

## DETERMINACION DE LA ATENUACION ACUSTICA DE PROTECTORES AUDITIVOS

### ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES METODOS

**Manuel MONTES MAYORGA**

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Centro Nacional de Medios de Protección. Laboratorio de Acústica y Vibraciones.

*Mediante la determinación de la curva característica de la atenuación acústica de los equipos de protección personal del sistema auditivo, se desea conocer el comportamiento de estos elementos de protección personal frente a los ambientes ruidosos. Dado que la persona humana posee una sensibilidad diferente, dependiendo de la señal sonora que percibe, y de que se encuentre en un recinto completamente silencioso o en uno que posea ruido ambiente elevado, se han de definir de una manera muy precisa en qué lugar se han de realizar los ensayos y que personas se han de utilizar para realizarlos. Este estudio analiza los resultados que se obtienen al aplicar dos métodos diferentes para la determinación de la curva de atenuación de los protectores auditivos.*

#### OBJETO

Dada la existencia de una serie de normas internacionales entre las que se encuentran: ANSI z-22.24 y la Norma Técnica Reglamentaria del Ministerio de Trabajo español MT-2 (Protectores Auditivos), que definen un método (método A), de determinación de la atenuación en el umbral de los protectores auditivos basándonos en la utilización de escuchas audiometricamente normales y utilizando como lugar de ensayo una cámara anecoica de nivel de ruido de fondo nulo y, como señales de ensayo tonos puros de

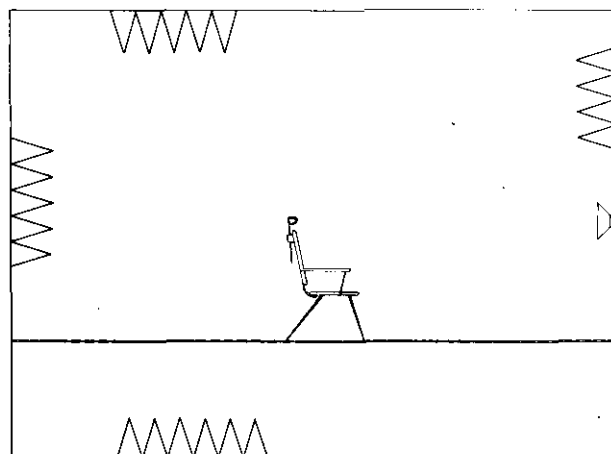


Figura 1

frecuencias 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz, emitidos por una fuente de sonido que se encuentra colocada frente al escucha con lo que se puede decir que es una señal completamente direccional. La aparición, últimamente, de una propuesta de Norma ISO, la ISO/DP/4869, en la que se cambia, respecto al método anterior, la forma de ser emitido el sonido, pues se utiliza un campo de incidencia aleatoria y, el tipo de señal acústica a emplear corresponde a bandas de un tercio de octava de ruido blanco, cuyas frecuencias centrales coinciden con 125, 250, 500, 1000, 2000, 3150, 4000, 6300 y 8000 Hz (método B); hace pensar que puede existir una disparidad grande entre los resultados que se obtengan por cada uno de estos dos métodos.

En este artículo se presentan los datos obtenidos en los

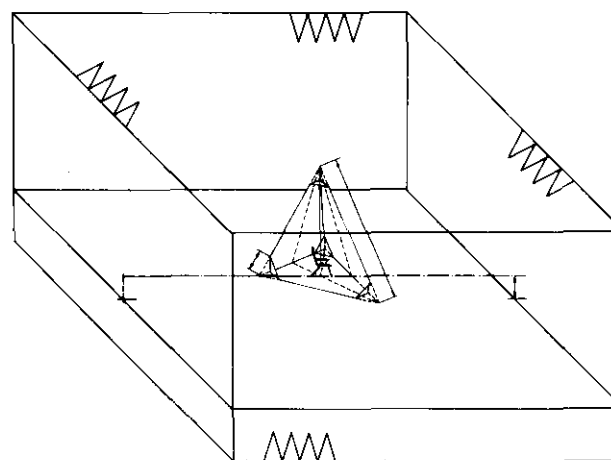


Figura 2

**TABLA 1 (Diferencias en dB)**

RESULTADOS OBTENIDOS AL REALIZAR LO INDICADO EN EL APARTADO 4.2 "PRUEBA DE LUGAR" DE LA ISO/DP/4869

PUNTOS DE MEDIDA	FRECUENCIA CENTRAL 1/3 DE OCTAVA (HZ)								
	125	250	500	1000	2000	3150	4000	6300	800
1	0	+1	-1	-5	-1	-3'5	0	0	-2'5
2	0	0	-2	-8	-6'5	-3'5	-2	-1	-5
3	0	-0'5	-2	-3	-3'5	0	-1'5	+0'4	-2
4	0	+1	-1'5	-9	-7	-3'6	-2	0	-4
5	-1	+2'5	-3'5	-6	-4	2'5	+1	+4'5	+4
6	+2	+8	-5'5	0	-1	-3'5	0	+2'5	+2'3

*NOTA. - El punto 1 corresponde a la posición delantera  
 El punto 2 corresponde a la posición de la izquierda  
 El punto 3 corresponde a la posición de atrás  
 El punto 4 corresponde a la posición derecha  
 El punto 5 corresponde a la posición superior  
 El punto 6 corresponde a la posición inferior*

**TABLA 2  
 VALORES DE ATENUACION ACUSTICA**

PROTECTOR AUDITIVO	(HZ) FRECUENCIAS:										
	125	250	500	1000	2000	3000 3150	4000	6000 6300	8000	Tonos puros Frecuencias centrales 1/3 oct.	
TAPONES	270109	17'7	17'5	18'4	20'4	26'6	30'2	30'5	38'2	40'9	(1)
		18'2	21'9	21'6	20'5	25'7	31'7	31'4	37'7	42'4	(2)
	270110	21'2	20'8	23'0	26'0	34'3	43'6	41'0	40'3	33'9	(1)
		20'4	21'6	23'8	25'5	33'2	41'3	42'6	38'9	37'4	(2)
OREJERAS	270015	3'0	7'0	14'9	27'5	33'7	35'2	34'9	31'1	22'2	(1)
		5'8	9'8	19'1	27'6	32'3	36'4	37'4	28'2	26'8	(2)
	270025	9'4	12'2	20'2	30'3	30'4	35'2	30'2	30'1	24'0	(1)
		9'0	12'7	20'7	26'9	28'0	32'0	30'0	27'7	28'1	(2)
	270005	8'2	13'5	21'9	30'0	35'8	41'7	35'9	29'0	24'6	(1)
		9'2	16'3	22'1	30'4	28'2	37'2	34'8	27'8	30'1	(2)
	270003	15'5	19'2	28'1	36'1	38'6	44'5	42'1	41'2	37'1	(1)
		15'8	20'6	23'6	33'5	38'6	45'5	46'5	38'5	40'0	(2)
	270002	12'5	16'5	28'2	35'2	36'0	45'6	43'5	39'4	37'0	(1)
		11'9	16'4	26'2	31'0	35'1	40'7	39'8	31'8	32'6	(2)
	270001	11'0	13'2	21'3	31'9	33'5	43'6	41'0	38'0	32'2	(1)
		10'1	16'0	22'8	32'7	36'5	41'1	41'3	33'2	35'1	(2)
	270016	9'9	12'8	18'3	28'5	35'0	34'0	31'3	23'7	20'2	(1)
		8'9	15'1	14'6	27'3	27'6	27'4	25'4	21'3	23'8	(2)

(1) Resultados obtenidos aplicando la norma MT-2  
 (2) Resultados obtenidos aplicando la propuesta ISO/DP/4869

ensayos realizados en el Laboratorio de Acústica del Centro Nacional de Homologación, con el objeto de estudiar si existe una variación apreciable entre los valores de atenuación acústica obtenidos por el primer método y los que se consiguen aplicando el segundo.

## METODO DE REALIZACION

La realización de este trabajo se ha basado en la determinación de la curva característica de atenuación en el umbral de los protectores auditivos empleando los dos métodos indicados en el "Objeto" y cuyo proceso operatorio está indicado en las Normas: MT-2 (Método A) e ISO/DP/4869 (Método B).

La figura 1 nos presenta como se encuentra situada la persona respecto a la fuente sonora en el primero de los

métodos; se puede apreciar que está sentada frente a un altavoz por el que se emiten los tonos puros de 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz.

La figura 2 nos presenta la situación de los altavoces para conseguir un campo de incidencia aleatoria en el lugar que ocupa la cabeza del escucha. La obtención de este campo de incidencia aleatoria ha sido motivo de un trabajo (1), por el que se han comprobado las limitaciones indicadas en la propuesta ISO/DP/4869, los resultados aparecen reflejados en la tabla I. Asimismo, en la figura 2, se indica la situación del escucha en el interior del tetraedro. Las señales utilizadas en este segundo método corresponden a un ruido blanco filtrado en bandas de un tercio de octava, cuyas frecuencias, centrales se corresponden con las de 125, 250, 500, 1000, 2000, 3150, 4000, 6300 y 8000 Hz.

En los dos métodos se realiza una audiometría biauditiva sin protector auditivo y con él.

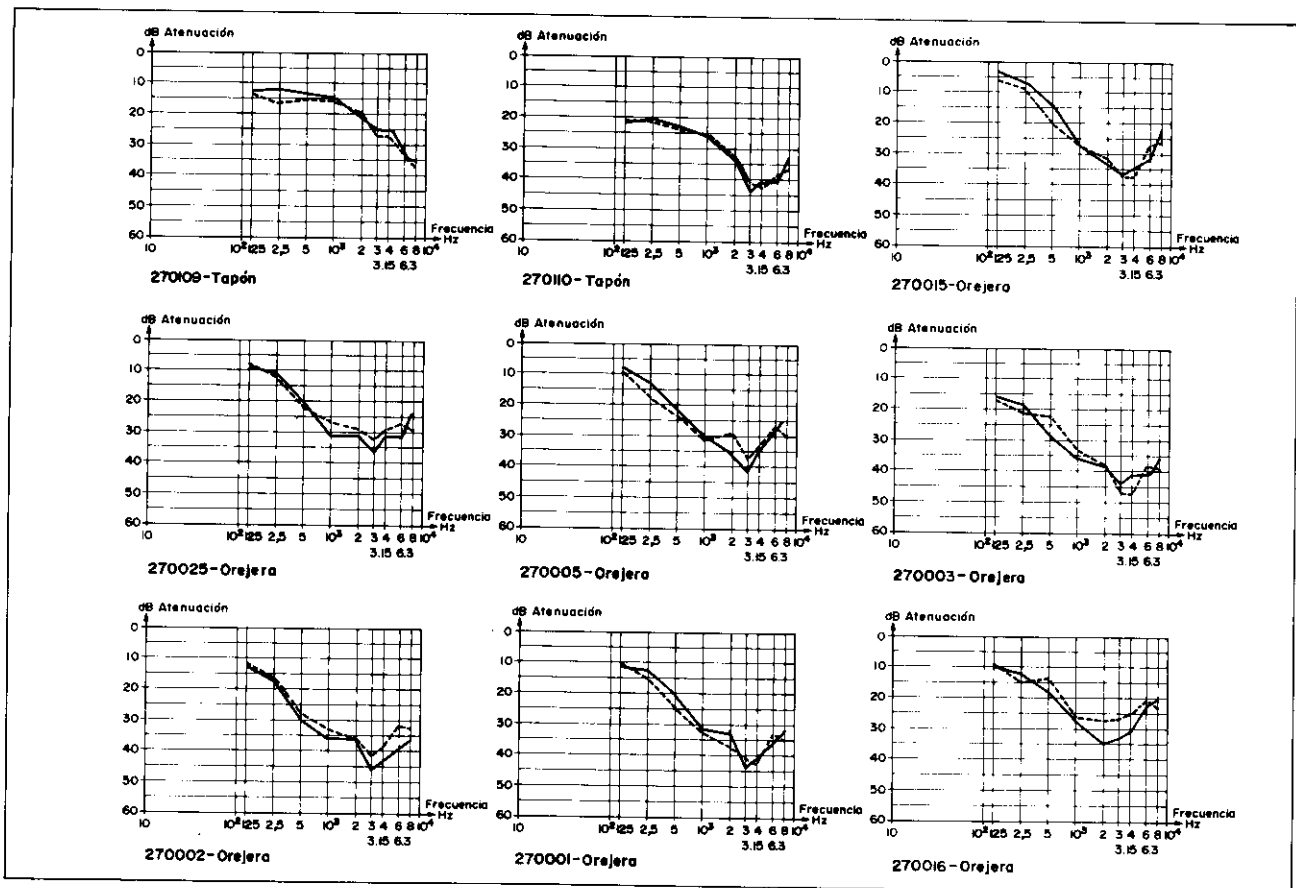


Figura 3 — Curva de atenuación según norma MT-2 — — Curva de atenuación según propuesta ISO/DP4869

(1) "Determinación de un campo acústico de incidencia aleatoria". Lab. Acústica del C.N.H. Salud y Trabajo. Diciembre 76. pp. 37/39.

TABLA 3

PROTECTOR AUDITIVO		FRECUENCIAS: Tonos puros Frecuencias centrales 1/3 octava (HZ)								
		125	250	500	1000	2000	3000 3150	4000	6000 6300	8000
TAPON	270109	+ 0'5	+ 4'4	+ 3'2	+ 0'1	0'9	+ 1'5	+ 0'9	- 0'5	+ 1'5
	270110	- 0'8	+ 0'5	+ 0'8	- 0'5	- 1'1	- 2'3	+ 1'6	- 1'4	+ 3'5
OREJERA	270015	+ 2'8	+ 2'8	+ 4'2	+ 0'1	- 1'4	+ 1'2	+ 2'5	- 2'9	+ 4'6
	270025	- 0'4	+ 0'5	+ 0'5	- 3'4	2'4	3'2	0'2	2'4	+ 4'1
	270005	+ 1'0	+ 2'8	+ 0'2	+ 0'4	- 7'6	- 4'5	- 1'1	- 1'2	+ 5'5
	270003	+ 0'3	+ 1'4	- 4'5	- 2'3	0	+ 1'0	+ 4'4	- 2'7	+ 2'9
	270002	- 0'6	- 0'1	- 2'0	- 4'2	- 0'9	- 4'9	- 3'7	- 7'6	- 4'4
	270001	- 0'9	+ 2'8	+ 1'5	+ 0'8	+ 2'7	2'5	+ 0'3	- 4'8	+ 2'9
	270016	- 1'0	+ 2'3	- 3'7	1'2	- 7'9	6'6	6'9	- 2'4	+ 3'6

## RESULTADOS

El estudio se ha realizado con nueve protectores diferentes, de los que siete corresponden al protector auditivo tipo orejera y los dos restantes al tipo tapón.

La figura 3 nos presenta las nueve gráficas correspondientes a los nueve tipos de protectores auditivos ensayados. Con línea gruesa se ha representado la curva de atenuación característica obtenida por el método A y con línea de trazos aparece la obtenida mediante la aplicación del método B.

La tabla 2 nos presenta los valores de atenuación, en dB, obtenidos para cada uno de los protectores ensayados y en cada una de las frecuencias de ensayo.

Los valores indicados en la tabla 2 y representados en la figura 3, serán la base de partida para poder definir las conclusiones de este estudio.

## ESTUDIO ESTADISTICO

A la vista de los resultados obtenidos, la realización de un estudio estadístico en el que se tomen nueve muestras diferentes que coincidirán con cada una de las frecuencias de ensayo, y que estarán formadas por las diferencias existentes entre los valores obtenidos al aplicar el método A respecto a los conseguidos por el método B para cada uno de los nueve protectores estudiados (Tabla 3); nos indicará si verdaderamente es indiferente la utilización de un método u otro, o existe gran disparidad en los resultados.

Para cada una de las frecuencias se ha determinado un valor medio, del valor absoluto de las diferencias consideradas y, la desviación típica de las mismas respecto a este valor medio. La tabla 4 nos presenta estos valores.

Si denominamos  $X_i$  al valor absoluto de una de las diferencias correspondientes a uno de los protectores en una de las frecuencias y,  $X_m$  el valor medio de todas las

TABLA 4

	FRECUENCIAS: Tonos puros Frecuencias centrales 1/3 octava (HZ)								
	125	250	500	1000	2000	3000 3150	4000	6000 6300	8000
Valor medio $X_m$	0'92	1'99	2'29	1'44	2'77	3'08	2'40	2'88	3'67
Desv. normal m	0'75	1'39	1'65	1'44	2'77	1'91	2'23	2'15	1'16

# Higiene Industrial

diferencias correspondientes a esa frecuencia para los distintos protectores ensayados, la desviación típica nos vendrá dada por:

## CONCLUSIONES

El análisis de los valores estadísticos obtenidos nos lleva a la conclusión, interesante, de que dado el carácter subjetivo de los dos métodos utilizados, la determinación de la atenuación en el umbral de los protectores auditivos da resultados que se pueden considerar como positivos cualquiera que sea el método que se siga.

## ACTUALIZACIÓN LEGISLATIVA

**RESOLUCIÓN de 17 de octubre de 1983 de la Dirección General de Trabajo por la que se modifica el apartado 1.2 de la Norma Técnica Reglamentaria MT-5 sobre Calzado de seguridad contra riesgos mecánicos, aprobada por Resolución de 31 de enero de 1980.**

Ilustrísimos señores:

La Norma Técnica Reglamentaria MT-5, sobre calzado de seguridad contra riesgos mecánicos, de 31 de enero de 1980, aprobada en aplicación de la Orden de 17 de mayo de 1974, establece la luz libre mínima de las punteras referentes a las clases de calzado para el personal masculino y comprendidas entre las tallas 39 y 44 por ser éstas las más generales.

La exigibilidad del mercado de calzado para tallas de números inferiores al 39, así como de calzado apropiado para el pie femenino, obliga a modificar la citada Norma Técnica, comprendiendo en la misma las tallas inferiores al número 39 y las adecuadas para el personal femenino, y como consecuencia de ello, la luz libre mínima que las mismas han de tener.

Con dicho fin, se han efectuado en el Centro Nacional de Medios de Protección del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, los correspondientes estudios y ensayos, teniendo presente las normas establecidas en diferentes países, así como las sugerencias hechas por los usuarios y fabricantes, llegando a establecer las normas al efecto, lo que supone una modificación del apartado 1.2 de la mencionada Norma Técnica Reglamentaria MT-5 sobre calzado de seguridad contra riesgos mecánicos.

En su consecuencia, a la vista de dicho estudio, previo informe de la Secretaría General Técnica y oída la Inspección de Trabajo y Seguridad Social:

Esta Dirección General de Trabajo acuerda:

Primero. Modificar, dentro del campo de aplicación de la Orden de 17 de mayo de 1974, el apartado 1.2 de la Norma Técnica Reglamentaria MT-5 sobre calzado de seguridad contra riesgos mecánicos, de 31 de enero de 1980, en los siguientes términos:

### 1.2. Clasificación del calzado de seguridad

Según la modalidad, el calzado de seguridad contra riesgos mecánicos, se clasificará como sigue:

Clase I: Calzado provisto de puntera de seguridad para protección de los dedos de los pies contra los riesgos debidos a caídas de objetos, golpes, aplastamientos, etc. Dentro de esta clase se distinguen dos grados, A y B, de acuerdo con la luz libre determinada en las pruebas de resistencia al impacto.

Clase II: Calzado provisto de plantilla o suela de seguridad, para protección de las plantas de los pies contra pinchazos.

Clase III: Calzado con puntera y plantilla o suela de seguridad, para protección del pie contra el conjunto de riesgos especificados para las clases I y II. Dentro de esta clase se distinguen dos grados, A y B, de acuerdo con la luz libre determinada en las pruebas de resistencia al impacto.

Los requisitos de luz libre definitorios del grado de protección son los siguientes:

#### a) Calzado masculino

Para tallas inferiores al 39, el grado A corresponderá a una luz libre superior a los 16 milímetros, y el grado B cuando este comprendida entre 13 y 16 milímetros.

Las tallas desde el 39, en adelante tendrán el grado A cuando la luz libre sea superior a 18 milímetros, y el grado B cuando este comprendida entre 15 y 18 milímetros.

#### b) Calzado femenino

Para tallas inferiores al 37, el grado A corresponderá a una luz libre superior a 13 milímetros, y el grado B cuando este comprendida entre 10 y 13 milímetros.

Las tallas del 37 en adelante tendrán el grado A cuando la luz libre sea superior a 15 milímetros, y el grado B cuando este comprendida entre 12 y 15 milímetros.

Lo que participo a V. H. para su conocimiento y efectos.

Madrid, 17 de octubre de 1983. El Director general, Francisco José García Zapata.

Ilmos. Sres. Jefe de la Inspección Central de Trabajo y Seguridad Social, Jefe de la Inspección General de Servicios, Director del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, y señores Directores provinciales de Trabajo y Seguridad Social.