Para ello el micrófono, o uno de los extremos de un tubo plástico (en cuyo otro extremo está colocado el micrófono) se introducen en el canal, en cualquier posición entre la entrada y el tímpano. La medición se realiza en 1/3 bandas de octavas. La norma provee funciones de transferencia para tres situaciones: (1) tímpano, con el oído no ocluido (2) entrada del canal (oído no ocluido) y (3) entrada del canal (oído ocluido). Para cualquier otra configuración, la función debe ser obtenida experimentalmente. La norma provee además la estimación del error asociado a la medición.

Si bien este método es el más directo y, por esta razón más exacto, su aplicación en un sitio de trabajo es poco menos que imposible, ya que poca gente aceptaría la introducción del tubo o el micrófono en el oído. Tampoco trabajar con estos objetos introducidos en el oído y los cables colgando es una proposición inaceptable para el operario.

#### 3.2 ISO 11904-2

ISO 11904-2 hace uso de un maniquí, que reproduce los parámetros y el efecto acústico del oído humano, la cabeza y el torso. La construcción del maniquí y sus propiedades deben responder a la norma ITU-T P.58.8. El micrófono propiamente dicho está situado dentro de la cabeza. La medición se realiza también en bandas de 1/3 de octava y luego se transforma en dBA equivalente al campo abierto, tal como se describió más arriba. Para poder usar el maniquí, ambos, el maniquí y el operario deben estar equipados con auriculares idénticos y recibir la misma señal en paralelo.

La ventaja de este método, frente al anterior es de que el operario no está afectado directamente por la medición y puede desarrollar sus tareas de manera habitual sin interferencia alguna.

#### 3.3 AS/NZS 1269.1

La norma conjunta australiana/nueva zelandesa AS/NZS 1269.1<sup>3</sup>, en su Apéndice C: “*Recommended procedures for measurement of sound pressure levels from headphones or insert earphones*” describe varios procedimientos e instrumental a utilizar para la medición que nos interesa. El Apéndice no es de uso obligatorio.

El primer procedimiento requiere el uso de dos auriculares idénticos, conectados en paralelo. El primero es usado por el individuo cuya exposición se desea medir, mientras que el segundo se aplica a un oído artificial tipo IEC 60318-1/2<sup>9</sup> o un maniquí tipo IEC 60959<sup>10</sup>. Si se desea medir un auricular miniatura que se introduce en el oído, entonces se debe utilizar el simulador de oído ocluido tipo IEC 60711<sup>11</sup>. La salida de cualquiera de los instrumentos arriba especificados se conecta a un medidor de nivel sonoro (MNS) tipo 1 o a un instrumento de características similares. La corrección necesaria para igualar la medición a esta efectuada en campo libre es un número fijo de dBA, que varía entre -3 dBA para  $L_{Peak}$  medido con el simulador de oído ocluido hasta -8 dBA para  $L_{eq, T}$  en el caso del oído artificial de banda ancha.

El Apéndice contiene además varios métodos alternativos, uno tipo MIRE, otro usando el maniquí y, finalmente un método indirecto donde se mide la señal eléctrica que llega al auricular. Los resultados de las mediciones se deben corregir por el problema de la equivalencia de los campos abierto y ocluido, corrección que ha sido explicada más arriba.

La ventaja del método AS/NZS 1269.1 radica en el uso del oído artificial, instrumento fácil de transportar y de uso no sofisticado. No obstante, se le critica la falta de exactitud y el hecho de no existir trabajos que comparen los resultados obtenidos por este método con otros reconocidos internacionalmente. También el cierre del auricular contra el oído es problemático. Un nuevo oído artificial con pabellón e imitación de la piel que rodea al oído, tal vez permita sortear los problemas enunciados.

#### 4 Calculando la exposición sonora

Este método, de origen canadiense, que todavía no ha sido normalizado, se caracteriza por su simplicidad y por el hecho de que puede ser usado por un higienista industrial o por una persona que realiza relevamientos de exposición sonora.

El fundamento del método consiste en que para una buena comprensión de la palabra, la persona que usa el auricular generalmente incrementa el volumen de la señal en unos 15 dBA. De modo que la señal que entra en el oído será igual a la suma del nivel sonoro ambiente, reducido por la atenuación de los auriculares (= 0 en la mayoría de los casos), e incrementada por los 15 dB de la relación señal–ruido, indicada mas arriba. Por supuesto, para estimar el nivel de ruido equivalente es necesario corregir los valores de acuerdo con la duración de la exposición.

Dos ejemplos utilizando auriculares con y sin atenuación están descriptos a continuación en las tablas 1 y 2. La atenuación del ruido ambiente por el auricular se debería ingresar en el cálculo en bandas de 1/3 de octavas, pero en el ejemplo del cálculo y por razones de simplicidad, se ha utilizado un número de dBA. .

**Tabla 1:** Calculo suponiendo que la atenuación del auricular es 0 dB

	SL, dBA	Duracion, Hr
Nivel de ruido ambiente	70	8
Atenuación del auricular	0	
Nivel sonoro bajo el auricular	70	
Nivel sonoro bajo el auricular con la señal presente	85	
Duración de la señal		1
Duración sin la señal		7
<b>Lex debido al ruido ambiente</b>	<b>70</b>	<b>8</b>
<b>Lex resultante de la señal solamente</b>	<b>76</b>	<b>8</b>
<b>Lex total</b>	<b>77</b>	<b>8</b>

**Tabla 2:** Cálculo suponiendo que la atenuación del auricular es 20 dBA

	SL, dBA	Duration, Hr
Nivel de ruido ambiente	80	8
Atenuación del auricular	20	
Nivel sonoro bajo el auricular	60	
Nivel sonoro bajo el auricular con la señal presente	75	
Duración de la señal		1
Duración sin la señal		7
<b>Lex debido al ruido ambiente</b>	<b>60</b>	<b>8</b>
<b>Lex resultante de la señal solamente</b>	<b>66</b>	<b>8</b>
<b>Lex total</b>	<b>67</b>	<b>8</b>

Se puede observar, que a menos que los auriculares se utilicen durante periodos muy breves, el nivel  $L_{ex}$  resultante será básicamente el del ruido ambiente, reducido por la atenuación del auricular. En tal caso se puede asumir que la exposición sonora será igual al nivel ambiente más 15 dBA, y reducida por la atenuación del auricular (= 0 en la mayoría de los casos).

## **5 Proyecto de apéndice para una norma**

La norma canadiense Z107.56 "*Method for the measurement of occupational noise exposure*" trata también la medición de la exposición en campo libre. La norma no contiene información alguna para la medición de la exposición de fuentes localizadas cerca del oído de la persona expuesta.

A mediados del 2007 fue creado un grupo de trabajo dentro de la CSA con la tarea específica de llenar este vacío produciendo un apéndice para la norma, con uno o varios métodos de medición. Los miembros del grupo son especialistas en diversas áreas, incluyendo staff universitario, miembros de la policía, audiólogos y miembros de organismos del estado. La idea es revisar las normas existentes y producir un documento que contenga varios métodos de exactitud y grado de dificultad diferentes. Así la persona que va a hacer la medición podrá utilizar el método para el cual tiene el instrumental y con el cual se sienta cómodo.

Se espera que el primer borrador (draft) del apéndice esté terminado para fines del corriente año.

## **Agradecimiento**

Los autores del presente trabajo agradecen la contribución de los miembros del Grupo.

## Referencias

- <sup>1</sup> ISO 11904-1, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear: Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)* (International Organization for Standardization, 2002).
- <sup>2</sup> ISO 11904-2, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear: Part 2: Technique using a maniquí (maniquí technique)* (International Organization for Standardization, 2004).
- <sup>3</sup> AS/NZS 1269-1, *Occupational noise management Part 1: Measurement and assessment of noise immission and exposure* (Standards Australia and Standards New Zealand, 2005).
- <sup>4</sup> C. Giguère and C. Laroche, “Hearing loss prevention program in the military environment,” *Canadian Acoustics* **33**(4), 21-30 (2005).
- <sup>5</sup> ISO 9612, *Acoustics – Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment* (International Organization for Standardization, 1997).
- <sup>6</sup> ANSI S12.19, *American National Standard Measurement of Occupational Noise Exposure* (American National Standards Institute 1996 (R2006)).
- <sup>7</sup> CSA Z107.56, *Procedures for the Measurement of Occupational Noise Exposure* (Canadian Standards Association, 2006).
- <sup>8</sup> ITU-T P.58, *Series P: Telephone transmission quality — Objective measuring apparatus: Head and torso simulator for telephony* (International Telecommunication Union, 1996).
- <sup>9</sup> IEC 60318-1/2, *Electroacoustics – Simulators of the human head and ear. Part 1: Ear simulator for the calibration of supra-aural earphones. Part 2: An interim coupler for the calibration of audiometric earphones in the extended high-frequency range* (International Electrotechnical Commission, 1998).
- <sup>10</sup> IEC/TR 60959, *Provisional head and torso simulator for acoustic measurements on air conduction hearing aids* (International Electrotechnical Commission, 1990).
- <sup>11</sup> IEC 60711, *Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by ear inserts* (International Electrotechnical Commission, 1981).