

NORMA MEXICANA

NMX-S-053-SCFI-2002

**SEGURIDAD – EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL –
PROTECTORES AUDITIVOS – DETERMINACIÓN DE LA
ATENUACIÓN EN OIDO REAL**

**SAFETY – PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT – HEARING
PROTECTION DEVICES – MEASUREMENT OF REAL EAR
ATTENUATION**

PREFACIO

Esta Norma establece el método de medición basado en pruebas de laboratorio en oído real para determinar la atenuación de los protectores auditivos.

En la elaboración de la presente norma participaron las siguientes empresas e instituciones:

- Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad, A. C.
- Asociación Mexicana de Higiene Industrial, A. C.
- Aeero Company.
- American Optical de México, S. A. de C. V.
- Arti-Plast S.A.
- Bukrisa Comercio Internacional, S. A. de C. V.
- Comaudi, Audición y Ruido.
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, A. C.
- Comercializadora Aoshi S. A. de C. V.
- Howard Leight – Bacou – Dalloz
- Ingeniería Acústica Spectrum, S. A. de C. V.
- Instituto Mexicano de Audición y Lenguaje A. C.
- Instituto Mexicano del Seguro Social – Coordinación de Salud en el Trabajo.
- Moldex – Metric International L. L. C.
- Petróleos Mexicanos – Refinación.
- Servicios de Higiene y Ecología Industrial S.A.
- Sociedad Mexicana de Medicina del Trabajo, A. C.
- Secretaría de Economía - Centro Nacional de Metrología.
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social – Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Secretaría de Salud – Dirección General de Salud Ambiental.
- Tecnología en Seguridad Integral S. A. de C. V.
- 3M México, S. A. de C. V.
- Vpr Análisis Ambientales, S. A. de C.V.
- Willson Mexicana, S. A.

ÍNDICE

0	INTRODUCCIÓN	4
1	OBJETIVO	5
2	CAMPO DE APLICACIÓN	5
3	REFERENCIAS	5
4	DEFINICIONES	6
5	SÍMBOLOS	7
6	CLASIFICACIÓN Y DESIGNACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS	7
7	MATERIALES DE FABRICACIÓN	7
8	MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA ATENUACIÓN EN OÍDO REAL	8
	8.1 RESUMEN	8
	8.2 Requerimientos del lugar y equipos de prueba	8
	8.3 Sujetos de prueba	12
	8.4 Muestras del protector	14
	8.5 Método de prueba	14
	8.6 Procedimiento	15
	8.7 Cálculo de la atenuación en oído real	17
	8.8 Fuerza de ajuste en orejeras y diademas.	18
9	MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE AJUSTE DE OREJERAS Y DIADEMAS	18
	9.1 Resumen	18
	9.2 Aparatos e Instrumentos	18
	9.3 Procedimiento	19
	9.4 Resultados	19
10	INFORME DE LA PRUEBA	23
11	MARCADO Y ETIQUETADO	24
	11.1 Generales	24
	11.2 Instructivos	24
	11.3 Datos de atenuación	24
	11.4 Advertencias	25
	11.5 Etiqueta opcional	25
12	BIBLIOGRAFÍA	25
13	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	27

NMX-S-053-SCFI-2002 SEGURIDAD – EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL – PROTECTORES AUDITIVOS – DETERMINACION DE LA ATENUACION EN OIDO REAL

0 INTRODUCCIÓN

La exposición al ruido es un factor de riesgo frecuente en los centros de trabajo. Puede provocar daño permanente al sistema auditivo así como otros efectos fisiológicos y psicológicos.

Con el fin de disminuir este riesgo, en los centros de trabajo normalmente se proporcionan protectores auditivos al personal expuesto a ruido, en algunos casos, como única alternativa de control. Por lo tanto, es vital predecir la atenuación que pueden proporcionar los protectores.

La reducción del nivel de presión acústica cuando se usa el protector se debe calcular en base a los valores de atenuación del protector por bandas de octava y las características del espectro acústico específicas del centro de trabajo.

0.1 La importancia del factor humano

La interacción entre el protector y el canal auditivo del sujeto, así como la forma en que el sujeto se coloca y ajusta el protector son elementos críticos para los resultados de la prueba de atenuación. Por esto, las pruebas de laboratorio se deben realizar con seres humanos (de aquí la denominación “atenuación en oído real”) y no en dispositivos de pruebas acústicas como lo es un oído artificial.

0.2 Factor único de atenuación

Esta Norma establece como valor único de atenuación el factor de nivel de reducción a ruido designado NRR.

Con el objetivo de facilitar el proceso de selección de protectores auditivos, internacionalmente se han desarrollado varios procedimientos de cálculo matemático que integran los diferentes valores de atenuación por bandas de octava en un factor único de atenuación del protector en cuestión, denominado NRR (Noise Reduction Rating) en E.U.A. y SNR (Single Number Rating) en la Comunidad Europea.

Un efecto no deseado del uso de este factor, es que ha suscitado que la selección de protectores auditivos, en muchos casos, se convierte en un juego de números en el que se le da importancia injustificada al factor único de atenuación ostentado por el protector. En algunos casos las decisiones de adquisición se fundamentan en diferencias de sólo 1 dB cuando en la Norma Internacional ISO 4869 – 2: 1994, se menciona que diferencias de hasta 3 dB en este parámetro, no son significativas para comparar protectores auditivos. Por otra parte, también ha provocado que se le reste importancia a otros aspectos que son fundamentales para la selección del protector como lo son que proporcione el confort para ser utilizado correctamente el cien por ciento del tiempo de exposición, así como las necesidades individuales de comunicación y la compatibilidad con otros equipos de protección personal.

El empleo de protectores auditivos sin la adecuada selección, ajuste correcto y cuidado puede resultar en una protección mucho menor que los valores de atenuación resultantes de los procedimientos del método de prueba especificado en esta norma.

Esta norma incluye un apéndice informativo con la guía de selección y buen uso de protectores auditivos.

0.3 Pruebas físicas

Se considera que las pruebas físicas de los protectores auditivos, tales como la resistencia a caídas y a condiciones ambientales extremas, que determinan la calidad y durabilidad del producto, deben contar con métodos normalizados de prueba. Sin embargo, no es objeto de esta Norma establecer dichos métodos, los cuales serán contemplados en una Norma futura. El método para determinar la fuerza de ajuste de las bandas de conchas auditivas y diademas con tapón auditivo se describe en el capítulo 9, por considerarse que dicho valor incide en la atenuación de los protectores.

0.4 Informar y capacitar

En el capítulo 11 Marcado y etiquetado se determina el contenido específico que debe incluirse en cuanto a instrucciones, advertencias y recomendaciones con el fin de brindar una mejor información a los usuarios de los protectores.

El proporcionar información pertinente y expectativas realistas de atenuación, redundará en programas de conservación de la audición que le dan la debida importancia a los aspectos que los harán efectivos: capacitación, motivación y supervisión, enfatizando que la capacitación a los trabajadores es vital para evitar daños a la salud por la exposición a ruido.

1 OBJETIVO

Esta Norma establece el método de medición basado en pruebas de laboratorio en oído real para determinar la atenuación del nivel de presión acústica de los protectores auditivos.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica al equipo de protección personal auditivo para los trabajadores expuestos a ruido en los centros de trabajo. Este método no es aplicable para medir la atenuación en los siguientes casos:

- a) Protectores auditivos sensibles a la amplitud. La atenuación de estos dispositivos está diseñada para incrementarse a niveles de presión acústica elevados, sin embargo, el método que se especifica en esta Norma no es adecuado para medir este efecto.
- b) Protectores auditivos diseñados para atenuar ruido impulsivo, como el generado por prensas troqueladoras para los cuales actualmente no existen métodos normalizados de prueba.

3 REFERENCIAS

No existen referencias normativas para esta norma.

4 DEFINICIONES

- 4.1 Atenuación en oído real:** Para una señal de prueba dada, es la diferencia en decibeles, entre el umbral de audición con y sin protector auditivo para un sujeto de prueba.
- 4.2 Campo sonoro difuso:** Campo sonoro cuya densidad de energía es uniforme y, en el cual, la propagación del sonido es igualmente probable en todas direcciones.
- 4.3 Concha auditiva; orejera:** Protector auditivo que cubre por completo la oreja y es mantenido en su lugar por medio de un sistema de suspensión.
- 4.4 Concha auditiva (orejera) montable en casco:** Aquella cuyo sistema de suspensión se fija al casco de seguridad.
- 4.5 Diadema con tapón auditivo; diadema:** Tapones auditivos sujetos mediante una banda semirígida.
- 4.6 Factor de Nivel de Reducción a Ruido (NRR):** Factor único de atenuación de un protector auditivo determinado conforme al método especificado en esta norma.
- 4.7 Oído real:** Sistema auditivo de un sujeto de prueba. Este término refiere que la prueba mencionada se lleva a cabo en una persona y no en un oído artificial.
- 4.8 Protector auditivo:** Equipo de protección usado por una persona para prevenir efectos auditivos no deseados debido a estímulos acústicos.
- 4.9 Punto de Referencia:** Punto fijo dentro de la cámara de prueba, con relación al cual el sujeto de prueba es colocado de tal forma que el punto medio de una línea imaginaria que une las entradas de sus canales auditivos, coincida con este punto de referencia. Es el punto al cual todas las mediciones objetivas de las características del campo sonoro son referidas.
- 4.10 Ruido:** Todo sonido el cual debido a sus características de nivel, frecuencia y duración puede ser nocivo, molesto o interferir la comunicación.
- 4.11 Ruido rosa:** Es el ruido de densidad espectral de presión acústica la cual es inversamente proporcional a la frecuencia.
- 4.12 Sistema de suspensión:** Dispositivo que mantiene al protector auditivo en la cabeza del usuario.
- 4.13 Tapón auditivo:** Protector que se inserta dentro del canal auditivo.
- 4.14 Tapón auditivo moldeable por el usuario (desechable):** Tapón al cual el usuario le da forma antes de insertarlo en el canal auditivo.

- 4.15 Tapón auditivo premoldeado:** Aquel que no es moldeable por el usuario previo a su inserción, generalmente cuenta con un vástago a fin de sujetarlo sin tocar la parte del tapón que entra en contacto con el conducto auditivo.
- 4.16 Tiempo de reverberación:** Es el tiempo requerido para que el nivel de presión acústica decrezca 60 dB después de que la fuente sonora se ha apagado.
- 4.17 Umbral de audición:** Es el nivel de presión acústica más bajo de una señal, en el cual, ésta empieza a ser audible por el sujeto de prueba.
- 4.18 Umbral de audición para oído abierto:** Es el umbral de audición que resulta cuando no se usa un protector auditivo.
- 4.19 Umbral de audición para oído ocluido:** Es el umbral de audición que resulta cuando un protector auditivo es usado.

5 SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
dB	Decibel.
dB(A)	Decibel en ponderación "A"
dB(A) re 20 μ Pa	Decibel referido a una presión acústica de 20 μ Pa.
Hz	Hertz.
L_{eq}	Nivel de presión acústica equivalente.
$L_{s, max}$	Nivel máximo de presión acústica medido en respuesta lenta.
min	Minuto
ms	Milisegundo.

6 CLASIFICACION Y DESIGNACION DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

Los protectores auditivos se clasifican en los siguientes tipos:

A	Tapón auditivo moldeable por el usuario (desechable).
B	Tapón auditivo premoldeado.
C	Diadema con tapón auditivo.
D	Concha auditiva (orejera).
E	Concha auditiva (orejera) montable en casco.

7 MATERIALES DE FABRICACION

Los materiales de los protectores auditivos deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Las partes metálicas deben de ser resistentes a la corrosión.
- Los materiales que pudieran tener contacto con la piel no deben de causar irritación.

- c) Los materiales deben de ser aptos para ser limpiados, excepto de los protectores diseñados para ser desechables.
- d) Todas las partes deben tener un acabado liso y libre de orillas agudas y de irregularidades que puedan ser un riesgo potencial o causar molestias al usuario.

8 METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA ATENUACION EN OIDO REAL

8.1 Resumen.

El método de medición está basado en pruebas de laboratorio en oído real, para determinar la atenuación del nivel de presión acústica obtenida mediante el uso de protectores auditivos. El método consiste en:

- a) Especificar los requerimientos del lugar y equipos de prueba.
- b) Establecer los requisitos para la selección de los sujetos de prueba.
- c) Proporcionar sesiones de práctica a los sujetos de prueba con el fin de lograr respuestas consistentes en las audiometrías para las mediciones de atenuación.
- d) Determinar en dos pruebas iguales los umbrales de audición a oído abierto y ocluido, de cuyas diferencias se obtiene la atenuación promedio para ese sujeto, para cada una de las señales de prueba.
- e) Calcular con los valores obtenidos en todos los sujetos de la muestra, el promedio de atenuación y la desviación estándar para cada una de las señales de prueba.

8.2 Requerimientos del lugar y equipos de prueba.

8.2.1 Señales de prueba.

Las señales para la prueba deben consistir en ruido filtrado con un ancho de banda de un tercio de octava a partir de una fuente de ruido rosa. Las frecuencias centrales de las bandas deben ser las que se muestran en la tabla 1.

Durante la prueba, el cambio de una señal de prueba a la siguiente debe hacerse en un solo paso. No se permite el cambio de frecuencia central de una señal de prueba que sea continuamente variable.

**TABLA 1
FRECUENCIAS CENTRALES DE LAS SEÑALES DE PRUEBA EN
BANDAS DE UN TERCIO DE OCTAVA**

Frecuencias centrales de las bandas, [Hz]								
125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000

8.2.2 Lugar de prueba.

8.2.2.1 Requisitos del campo sonoro de la señal de prueba.

Se requieren condiciones de campo sonoro difuso, que cumpla con las siguientes características:

8.2.2.1.1 De uniformidad:

Para cada señal de prueba, estando ausentes el sujeto y su silla, el nivel de presión acústica medido con un micrófono omnidireccional colocado a 15 cm del punto de referencia con relación a los ejes anterior-posterior y arriba-abajo no debe desviarse más de ± 2.5 dB del nivel de presión sonora medido en el punto de referencia. Para las posiciones en el eje izquierda-derecha, la diferencia no debe exceder de 3 dB. La orientación del micrófono debe ser la misma en cada posición seleccionada.

8.2.2.1.2 Tiempo de reverberación.

Para cada señal de prueba, estando ausente el sujeto bajo prueba y su silla, el tiempo de reverberación en el punto de referencia no debe exceder de 1.6 segundos.

8.2.2.1.3 Ruido de fondo.

Estando ausente el sujeto, el ruido de fondo en el punto de referencia no debe exceder los valores establecidos en la tabla 2. Este ruido de fondo se debe medir en ausencia de la señal de prueba, pero con todo el equipo de prueba encendido y ajustado de tal forma que, cuando esté presente una señal de prueba de 125 Hz, el nivel de presión acústica en el punto de referencia sea de 40 dB re 20 μ Pa.

El sistema de medición debe ajustarse para medir niveles de presión acústica como niveles equivalentes (L_{eq}) de cinco segundos con ponderación temporal lenta y ponderación de frecuencia lineal. La lectura del nivel de presión acústica debe hacerse cuando en el instrumento se estabiliza el indicador de la presión acústica. Cuando el nivel de presión sonora varía, debe registrarse el promedio aritmético de las lecturas máximas. El periodo de medición empleado en cada banda de octava no debe ser inferior a 120 segundos.

TABLA 2
NIVELES MAXIMOS PERMITIDOS DE RUIDO
DE FONDO

Frecuencia central [Hz]	Nivel de presión acústica en bandas de una octava [$L_{S,max}$, dB re 20 μ Pa]
31.5	56.0
63	42.0
125	28.0
250	18.5
500	14.5
1000	14.0
2000	8.5
4000	9.0
8000	20.5

8.2.3 Equipo para la prueba.

8.2.3.1 Fuente de la señal.

La fuente de la señal debe ser capaz de proporcionar las señales de prueba que se especifican en el apartado 8.2.1. Cuando se use más de una fuente de ruido simultáneamente, las señales no deben estar correlacionadas.

8.2.3.2 Alcance del sistema de prueba.

Estando ausente el sujeto de prueba y su silla, el equipo de prueba debe ser capaz de producir en el punto de referencia niveles de presión acústica de la señal de prueba en los intervalos que se especifican en la tabla 3.

TABLA 3
INTERVALO DE LOS NIVELES DE PRESION ACUSTICA DE
LAS SEÑALES DE PRUEBA

Frecuencia central Hz	Intervalo de los niveles de presión acústica de la señal de prueba. [dB re 20 μ Pa]
125	0 a 80
250	0 a 80
500	0 a 85
1000	0 a 85
2000	0 a 85
3150	0 a 85
4000	0 a 85
6300	0 a 95
8000	0 a 95

NOTA: Es posible que se necesiten niveles mayores de presión acústica de las señales de prueba para medir la atenuación de tapones y orejeras cuando éstos se usan simultáneamente.

8.2.3.3 Distorsión.

El equipo debe ser capaz de generar cada señal de prueba sin emitir sonidos que sean audibles por cualquier sujeto o por el evaluador, en el intervalo de los niveles de presión acústica de las señales que se especifican en la tabla 3.

Los niveles de presión acústica en bandas de tercios de octava inmediatamente arriba y debajo de cada banda de octava de la señal de prueba, deben cumplir con lo especificado en la tabla 4.

TABLA 4
REDUCCIÓN MÍNIMA EN NIVELES DE PRESIÓN ACÚSTICA DE LOS TERCIOS DE OCTAVA INMEDIATAMENTE ARRIBA Y DEBAJO DE LA BANDA CENTRAL DE LA SEÑAL DE PRUEBA.

Tercios de octava inmediatamente arriba y abajo de la banda central (señal de prueba)	Reducción mínima en nivel de presión acústica con respecto al nivel de la señal de prueba. [dB re 20 µPa]
un tercio	6
dos tercios	15
tres tercios (una octava)	30
> dos octavas	40

NOTA: La distorsión producida en niveles de presión acústica por debajo de 0 dB re 20 µPa puede ser calculada mediante calibración eléctrica.

8.2.3.4 Características del atenuador.

El atenuador debe funcionar en pasos de 2.5 dB o menos.

El error en la diferencia entre las indicaciones en dos posiciones cualesquiera del atenuador no debe exceder de 2 dB en el intervalo total y no debe ser mayor de 1 dB en cualquier intervalo de 80 dB.

Preferentemente esta prueba debe realizarse con mediciones acústicas. También se puede realizar la prueba mediante la medición de la tensión eléctrica en las terminales del altavoz.

El cumplimiento de estos requisitos debe verificarse con las señales de prueba ubicadas en las frecuencias centrales a 125 Hz, 1000 Hz y 8000 Hz.

En caso de que no sea posible obtener directamente la exactitud requerida, se debe de calibrar el equipo de prueba y las correcciones obtenidas deben aplicarse a las mediciones.

8.2.3.5 Señales pulsadas.

Las señales deben ser pulsadas entre 2.0 y 2.5 veces por segundo, con un ciclo de trabajo de 50%, y sin otros ruidos transitorios audibles. Cuando se excita el sistema con tonos puros en las frecuencias centrales de la señal de prueba, la fase de “encendido” (el tiempo en el cual la señal se mantiene dentro de 1 dB de su nivel máximo) debe ser mayor de 150 ms, y la salida durante la fase de “apagado” debe alcanzar por lo menos 20 dB por debajo de los niveles máximos, midiendo la tensión eléctrica en las terminales del altavoz.

8.2.3.6 Ruido para probar el ajuste del protector.

Se debe proporcionar un ruido para probar el ajuste con el fin de ayudar a que el sujeto se ajuste el protector auditivo. Debe ser ruido rosa, de tal modo que produzca un nivel sonoro de

70 ± 5 dB(A) re 20 µPa en el punto de referencia, cuando se mide estando ausentes el sujeto y su silla.

8.2.3.7 Calibración de la instrumentación.

8.2.3.7.1 Calibración en laboratorio de calibración acreditado.

Se debe verificar periódicamente la calibración de toda la instrumentación acústica empleada para las pruebas, para medir el tiempo de reverberación, el ruido de fondo y el campo difuso, así como toda aquella empleada en la generación y medición de las señales de prueba. Se debe contar con el documento que avale dicha calibración, de conformidad con la normatividad vigente.

8.2.3.7.2 Calibración de campo.

Se debe calibrar la instrumentación por medio del calibrador acústico, al inicio y al final de la jornada de medición de acuerdo a lo establecido en el manual del fabricante. En el caso de los equipos empleados para la generación y medición de señal, el laboratorio debe establecer el procedimiento de calibración de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Los valores de calibración deben ser registrados en una bitácora.

8.2.3.8 Aditamento para ajustar la posición de la cabeza.

Debe usarse un aditamento auxiliar que sirva como elemento de orientación para que la cabeza del sujeto participante se mantenga en el punto de referencia. No es aceptable un aditamento para descansar la cabeza. Dicho aditamento no debe tener contacto con el protector auditivo ni modificar significativamente el campo acústico al cual está expuesto el sujeto de prueba. El aditamento no debe transmitir a la cabeza ninguna vibración que pueda afectar las mediciones.

8.2.3.9 Observación del sujeto de prueba.

El local de prueba debe contar con una ventana de observación o un sistema de video que permita observar claramente al sujeto durante toda la prueba.

8.3 Sujetos de prueba.

8.3.1 Aspectos anatómicos.

Los sujetos se deben seleccionar sin importar la forma y tamaño de su cabeza, orejas y canal auditivo, excepto cuando por sus características el ajuste de los protectores auditivos se vea afectado negativamente, como sucede cuando existen defectos congénitos o cirugía reciente en el oído; en estos casos se debe excluir a estos individuos.

8.3.2 Inspección otoscópica.

En el momento de realizar una audiometría inicial y prueba subsecuente de atenuación, se debe verificar por medio de un otoscopio que los oídos del sujeto estén libres de cerumen impactado y que no existan signos evidentes de irritación o infección en áreas de la cabeza y oídos que puedan tener contacto con el protector auditivo que se desea probar.

8.3.3 Edad.

Los sujetos deben tener por lo menos 18 años.

8.3.4 Sexo.

A menos que el protector auditivo que se desea probar esté diseñado para ajustarse solamente a sujetos del sexo masculino o femenino, el balance de individuos seleccionados de sexo masculino/femenino debe ser 50/50 % \pm 20%.

8.3.5 Nivel del umbral de audición mínimo.

El nivel del umbral de audición mínimo para la conducción aérea (con audífonos) en tonos puros de los sujetos debe estar entre -10 dB y 20 dB para las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000, 3150, 4000, 6300 y 8000 Hz, medidos por separado en cada oído.

8.3.6 Variabilidad máxima del umbral en sesiones de práctica.

Cada vez que un sujeto participe en pruebas de atenuación, se le deben permitir al menos dos sesiones de práctica para la determinación del umbral de audición. En cada una de las sesiones se debe determinar el umbral de audición a oído abierto del sujeto para cada una de las señales indicadas en el apartado 8.2.1.

Para cada señal de prueba, la diferencia de los niveles del umbral de audición a oído abierto que se determinaron en las dos sesiones de práctica no debe ser mayor de 6 dB.

Pueden hacerse prácticas adicionales hasta que el sujeto cumpla en dos sesiones de práctica consecutivas el requisito del intervalo de 6 dB; de lo contrario el sujeto se rechaza.

Ningún dato que se haya obtenido en las sesiones de práctica se debe usar para determinar la atenuación de los protectores auditivos.

8.3.7 Anteojos y joyería.

Durante la prueba no deben usarse anteojos, aretes u otros accesorios que puedan afectar la capacidad del protector auditivo para proporcionar un sello acústico.

8.3.8 Nivel de conocimientos.

El sujeto participante debe poder leer en español las instrucciones de ajuste del protector auditivo.

8.3.9 Número de sujetos de prueba.

Para probar conchas auditivas o conchas auditivas montables a casco, se requieren por lo menos a 10 sujetos. Cuando se prueben tapones auditivos o diademas con tapón auditivo deben participar por lo menos 20 sujetos, al igual que cuando se haga una prueba de tapones y conchas auditivas usadas simultáneamente.

8.3.10 Excepciones.

Ningún sujeto que reúna los requisitos establecidos en los apartados 8.3.2 a 8.3.8 puede excluirse de las pruebas, a menos que cumpla con cualquiera de los siguientes incisos:

- a) Su canal auditivo no acepte un tapón auditivo dado, o que éste se caiga repetidamente durante la prueba.
- b) Esté enfermo o físicamente sea incapaz de participar el día que se hace la prueba.

8.4 Muestras del protector.

8.4.1 Generales.

Deben ofrecerse al sujeto por lo menos dos muestras del protector auditivo entre los cuales seleccionará el que utilizará durante la prueba. Las muestras se distribuirán aleatoriamente entre los sujetos participantes. Si se van a probar tapones auditivos, cada sujeto debe usar un par diferente.

8.4.2 Hoja técnica.

El fabricante debe proporcionar fotografía a color y descripción explícita del protector auditivo, incluyendo tipo del protector, marca, modelo del producto, dimensiones y peso. En el caso de tapones auditivos, las dimensiones por lo menos deben incluir diámetro menor, diámetro mayor y longitud. Esta hoja técnica debe mantenerse disponible para la consulta pública.

8.4.3 Instrucciones.

Los protectores auditivos deben incluir los instructivos de colocación y ajuste.

En caso de que se prueben conchas auditivas montables en casco de seguridad, el brazo de ensamble debe instalarse en el casco antes de entregar la unidad al sujeto para practicar el ajuste y realizar adecuadamente la prueba. Antes de que el sujeto lea las instrucciones del fabricante para el ajuste de las conchas, deben proporcionársele todas las instrucciones para la colocación correcta del casco.

8.4.4 Conchas auditivas y diademas de posición variable.

Cuando el protector auditivo se pueda utilizar en diferentes posiciones (debajo del mentón, sobre la cabeza o detrás del cuello), la prueba de atenuación se debe realizar en cada una de las posiciones posibles.

8.5 Método de prueba.

8.5.1 Información previa a la prueba.

Se debe informar a los sujetos con respecto a las condiciones y procedimientos de la prueba.

8.5.2 Colocación del sujeto de prueba.

En el transcurso de cada prueba para la determinación de los umbrales, el sujeto debe permanecer sentado de tal forma que su cabeza esté colocada correctamente con respecto al punto de referencia. Se le debe indicar cómo usar el aditamento para ajustar la posición de su cabeza.

8.5.3 Cantidad y orden de las pruebas de umbral a oído abierto y ocluido.

En la misma visita al laboratorio de cada sujeto deben determinarse los umbrales de audición a oído abierto y ocluido en dos pruebas iguales. Cada prueba consiste de un par de mediciones de umbral para oído abierto y ocluido, en orden contrabalanceado entre sujetos, es decir, en la mitad de los sujetos se mide primero oído ocluido y después oído abierto y en la otra mitad de los sujetos se mide primero oído abierto y después ocluido. Para cada sujeto el orden de las mediciones es el mismo en las dos pruebas. El sujeto puede reajustar el protector entre la primera y segunda prueba, para lo cual puede volver a consultar las instrucciones de ajuste. Se puede proporcionar un periodo de reposo entre ambas pruebas, pero el sujeto no debe salir de la cabina y el evaluador no debe proporcionar ayuda alguna.

Si en la misma visita del sujeto al laboratorio se van a probar diferentes protectores, al terminar las dos pruebas de un mismo protector, el sujeto debe salir de la cabina y el procedimiento de prueba repetirse desde el principio. El orden de las pruebas de los diferentes protectores debe variar entre sujeto y sujeto mediante un método preestablecido por el evaluador de manera que se reduzca el error por el aprendizaje y la fatiga.

Para la determinación de los umbrales de audición se debe usar la técnica audiométrica establecida en la normatividad vigente. A falta de esta se puede emplear cualquier técnica audiométrica reconocida. Se debe emplear la misma técnica para la determinación de los dos umbrales de audición, tanto el de oído abierto como el de oído ocluido. El informe de prueba debe incluir la técnica utilizada.

8.5.4 Período de reposo antes de la primera determinación de umbrales.

Para permitir que el sujeto se acostumbre a las condiciones de la prueba, antes de iniciar con la determinación de los umbrales, debe estar sentado en la posición donde se efectuarán las pruebas, no debe hablar con nadie y no deben existir señales de ningún tipo durante dos minutos como mínimo y cuatro minutos como máximo.

8.5.5 Sesiones de práctica.

Las sesiones de práctica se deben realizar conforme a lo señalado en el apartado 8.3.6.

8.6 Procedimiento.

8.6.1 Condiciones para aceptación / rechazo.

No deben existir otros criterios para la selección de sujetos de prueba en la evaluación de protectores auditivos además de los especificados en 8.3.1 a 8.3.10 y de lo requerido en el siguiente párrafo.

Antes de iniciar la prueba de atenuación, el sujeto debe ser rechazado si no puede lograr un buen ajuste del protector, basándose en una evaluación visual y táctil del evaluador y en la información que el mismo sujeto proporcione.

Los sujetos no deben ser rechazados por el solo hecho de obtener bajos valores de atenuación.

8.6.2 Instrucciones de Ajuste

El sujeto debe recibir del evaluador instrucciones precisas y practicar la colocación del protector auditivo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. El evaluador debe aplicar su experiencia y conocimiento en la colocación y ajuste de ese protector o similares.

Cuando el protector se suministra en varios tamaños, el evaluador debe ayudar al sujeto en seleccionar el tamaño adecuado.

El evaluador debe dar aclaraciones verbales o asistencia física, o ambas, como parte del proceso de instrucción. Puede considerarse también la percepción del sujeto relativa del ruido para probar el ajuste descrito en 8.2.3.6.

Una vez que el evaluador determina que el sujeto puede colocarse adecuadamente el protector, éste se le debe retirar.

Para las pruebas de determinación de umbrales el sujeto y el evaluador deben entrar a la cámara de prueba y el sujeto debe colocarse el protector sin la asistencia del evaluador. Después de que el protector auditivo ha sido colocado, el ruido para probar el ajuste debe de iniciarse y al sujeto se le instruye que manipule el protector auditivo para minimizar el ruido percibido.

Una vez que el sujeto está satisfecho con el ajuste, el evaluador debe de revisar visualmente la posición de cada protector auditivo, para asegurar una buena colocación y ajuste.

Cuando el evaluador lo considere necesario, se debe pedir al sujeto que reinserte o ajuste los protectores, o ambos, cuantas veces sea necesario hasta obtener el mejor ajuste posible antes de empezar las pruebas de determinación de umbrales, pero nunca una vez que las pruebas han iniciado.

Previo a las pruebas de determinación de umbrales se requiere del periodo de reposo descrito en 8.5.4

Una vez que se han generado los primeros datos audiométricos, queda prohibido dar instrucciones al sujeto o manipular el protector.

8.6.3 Re - determinación de los umbrales.

8.6.3.1 Generalidades.

Se permite redeterminar los umbrales auditivos únicamente cuando se cumple con lo establecido en el inciso 8.6.3.2. No debe usarse esta opción simplemente porque el valor de la atenuación que se midió parezca demasiado elevado o reducido.

8.6.3.2 Situaciones anormales.

Cuando se presenta una situación anormal mientras se lleva a cabo la determinación del umbral auditivo de un sujeto, la prueba debe suspenderse y reanudarse después de que se resuelva el problema.

Las situaciones anormales son las siguientes:

- a) Distorsión de la señal de prueba o un ruido extraño, hasta niveles suficientes como para generar dudas con respecto a la validez de los resultados de la prueba.
- b) Indisposición temporal o pérdida de la concentración auditiva del sujeto de prueba.
- c) Movimiento del protector auditivo hasta un grado en el que, bajo las condiciones normales de uso, podría ser necesario que el sujeto ajuste la posición del protector.

No se debe solicitar al sujeto de prueba que ajuste nuevamente el protector sólo porque el valor de la atenuación parezca reducido.

8.7 Cálculo de la atenuación en oído real.

Para cada sujeto debe calcularse la atenuación en oído real del protector auditivo que se obtuvo para cada señal de prueba de la tabla 1, restando el valor del umbral para oído abierto, del umbral para oído ocluido. La atenuación para cada sujeto debe ser calculada como el promedio aritmético de las dos mediciones para cada señal de prueba.

Para cada señal de prueba (f_i), deben calcularse el promedio aritmético (AP_{f_i}) y la desviación estándar (DE_{f_i}) de la muestra completa de sujetos participantes en la prueba, de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$AP_{f_i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{k,f_i}$$

$$DE_{f_i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n d_{k,f_i}^2}$$

Donde:

- AP_{f_i} Atenuación promedio para la señal de prueba f_i .
- X_{k,f_i} Atenuación promedio del sujeto k para la señal de prueba f_i .
- n Número de sujetos participantes en la prueba
- DE_{f_i} Desviación estándar para la señal de prueba f_i .
- d_{k,f_i} Diferencia entre la atenuación promedio del sujeto k para la señal de prueba f_i y el promedio AP_{f_i} ; es decir, $d_{k,f_i} = X_{k,f_i} - AP_{f_i}$.
- k 1, 2, . . . , n .
- f_i Frecuencias centrales de la señal de prueba conforme a la tabla 1.

8.8 Fuerza de ajuste en orejeras y diademas.

En el caso de las orejeras y diademas, debe medirse la fuerza de ajuste de las muestras que se utilizaron para la determinación de la atenuación en oído real, aplicando el método de prueba descrito en el capítulo 9. El valor promedio de la fuerza de ajuste en newtons (N) y la desviación estándar deben incluirse en el informe de la prueba emitido por el laboratorio, indicado en el capítulo 9.

9 MÉTODO DE PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE AJUSTE DE OREJERAS Y DIADEMAS.

9.1 Resumen.

Los protectores se colocan en el equipo de prueba de forma similar a como son utilizados por el usuario, determinándose la fuerza ejercida por éstos mediante un dinamómetro, cuando se ajustan a las distancias de separación entre sus componentes, indicadas en 9.3.

9.2 Aparatos e instrumentos.

9.2.1 Dinamómetro con una incertidumbre máxima de 3%, resolución mínima de 0.01 N y alcance mínimo de 30 N, al cual se acopla un accesorio que permita el montaje de los protectores a evaluar (conchas o diademas), asegurándose que se obtienen las distancias indicadas en 9.3. El accesorio debe diseñarse de forma que transmita directamente la fuerza de compresión ejercida por los protectores al dinamómetro, sin que presente resistencia evidente al movimiento de cierre (acortamiento de distancia) de éstos. Los soportes del accesorio sobre los que son montados los protectores, deben ser de configuración plana, vertical, paralelos y contruidos de materiales rígidos.

9.2.2 Horma para la colocación de orejeras montadas en casco, que permita el montaje de éstas en el accesorio acoplado al dinamómetro indicado en 9.2.1, aplicando las distancias señaladas en la figura 4.

9.2.3 Oreja artificial como la mostrada en la figura 1 para la colocación de las diademas, que cumpla con las especificaciones establecidas en la tabla 5, y placa rígida para adaptación de la oreja artificial, cómo la mostrada en la figura 2.

TABLA 5
ESPECIFICACIONES DE LA OREJA ARTIFICIAL PARA MEDICIONES DE FUERZA EN DIADEMAS

Dureza de la oreja artificial	Dureza Shore A entre 10 y 30
Longitud de la oreja	66 mm
Longitud de la oreja sobre el trago	30 mm
Ancho de la oreja	37 mm
Protuberancia de la oreja	23 mm
Ángulo de la protuberancia de la oreja	160°
Inclinación vertical, vista frontal	10°

Continúa

TABLA 5
ESPECIFICACIONES DE LA OREJA ARTIFICIAL PARA MEDICIONES DE FUERZA EN DIADEMAS

Continuación

Inclinación vertical, vista lateral	6°
Longitud de la concha	28 mm
Longitud de la concha debajo del trago	20 mm
Ancho de la concha	23 mm
Ancho de la concha, trago a hélix	23 mm
Profundidad de la concha	15 mm

9.3 Procedimiento.

9.3.1 Para orejeras con bandas de ajuste sobre la cabeza o de posición múltiple.

La orejera se coloca de forma que los cojinetes ejerzan la presión sobre los soportes del accesorio de montaje del aparato de prueba descrito en 9.2.1. Se ajusta la distancia entre los cojinetes a $145 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ (cojinete a cojinete; cojinetes paralelos), y a una distancia de $130 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ entre el lado interno de la banda de la orejera en el punto medio, y la línea imaginaria que pasa a través de los puntos de sujeción banda-copa, como se muestra en la figura 3.a. En el caso de las orejeras con banda para utilizarse a la altura del cuello o nuca, la distancia entre la superficie interna de la banda de la orejera y la línea imaginaria a través de los puntos de sujeción banda-copa debe ser de $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, como se muestra en la figura 3.b. La banda debe permanecer libre durante la medición.

9.3.2 Para diademas.

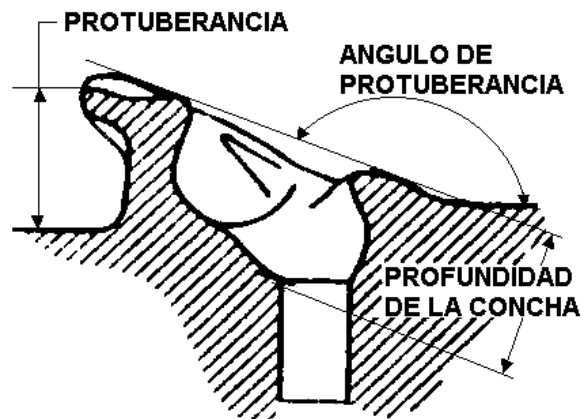
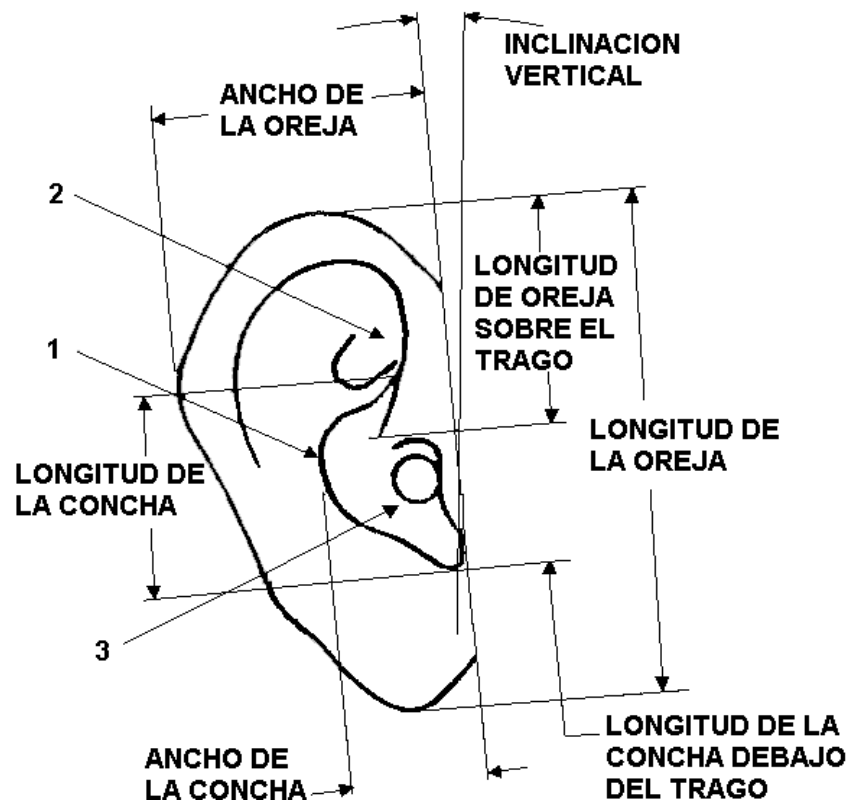
La diadema debe ser colocada en las orejas artificiales, las cuales deben estar sujetas a los soportes del accesorio de montaje referido en 9.2.1, mediante la placa de adaptación mostrada en la figura 2. Se ajusta la distancia entre las orejas artificiales (distancia bitrigo), a $145 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$. Los puntos de referencia para esta distancia corresponden a la coyuntura del punto superior del trago de la oreja con la cabeza. La banda debe permanecer libre durante la medición. Las diademas con bandas ajustables deben ajustarse de forma que la distancia entre el lado interior de la banda en su punto medio, y el punto de unión de la parte superior del trago de la oreja con la cabeza, sea de $130 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, o a su mínimo ajuste, cualquiera que sea mayor.

9.3.3 Para orejeras montadas en cascos de protección.

La orejera se ajusta de forma que la distancia perpendicular entre la parte superior de sus copas y la parte inferior de la concha del casco sea de $5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, manteniendo la distancia entre copas de $145 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ (cojinete a cojinete; cojinetes paralelos), según se muestra en la figura 4.

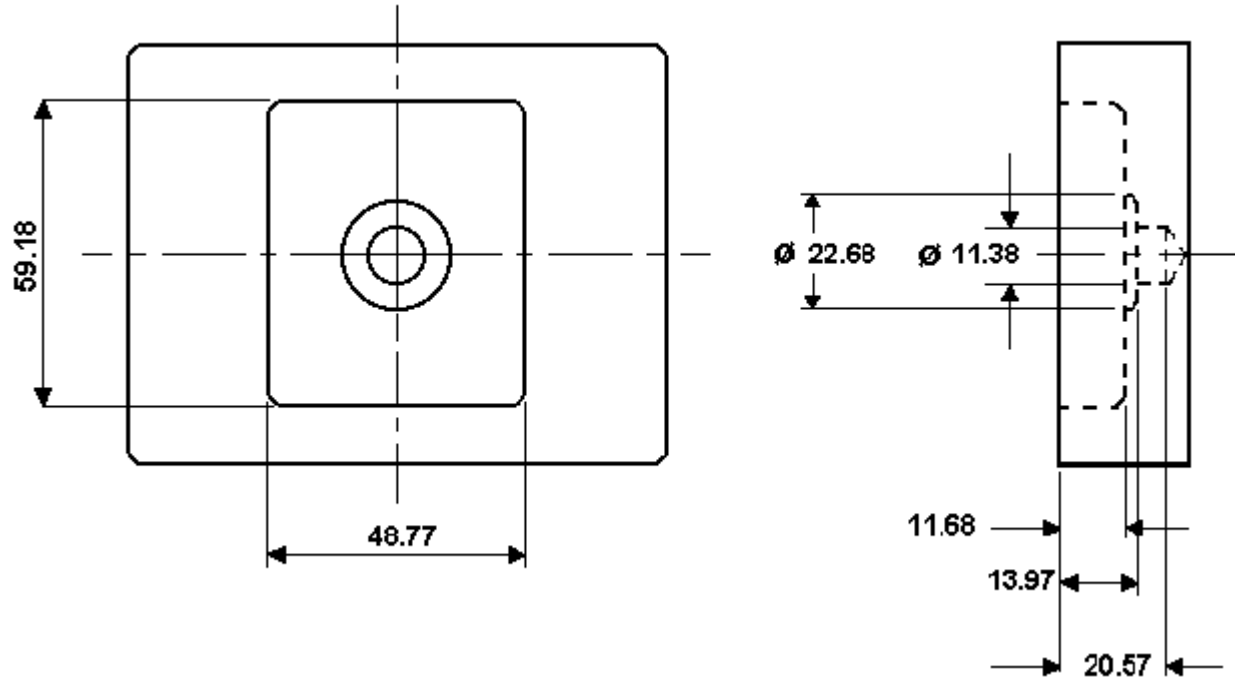
9.4 Resultados.

Una vez montado el protector conforme a lo indicado en 9.3.1, 9.3.2 y 9.3.3, se mantiene en esa posición durante 10 min, y enseguida se registra la lectura obtenida en el dinamómetro.



Nota: La inclinación vertical se muestra para la vista lateral. La inclinación vertical, vista frontal, es el ángulo correspondiente visto desde el frente.

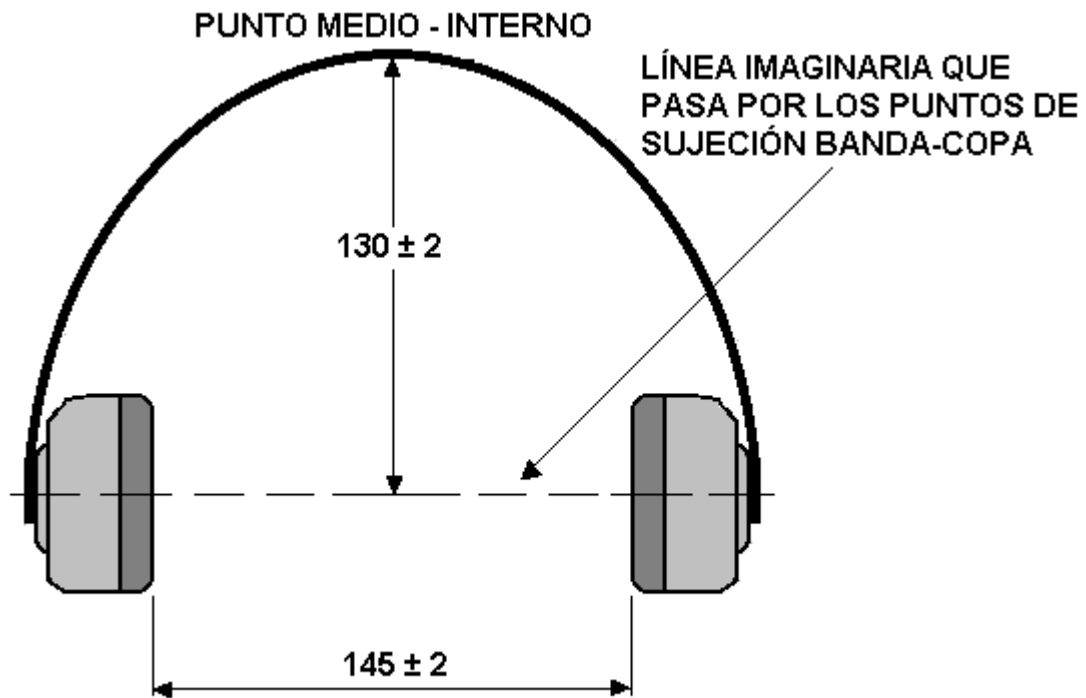
FIGURA 1. OREJA ARTIFICIAL PARA MONTAJE DE DIADEMAS: (1) ANTIHELIX, (2) CRUS DE HÉLIX, (3) CONCHA.



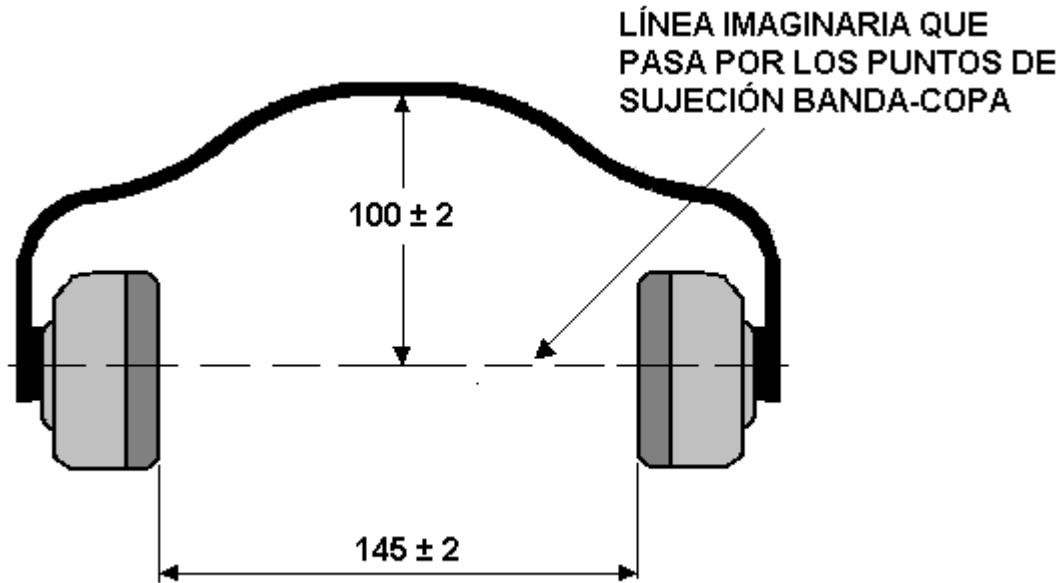
Notas:

1. Todas las dimensiones se expresan en mm.
2. Material: Lámina de policarbonato.
3. Redondear vértices y bordes agudos.
4. A menos que se especifique otra cosa, la tolerancia es de 0.127 mm

FIGURA 2. PLACA PARA ADAPTACIÓN DE LA OREJA ARTIFICIAL



3.a CON BANDA AJUSTABLE A LA CABEZA



3.b CON BANDA AJUSTABLE A LA ALTURA DEL CUELLO

Dimensiones en mm

FIGURA 3. DISTANCIAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE AJUSTE DE OREJERAS

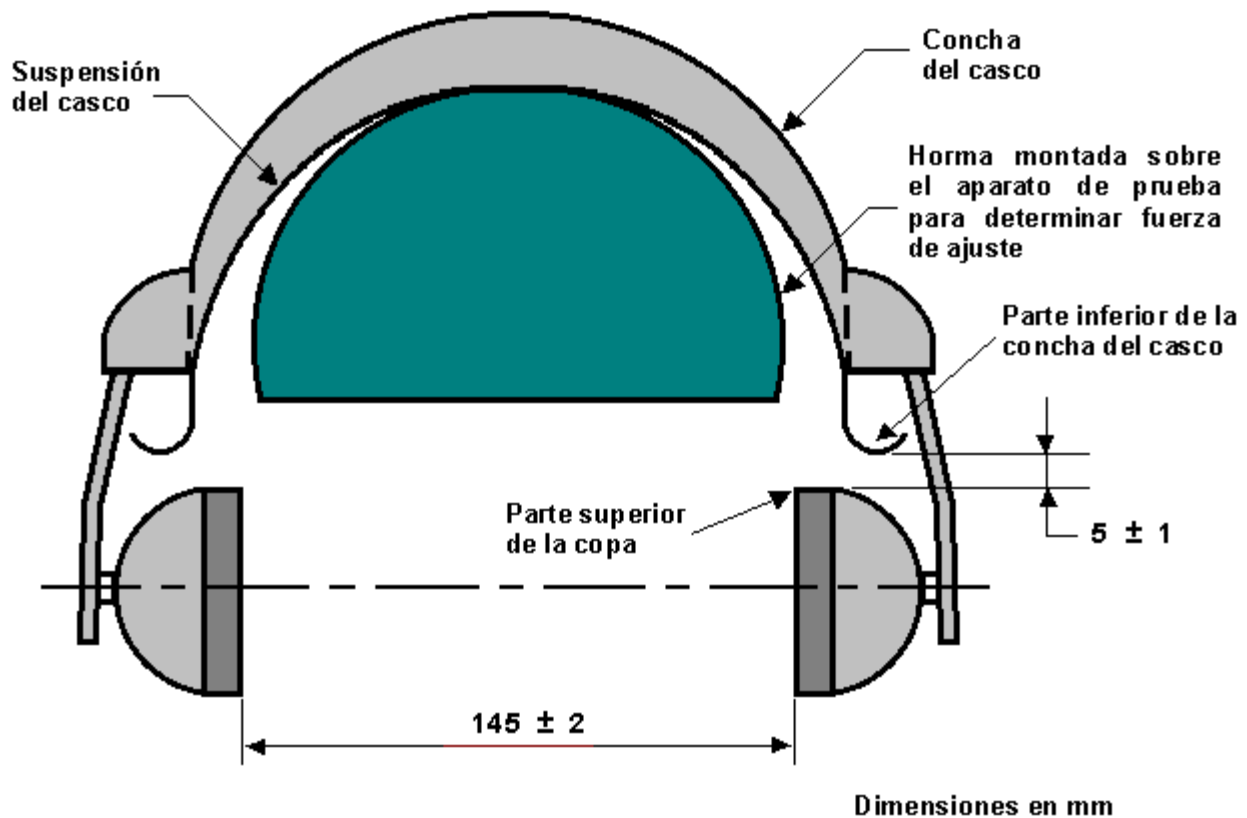


FIGURA 4. DISTANCIAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA DE AJUSTE DE OREJERAS MONTADAS EN CASCO DE PROTECCIÓN

10 INFORME DE LA PRUEBA.

El informe debe contener lo siguiente:

- a) Marca, modelo y tipo del protector auditivo probado.
- b) Referencia a que el método de prueba se llevó a cabo conforme a lo establecido en esta Norma Mexicana.
- c) Técnica audiométrica que se usó para determinar los umbrales de audición.
- d) Promedio de los umbrales de audición para oído abierto de todos los sujetos que participaron, en dB re 20 μ Pa para cada señal de prueba.
- e) Fechas de inicio y terminación de las pruebas.
- f) Cantidad de muestras que se probaron del protector auditivo.
- g) Cantidad de muestras rechazadas del protector auditivo, y las razones de rechazo.
- h) Para los protectores auditivos de diferentes tamaños, cuáles de éstos se probaron y el número de sujetos participantes en cada una de las pruebas.
- i) En caso de los protectores auditivos que se puedan utilizar en distintas posiciones, indicar en qué posición se probó para cada sujeto (sobre la cabeza, bajo el mentón, detrás de la cabeza).

- j) Copia del instructivo de ajuste, proporcionado por el fabricante y que se entregó a cada sujeto participante en las pruebas.
- k) Hoja técnica del protector auditivo proporcionada por el fabricante, según se indica en el apartado 8.4.2.
- l) Cantidad de sujetos rechazados, las razones de rechazo en cada caso.
- m) Cantidad de re-determinaciones de umbral efectuadas y las razones para realizarlas (consulte el inciso 8.6.3)
- n) Para cada frecuencia central de prueba el promedio de atenuación en oído real del protector para cada uno de los sujetos.
- o) Para cada frecuencia central de prueba, el promedio y la desviación estándar de la atenuación en oído real para todos los sujetos de la muestra.
- p) El valor NRR calculado conforme el procedimiento descrito en el Apéndice A.
- q) Para orejeras, orejeras montadas sobre casco y diademas con tapón auditivo, la fuerza de ajuste promedio y la desviación estándar.
- r) Datos de identificación del laboratorio de pruebas.

11 MARCADO Y ETIQUETADO

La siguiente información debe estar incluida en idioma español, para el caso de tapones auditivos en el embalaje multiunitario que contiene los empaques individuales o en el despachador. Para el caso de diademas y conchas auditivas, esta información debe incluirse en el empaque individual. La información requerida puede estar impresa directamente en el empaque, o bien en una etiqueta indeleble adherida al mismo. Deben mostrarse los datos de atenuación del apartado 11.3.

11.1 Generales:

- a) Nombre, razón social y domicilio del fabricante o importador.
- b) Leyenda según sea el caso: tapón auditivo, diadema o concha auditiva seguido del modelo del mismo.
- c) Contenido (número de unidades dentro del empaque).
- d) Contraseña de cumplimiento con esta norma.
- e) Leyenda indicando el país de origen.
- f) En caso de que un mismo modelo de protector auditivo existiera en más de un tamaño, este dato deberá mostrarse en el empaque.

11.2 Instructivos:

- a) Instrucciones de colocación y ajuste del protector. Se recomienda complementar con diagrama ilustrativo.
- b) Instrucciones para limpieza y mantenimiento, si es aplicable.
- c) En caso de que las condiciones ambientales afecten las características del producto o su rendimiento, deben incluirse las instrucciones para su almacenamiento adecuado, donde se indiquen las condiciones ambientales tales como: temperatura, humedad, agentes químicos, etc., que puedan afectar el rendimiento del protector.

11.3 Datos de atenuación:

- a) El factor de nivel de reducción a ruido denominado NRR, cuyo procedimiento de cálculo se especifica en el apéndice A de esta Norma.
- b) Valores numéricos de atenuación promedio y desviación estándar para las frecuencias centrales de prueba medidos de acuerdo al método de prueba especificado en esta Norma.
- c) En caso de que además de los valores especificados en a) y b), se muestren valores de atenuación correspondientes a otras normas; los valores de los incisos a) y b) deben presentarse con al menos las mismas características de impresión que enfatizen su importancia.
- d) Opcionalmente los datos de atenuación promedio para las frecuencias centrales de prueba se pueden proporcionar en forma de gráfica. En este caso, los valores de las frecuencias centrales deben ubicarse en el eje xx' y los promedios de atenuación en el eje yy' con el valor de referencia cero en la parte superior de este eje.

11.4 Advertencias:

- a) Advertencia de que la atenuación reportada será obtenida solamente si el protector se encuentra en buenas condiciones y si se utiliza de acuerdo a las instrucciones de colocación y ajuste. Se sugiere el siguiente texto: ADVERTENCIA: Para obtener la atenuación indicada es necesario que el protector se encuentre en buenas condiciones y se utilice de acuerdo a sus instrucciones de colocación y ajuste.
- b) Para conchas auditivas, una advertencia en el empaque individual o mediante instructivo anexo, de que la reducción de ruido se verá afectada por cualquier elemento que afecte el sello de los cojines de la concha con la cabeza, tales como amazonas de lentes, aretes, cabello largo, etc. y una nota indicando que el cojín del sello puede deteriorarse con el uso y debe de reemplazarse regularmente.
- c) Adicionalmente se debe incluir en el empaque, etiqueta o instructivo anexo indicaciones alusivas a los puntos siguientes:
 - Seleccionar un protector auditivo que sea cómodo para usarse correctamente durante todo el tiempo de exposición a ruido sin interrupciones.
 - Considerar las necesidades individuales de comunicación, especialmente si en ocasiones es necesario escuchar una alarma sonora.
 - Seleccionar un protector auditivo compatible con el uso de otros equipos de protección personal.
- d) Se sugiere que para tapones auditivos se incluya, una advertencia para mantenerlos fuera del alcance de niños por el peligro de asfixia en caso de ser ingeridos.

11.5 Etiqueta opcional.

El apéndice informativo C, muestra una etiqueta opcional para cumplir con los requisitos primordiales de marcado y etiquetado de esta Norma.

12 BIBLIOGRAFIA

- 12.1** Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1997, México.
- 12.2** Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. 1997. México.

- 12.3** NOM-011-STPS-1993, Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Genere Ruido. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México.
- 12.4** NOM-017-STPS-2001 Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México.
- 12.5** NOM-050-SCFI-1994 Disposición General de Etiquetado para productos tanto de origen nacional como de importación. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- 12.6** NOM-080-STPS-1993 Higiene Industrial – Medio Ambiente Laboral – Determinación del Nivel Sonoro Continuo Equivalente, al que se Exponen los Trabajadores en los Centros de Trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México.
- 12.7** NMX-Z-013/1-1977 Guía para la redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Mexicanas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México.
- 12.8** ISO 7029:1984 Acoustics. Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex otologically persons.
- 12.9** ISO 4869-1:1990 Acoustics Hearing Protectors – Part 1. Subjective Method for the Measurement of Sound Attenuation. International Organization for Standardization. Suiza.
- 12.10** ISO 4869-2:1994 Acoustics – Hearing Protectors – Part 2. Estimation of Effective A-Weighted Sound Pressure Levels When Hearing Protectors are Worn, “ International Organization for Standardization. Suiza.
- 12.11** ANSI S3.19-1974 Method for the Measurement of Real Ear Protection of Hearing Protectors and Physical Attenuation of Earmuffs. American National Standards Institute, (ASA STD) Nueva York, N.Y. E.U.A.
- 12.12** ANSI S12.6-1997 Methods for Measuring Real Ear Attenuation of Hearing Protectors. American National Standards Institute, Nueva York, N.Y. E.U.A.
- 12.13** AS/NZS 1270: 1999 Acoustics – Hearing Protectors. Standards Australia / Standards New Zealand, Australia.
- 12.14** CSA Z94.2-1974 Hearing Protectors. Canadian Standards Association. Rexdale, Ontario. Canadá.
- 12.15** Berger, E.H., Royster, J.D., Merry, C.J., Nixon, C.W., Franks, J.R., Behar, A., Casali, J.G., Dixon-Ernst, C., Kieper, R.W., Mozo, B.T., Ohlin, D., and Royster, L.H. (1996). “Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part I. Research of Working Group 11, Accredited Standards Committee S12, Noise, The Journal of the Acoustical Society of America. 99(3), 1506-1526. E.U.A.
- 12.16** Berger, E.H. and Franks, J.R. (1996). The Validity of Predicting the Field Attenuation of Hearing Protectors from Laboratory Subject-Fit Data, The Journal of the Acoustical Society of America. 100(4), Pt. 2, p. 2674. E.U.A.
- 12.17** Berger, E.H., John R. Franks, and Fredrik Lindgren. (1996). International Review of Field Studies of Hearing Protector Attenuation “ Thieme Medical Pub., Inc.,. Ch. 29, NY. E.U.A.
- 12.18** Berger, E.H., Mem. INCE (1992). “ Development of a Laboratory Procedure for Estimation of the Field Performance of Hearing Protectors”. Hearing Conservation Conference, University of Kentucky, Lexington, Kentucky 40506-0046, April 1-4. E.U.A.
- 12.19** NIOSH (1975), List of Personal Hearing Protectors and Attenuation Data, National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health, Report No. 78-120, Cincinnati, OH. E.U.A.

- 12.20** Royster, L.H., (1996) “ In Search of Meaningful Measures of Hearing Protector Effectiveness “. National Hearing Association, San Francisco, CA, Spectrum Vol. 13, Suppl. 1, p.29. E.U.A.
- 12.21** Royster, J.D., Berger, E.H., Merry, C.J., Nixon, C.W., Franks, J.R., Behar, A., Casali, J.G., Dixon-Ernst, C., Kieper, R.W., Mozo, B.T., Ohlin, D., and Royster, L.H. (1998).” Development of a new standard laboratory protocol for estimating the field attenuation of hearing protection devices. Part III. The validity of using subject-fit data” The Journal of the Acoustical Society of America. 103(2), 665-672. E.U.A.

13 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta Norma concuerda parcialmente con la norma internacional ISO 4869-1:1990, *Acoustics – Hearing protectors, Part 1: Subjective method for the measurement of sound attenuation.*

**Apéndice A
(Normativo)**

Procedimiento para el cálculo del factor de nivel de reducción a ruido (NRR)

A.0 Introducción

Este apéndice describe el procedimiento que debe aplicarse para el cálculo del NRR correspondiente a un dispositivo de protección auditiva (DPA) bajo prueba. Este procedimiento debe aplicarse por los fabricantes y/o laboratorios responsables de la evaluación del DPA conforme a esta Norma Mexicana.

A.1 Procedimiento

El método de cálculo considera como referencia el ruido rosa. Por lo tanto, cuando este ruido se mide empleando un filtro de banda de una octava, con ponderación lineal, el resultado será que en cada banda se obtendrá el mismo valor de nivel de presión acústica. Para el cálculo se consideran 7 frecuencias. En la tabla A1 se muestran las frecuencias de prueba y las respuestas relativas de las ponderaciones A y C.

**TABLA A1
RESPUESTAS RELATIVAS DE LAS PONDERACIONES A Y C EN LAS FRECUENCIAS
CENTRALES DE LAS BANDAS DE OCTAVA CONSIDERADAS PARA EL CÁLCULO DEL NRR.**

Frecuencia central, f_i [Hz]	Ponderación A, A_{fi} [dB]	Ponderación C, C_{fi} [dB]
125	-16,1	-0,2
250	-8,6	0,0
500	-3,2	0,0
1000	0,0	0,0
2000	1,2	-0,2
4000	1,0	-0,8
8000	-1,1	-3,0

Es importante notar que el método de evaluación, para la atenuación obtenida con el uso de protectores auditivos, descrito en esta Norma Mexicana considera 9 frecuencias. Para relacionarlas directamente con las frecuencias de la tabla A1, los valores de atenuación (AP_{fi}) y desviación estándar (DE_{fi}) obtenidos para las frecuencias de 3150 Hz y 4000 Hz se deben promediar aritméticamente y considerarse como los valores correspondientes para 4000 Hz; de la misma manera se deben considerar los valores correspondientes a las frecuencias de 6300 Hz y 8000 Hz, promediados para considerarse como valores para 8000 Hz. Es decir:

$$AP_{4000\text{Hz}} = \frac{1}{2} (AP_{3150\text{Hz}, \text{apartad}} + AP_{4000\text{Hz}, \text{apartad}})$$

$$DE_{4000\text{Hz}} = \frac{1}{2} (DE_{3150\text{Hz}, \text{apartad}} + DE_{4000\text{Hz}, \text{apartad}})$$

$$AP_{8000\text{Hz}} = \frac{1}{2} (AP_{6300\text{Hz}, \text{apartad}} + AP_{8000\text{Hz}, \text{apartad}})$$

$$DE_{8000\text{Hz}} = \frac{1}{2} (DE_{6300\text{Hz}, \text{apartad}} + DE_{8000\text{Hz}, \text{apartad}})$$

En el resto de las frecuencias se deben considerar los valores obtenidos en el capítulo 8 de esta Norma. A continuación se describe el método de cálculo.

Paso 1: Considerar un espectro de ruido rosa con un nivel de presión acústica de referencia de 100 dB, para cada frecuencia de la tabla A1 (el resultado final es independiente de este valor).

Paso 2: Calcular, considerando el nivel de referencia, los niveles de presión acústica ponderados C (oído abierto) para cada frecuencia de la tabla A1 empleando la ecuación (1).

$$N_{C,f_i} = 100 + C_{f_i} \quad (1)$$

donde:

N_{C,f_i} Niveles de presión acústica ponderados C para cada frecuencia de la tabla A1.

C_{f_i} Respuesta relativa correspondiente a la ponderación C (tabla A1).

Paso 3: Calcular el nivel de presión acústica total ponderado C a partir de los valores obtenidos en el paso 2, empleando la ecuación (2).

$$N_C = 10 \cdot \log \left(\sum_1^7 10^{\left(\frac{N_{C,f_i}}{10} \right)} \right) \quad (2)$$

donde:

N_C Nivel de presión acústica total ponderado C .

N_{C,f_i} Niveles de presión acústica ponderados C obtenidos en el paso 2.

Paso 4: Calcular, considerando el nivel de referencia N_R , los niveles de presión acústica ponderados A para cada frecuencia de la tabla A1 empleando la ecuación (3).

$$N_{A,f_i} = N_R + A_{f_i} \quad (3)$$

donde:

N_{A,f_i} Niveles de presión acústica ponderados A para cada frecuencia de la tabla A1.

N_R Nivel acústico de referencia para la señal de ruido rosa en las frecuencias de la tabla A1.

A_{f_i} Respuesta relativa correspondiente a la ponderación A (tabla A1).

Paso 5: Calcular los niveles de presión acústica atenuados (oído ocluido) para cada frecuencia de la tabla A1; sustrayendo de los niveles obtenidos con la ecuación (3) el valor de la atenuación promedio (AP_{f_i}) menos dos veces la desviación estándar (DE_{f_i}) correspondiente, empleando la ecuación (4).

$$N_{At,f_i} = N_{A,f_i} - (AP_{f_i} - 2 \cdot DE_{f_i}) \quad (4)$$

donde:

- N_{At,f_i} Niveles de presión acústica atenuados para cada frecuencia de la tabla A1.
- N_{A,f_i} Niveles de presión acústica ponderados A para cada frecuencia de la tabla A1.
- AP_{f_i} Atenuación promedio, para cada frecuencia f_i , obtenida para el protector auditivo conforme al capítulo 8 de esta norma.
- DE_{f_i} Desviación estándar, para cada frecuencia f_i , de las atenuaciones obtenidas para el protector auditivo conforme al capítulo 8 de esta norma.

Paso 6: Calcular el nivel de presión acústica atenuado total con los valores obtenidos en el paso 5, mediante la ecuación (5).

$$N_{At} = 10 \cdot \log \left(\sum_1^7 10^{\left(\frac{N_{At,f_i}}{10} \right)} \right) \quad (5)$$

donde:

- N_{At} Nivel de presión acústica atenuado total.
- N_{At,f_i} Niveles de presión acústica atenuados para cada frecuencia de la tabla A1.

Paso 7: Calcular el valor NRR sustrayendo del nivel de presión acústica total ponderado C (paso 3), el nivel de presión acústica atenuado total (paso 6). Se resta adicionalmente un factor de seguridad (corrección) de 3 dB para compensar las variaciones que pueden darse en espectros de ruido reales.

$$NRR = N_C - N_{At} - 3 \text{ dB} \quad (6)$$

Este valor, redondeado al entero más cercano, corresponde al factor único de atenuación que se informará en el empaque del protector auditivo, descrito en el apartado 11.3.

En la tabla A2 se muestra un ejemplo del cálculo del factor único de atenuación.

A.2 Ejemplo

TABLA A2
EJEMPLO DE CÁLCULO DEL NRR

Frecuencias centrales en bandas de octava [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1. Espectro de ruido rosa de referencia (el resultado es independiente del nivel considerado), [dB]	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2. Niveles de presión acústica ponderados C, con oído abierto (ec. 1). $N_{C,fi}$, [dB]	99,8	100,0	100,0	100,0	99,8	99,2	97,0
3. Nivel de presión acústica total ponderado C (suma logarítmica de los niveles sonoros obtenidos en el paso 2, ec. 2). N_C , [dB]	$N_C = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^7 10^{\left(\frac{N_{C,fi}}{10}\right)} \right) \quad (2)$ $N_C = 10 \cdot \log \left(10^{\left(\frac{99,8}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{100}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{100}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{100}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{99,8}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{99,2}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{97,0}{10}\right)} \right)$ $N_C = 107,95 \text{ dB}$						
4. Niveles de presión acústica ponderados A, con oído abierto (ec. 3). $N_{A,fi}$, [dB]	83,9	91,4	96,8	100,0	101,2	101,0	98,9
5a. Valores de atenuación promedio (capítulo 8). AP_{fi} , [dB]	29,6	31,3	34,1	34,0	35,5	41,4*	39,6**
5b. Desviación estándar de las atenuaciones DE_{fi} , multiplicada por 2. [dB].	6,4	6,6	4,2	4,6	5,4	3,9*	4,8**
5c. Niveles de presión acústica atenuados en ponderación A, (oído ocluido, ec. 4). $N_{Ar,fi}$, [dB] [Paso 4 – Paso 5a + Paso 5b]	60,7	66,7	66,9	70,6	71,1	63,5	64,1
6. Nivel de presión acústica atenuado total (suma logarítmica de los niveles sonoros obtenidos en el paso 5c, ec. 5). N_{Ar} , [dB]	$N_{Ar} = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^7 10^{\left(\frac{N_{Ar,fi}}{10}\right)} \right) \quad (5)$ $N_{Ar} = 10 \cdot \log \left(10^{\left(\frac{60,7}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{66,7}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{66,9}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{70,6}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{71,1}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{63,5}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{64,1}{10}\right)} \right)$ $N_{Ar} = 76,01 \text{ dB}$						
7. NRR = Paso 3 – Paso 6 – 3 dB [†]	$NRR = N_C - N_{Ar} - 3 \text{ dB} \quad (6)$ $NRR = 107,95 \text{ dB} - 76,01 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$ $NRR = 28,94 \approx 29 \text{ dB}^{\dagger\dagger}$						

† Este es un factor de corrección (seguridad) para proteger contra sobreestimación de la reducción de ruido del DPA debido a posibles variaciones en el espectro de ruido industrial real.

†† El resultado se redondea al entero más cercano.

* Promedio aritmético de los valores correspondientes a 3150 Hz y 4000 Hz.

** Promedio aritmético de los valores correspondientes a 6300 Hz y 8000 Hz.

Apéndice B (Informativo)

GUÍA BÁSICA PARA LA SELECCIÓN Y BUEN USO DE PROTECTORES AUDITIVOS

**TABLA B1.
CLASIFICACIÓN Y DESIGNACIÓN DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS (DE ACUERDO AL
CAPÍTULO 6).**

Tipo A.	Tipo B.	Tipo C.	Tipo D.	Tipo E.
Tapón auditivo moldeable por el usuario	Tapón auditivo premoldeado	Diadema con tapón auditivo	Concha auditiva (orejera)	Concha auditiva montable en casco

El objetivo de la tabla B2 es facilitarle al usuario una guía de selección de los equipos de protección auditiva de acuerdo a tres parámetros.

Tabla B2.

PARAMETROS	DESCRIPCION	TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS SUGERIDOS
Condiciones del ambiente de trabajo	Procesos limpios	A, B, C, D y E.
	Procesos en donde se tenga contacto con grasas y solventes	B, C, D y E.
	Procesos con exceso de partículas suspendidas (polvos)	D y E.
Por el tiempo de exposición	Jornadas de trabajo con exposición continua	A, B, D, y E.
	Jornadas de trabajo con exposición intermitente	B, C y D.
Por su mantenimiento	Tapones auditivos libres de mantenimiento "desechables" (i)	A.
	Tapones auditivos reutilizables (ii)	B.
	Equipos reutilizables con piezas intercambiables para su mantenimiento (iii)	C, D y E.

- (i) Para protectores auditivos que son Tipo A. – Tapón auditivo moldeable por el usuario – se deben manipular con manos limpias. Se sugiere remplazarlos en cada puesta. Son de categoría desechable y no se recomienda lavarlos pues pueden modificar sus cualidades de expansión, o si estos no llegan a secar pueden ser generadores de bacterias. Se deben desechar cuando estén sucios ó hayan perdido su consistencia original.
- (ii) Para los protectores auditivos de clasificación Tipo B. – Tapón auditivo premoldeado – el tiempo de vida útil es mayor, por lo tanto se recomienda lavarlos con agua y jabón neutro. Cerciorarse que el equipo quede seco, libre de cerumen, polvo, grasas y solventes. Estos equipos están diseñados para lavarse constantemente. Se recomienda el intercambio cuando el protector auditivo presente rasgaduras, modificaciones en su forma, tamaño ó consistencia.
- (iii) Para protectores auditivos Tipo C. – Diadema con tapón – se recomienda el lavado de los tapones auditivos considerando las precauciones arriba descritas. Algunos de estos equipos cuentan con tapones de reemplazo, por lo tanto se recomienda el intercambio para mayor higiene.
Para protectores auditivos Tipo D. y E. – Concha auditiva y concha auditiva montable en casco – Se recomienda la limpieza continua a los cojinetes de la concha auditiva. Algunos equipos

cuentan con cojinetes y espumas internas intercambiables. Por lo tanto se recomienda que además de la limpieza se utilicen estos reemplazos cuando se presenten rasgaduras, malformaciones ó endurecimiento de los cojinetes de la concha auditiva.

CONSIDERACIONES GENERALES

- La exposición prolongada a ruidos intensos provoca pérdida auditiva.
- El daño al nervio auditivo es irreversible y permanente.
- El cuerpo humano sólo puede absorber una dosis limitada de ruido cada día.
- En ambientes cuyos niveles rebasan los 80 decibeles se recomienda usar protección auditiva.
- En ambientes donde se requiera elevar el nivel de la voz para ser escuchado, probablemente el nivel rebasa los 85 decibeles.
- La exposición a ruidos con niveles mayores a 105 decibeles, aún por periodos cortos, puede causar daños irreversibles.
- El zumbido en los oídos después de una exposición a ruido (tinitus), indica que el nivel fue demasiado intenso y la exposición periódica puede causar pérdida auditiva.
- El ruido puede causar otros trastornos a la salud, como son alteraciones, problemas cardiovasculares, neurológicos, digestivos, de conducta, estrés y fatiga.

BUEN USO

- Es fundamental el uso de protección auditiva el 100% del tiempo de exposición a ruido ya que tan solo unos minutos sin protección pueden ser dañinos.
- Seleccione un protector auditivo que sea cómodo para usarse correctamente durante todo el tiempo de exposición sin interrupciones.
- Considere sus necesidades individuales de comunicación y su compatibilidad con otros equipos de protección personal.
- El valor NRR_{MX} no es el único factor para seleccionar un protector auditivo. Preferentemente seleccione el protector de acuerdo al espectro de ruido en el centro de trabajo, considerando la tabla de atenuación por frecuencias del protector en cuestión.

ADVERTENCIAS

- Los tapones auditivos no son tóxicos, pero pueden interferir en la respiración en caso de ser introducidos en la nariz o por la boca.
- No se dejen al alcance de los niños menores.
- Verifique que el protector auditivo cuente con la contraseña oficial correspondiente.
- No sobreprotegerse. En algunos casos es necesario que el usuario sea capaz de oír una señal de alarma. Seleccione un protector auditivo con la atenuación adecuada que permita percibir dicha señal de alarma.
- Para obtener la atenuación indicada es necesario que el protector se encuentre en buenas condiciones y se utilice de acuerdo a sus instrucciones de colocación y ajuste.
- Seleccione un protector que no contenga componentes metálicos para actividades donde se requieran equipos dieléctricos.
- Siga las instrucciones y advertencias de almacenaje y mantenimiento.

- Varios estudios han demostrado que la atenuación de los protectores auditivos en el centro de trabajo es menor que la indicada por los valores obtenidos en pruebas de laboratorio. Las condiciones son muy distintas y muchos trabajadores no están debidamente capacitados o motivados para usar los protectores de la manera correcta.

- Por lo tanto dotar a los trabajadores expuestos a ruido con protectores auditivos no es suficiente para garantizar que se evitarán las pérdidas auditivas. Es necesario implementar un Programa de

Conservación de la Audición que incluya la medición y control del ruido, así como la capacitación y motivación de los trabajadores y la evaluación periódica de su audición. El éxito de dicho programa se podrá medir comparando año con año los estudios audiométricos de los trabajadores expuestos a ruido.

APÉNDICE C (Informativo) ETIQUETA OPCIONAL

Los requisitos primordiales de marcado y etiquetado para efectos de esta Norma se pueden cumplir mediante la impresión de dicha información en el empaque o bien en una etiqueta indeleble adherida al mismo.

Un ejemplo de la etiqueta se muestra en la figura C.1. Las dimensiones mínimas deben ser 6.0 por 5.5 cm. Con la inclusión de dicha etiqueta se cumplen los requisitos de los apartados listados en la Tabla C.1, la cual también muestra los tamaños mínimos de fuente para cada uno.

**TABLA C.1
APARTADOS QUE SE CUMPLEN MEDIANTE ETIQUETA Y TAMAÑOS MÍNIMOS DE FUENTE**

Apartado	Descripción	Tamaño mínimo (puntos)
11.1 b)	Tipo de Protector y Modelo	10
11.1 d)	Contraseña de cumplimiento	8
11.3 a)	Nivel de Reducción a Ruido NRR (texto)	9
	Nivel de Reducción a Ruido NRR (valor)	22
11.3 b)	Atenuación media por frecuencia	7
11.4 a)	Advertencia (directamente debajo del valor NRR)*	8
11.4 b)	Advertencia (solo en caso de orejeras)	7
11.4 c)	Advertencia	7

(+) NOTA: Por limitaciones de espacio en la etiqueta se recomienda la leyenda “Usándose según instructivo” en lugar del texto más largo y explícito del apartado 11.4 a).

**FIGURA C.1
EJEMPLO DE ETIQUETA**

Tapón Auditivo XXX yyy									
Nivel de Reducción a Ruido NRR					23 decibeles				
NMX-S-053-SCFI-2000					(Usándose según instructivo)				
* Seleccione un protector cómodo para usarse correctamente durante todo el tiempo de exposición sin interrupciones y que sea compatible con otros equipos de protección personal.									
* Considere sus necesidades individuales de comunicación especialmente si requiere oír alguna alarma sonora.									
* Seleccione el protector de acuerdo a su atenuación por frecuencias y al espectro de ruido.									
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	8000
Atenuación Media (dB)	17.5	25.7	38.8	35.2	38.8	37.7	41.6	41.8	42.7
Desv Std (dB)	1.8	2.0	2.5	2.1	3.1	2.3	3.3	1.7	1.7

