

PROTECCION AUDITIVA

Facultad de Ingeniería- UBA
Seguridad Ambiental y del Trabajo-97-04

Ing. Mónica Bianucci

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

SONIDO

- ▶ Desde el punto de vista físico, el SONIDO es una vibración mecánica transmitida por un medio elástico (el aire), capaz de ser percibida por el órgano auditivo. Para ello se deben dar dos condiciones:
- ▶ Alcanzar una amplitud mínima umbral.
- ▶ Que su frecuencia se encuentre comprendida entre los 20 y 20000 Hz. Rango audible (oído humano)

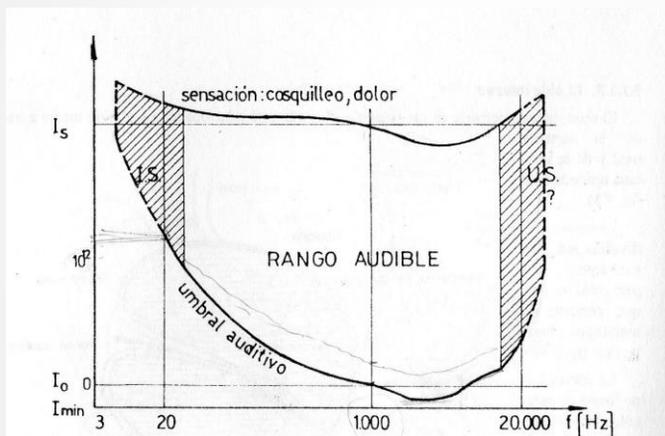
Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

RUIDO

- ▶ Es un sonido molesto y desagradable, que alcanza niveles de intensidad tales que incomodan a nuestra salud generando sensaciones de **disconfort** y **daños auditivos**.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Umbral audibilidad: es la presión sonora mínima que produce la sensación de audición



Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Magnitudes Físicas

- ▶ I = Intensidad Sonora (W/m^2)
- ▶ Es la energía por unidad de tiempo y superficie considerada en una superficie normal a la propagación del sonido. La intensidad sonora de referencia es:
 - ▶ $I_0 = 10^{-12} \text{ w/m}^2$
- ▶ W = Potencia Sonora (W)
- ▶ Es una característica de la fuente, si la fuente es puntual, el flujo de energía se propaga sin direcciones preferenciales. La Potencia de referencia es:
 - ▶ $W_0 = 10^{-12} \text{ w}$
- ▶ P = Presión Sonora (N/m^2)
- ▶ Es la presión producida por el sonido, y resulta ser la diferencia entre la presión estática y la presión existente. La Presión sonora de referencia es:
 - ▶ $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

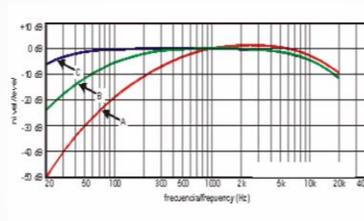
Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Decibel

- ▶ Dado que el oído humano, es sensible a un gran intervalo de intensidades , es que resulta conveniente el uso de una escala logarítmica para la cuantificación tanto de: Intensidad, Potencia y Presión sonora.
- ▶ El decibel, es la unidad relativa empleada en acústica entre el valor que se desea evaluar y uno de referencia:
 - ▶ $L_m = 10 \log(M/M_0)$

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Existen 3 escalas(A, B y C). En ambiente laboral las mediciones se expresan en escala A, dado que es la que mejor representa la respuesta del oído



Frecuencia (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Corrección - Escala A (dB)	-39,4	-26,0	-16,0	-9,0	-3,0	0,0	1,0	1,0	-1,0

Ing. Mónica Bianucci - Clase_prácticas_Curso 1_Seguridad Ambiental y del Trabajo - 77-08/7709

Distribución temporal del ruido

▶ Continuos

▶ Discontinuos:

1. **Ruidos de impacto:** tienen un crecimiento casi instantáneo, una frecuencia de repetición menor de 10 por segundo y decaimiento exponencial.- Se miden en escala C
2. **Ruidos impulsivos:** tienen un crecimiento casi instantáneo y una duración menos de 50 ms.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

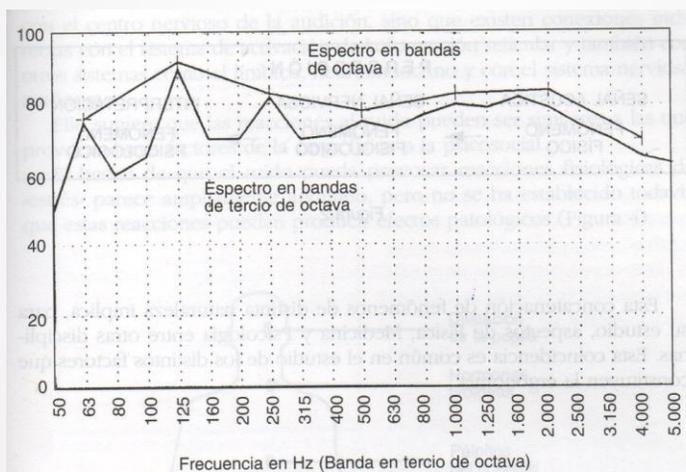
Sonidos puros y compuestos

- ▶ **Sonido Puro:** señal acústica de forma senoidal de una sola frecuencia.
- ▶ **Sonido compuesto:** es la suma de varios sonidos puros.

En la industria los sonidos son compuestos

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Bandas de octavas $f_2 = 2 f_1$
Tercios de octavas $f_2 = (2^{1/3}) f_1$



Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Figura 1. Ruido producido por un centro de transformadores.

► Si mido en bandas de octavas:

► $NPS = 10 \text{ Log } \Sigma 10^{NPSi/10}$

FRECENCIA	NPSi dB(A)
63	88
125	85
250	86
500	86
1000	88
2000	91
4000	93
8000	94
NPS	98,44 dBb(A)

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

FUENTES DE RUIDO AERODINÁMICO Producen ruido a través del movimiento del aire	FUENTES DE RUIDO MECÁNICO Producen vibraciones mecánicas
1. VENTILADORES	IMPACTOS Prensas Movimiento de materiales
2. AIRE COMPRIMIDO Chorros de aire Escapes de aire comprimido Tubos de escape de motores	MÁQUINAS ROTATIVAS Engranajes Bombas Cojinetes Motores eléctricos
3. COMBUSTIÓN	FUERZAS DE FRICCIÓN Y OTRAS Herramientas cortantes Frenos

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

FUNCIONES DEL SISTEMA AUDITIVO

- ▶ Captar la señal acústica, transformarla y transmitirla al cerebro a través del oído externo, medio e interno.
- ▶ Contribuir al equilibrio del cuerpo.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

OÍDO HUMANO

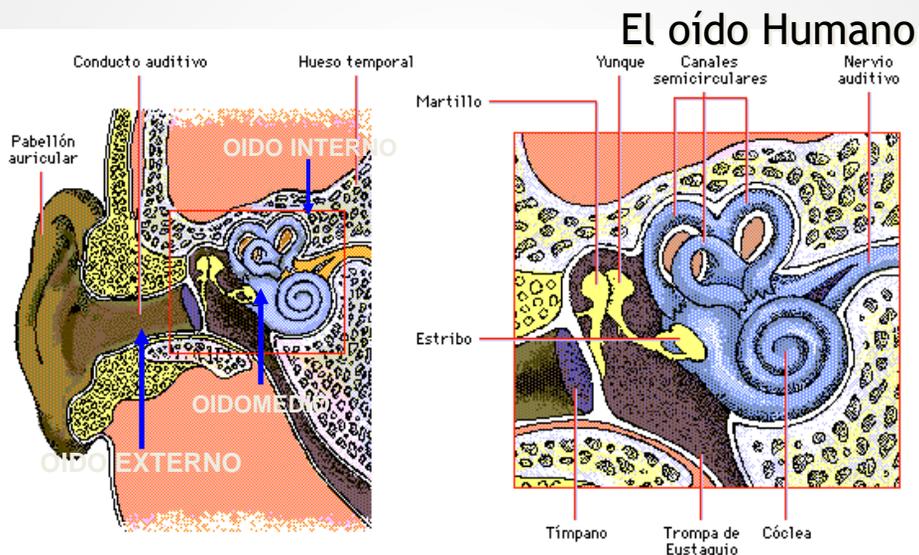


Ilustración de Microsoft

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

EFFECTOS DEL RUIDO

- ▶ Efectos sobre el aparato auditivo (pérdida de la audición). Trauma acústico, Sordera profesional, desplazamiento transitorio del umbral auditivo..
- ▶ Efectos fisiológicos no relacionados con la audición (mareos, dolor de cabeza, tensión muscular)
- ▶ Interferencia de la comunicación hablada.
- ▶ Efectos psicológicos.
- ▶

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

DTU : desplazamiento Transitorio del Umbral auditivo

- ▶ Es una elevación del nivel del umbral auditivo debida a la exposición al ruido en la que se aprecia un retorno progresivo al nivel anterior a la exposición.
- ▶ La pérdida auditiva permanente se asocia con la DTU.
- ▶ El desplazamiento del umbral auditivo se produce en una frecuencia de media a una octava mayor a la del ruido causante. Luego se extiende a otras frecuencias.
- ▶ Los ruidos de alta frecuencia, a igualdad de intensidad, producen mayor DTU, que los de baja.
- ▶ La pérdida de audición es menor si el ruido es intermitente.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Interferencia en la comunicación verbal NIV

- NIV es la media aritmética del nivel de presión sonora de las bandas, medidas en octavas, cuyos centros de frecuencias son 500, 1000 y 2000 hz.

F	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NPS	43	62	65	68	73	68	68	85

$$NIV = \frac{68 + 73 + 68}{3}$$

NIV (dB)	Máxima distancia conversación normal (m)	Máxima distancia conversación en voz alta (m)
35	7,5	15
45	2,3	4,6
60	0,42	0,85

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

UMBRAL DEL DOLOR	-- 130 --	Motor a retroimpulso
	-- 120 --	LIMITE MAXIMO DE LA CAPACIDAD DEL OIDO
	-- 110 --	Motor a pistón del avión. Plancha de acero martillada por 4 hombres. Remachadoras.
	-- 100 --	Sierras circulares. Fábrica regular.
	-- 90 --	Bocina estridente.
	-- 80 --	Tránsito pesado. Grito humano.
	-- 70 --	Ruidos de oficina.
	-- 60 --	Calle céntrica de la Ciudad
	-- 50 --	Conversación normal a 4 metros.
	-- 40 --	Centro de la Ciudad a medianoche.
	-- 30 --	Calle suburbana.
	-- 20 --	Silbido a 2 metros. Susurrar.
	-- 10 --	Rumor de hojas en brisa suave.
	-- 0 --	EL MAS DEBIL SONIDO AUDIBLE.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

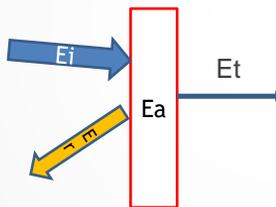
CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO DEL RUIDO

- FRECUENCIA
 - INTENSIDAD
 - TIPO DE RUIDO
 - TIEMPO DE EXPOSICIÓN
- ▶ UBICACIÓN DE LA FUENTE
 - ▶ SENSIBILIDAD INDIVIDUAL
 - ▶ LESIONES ANTERIORES

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

AISLACION Y ABSORCIÓN ACUTICA

▶ $E_i = E_r + E_t + E_a$



LA ABSORCIÓN Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DE UN DETERMINADO MATERIAL ES DIFERENTE PARA CADA FRECUENCIA.

Ing. Mónica Bianucci - Clase_prácticas_Curso 1_Seguridad Ambiental y del Trabajo - 77-08/7709

Absorción Acústica

- ▶ La absorción acústica es **la propiedad que tienen todos los materiales para absorber energía acústica**, permitiendo que se refleje sólo una parte de ella.
- ▶ La absorción depende del grado de porosidad de la superficie del material.
- ▶ Los poros hacen que la energía sonora quede atrapada en ellos con múltiples reflexiones.
- ▶ Dentro del poro, esta energía se convierte en energía calorífica debido al rozamiento de la energía con los límites del poro al ir rebotando en su interior, y esta energía se disipa.

Coeficiente de Absorción

$$\alpha = \frac{(E_I - E_R)}{E_I}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

$\alpha = 0$ PERFECTAMENTE REFLEJANTE

$\alpha = 1$ PERFECTAMENTE ABSORBENTE

AISLACIÓN ACÚSTICA

- ▶ Es la propiedad que expresa el grado de reducción del sonido entre dos recintos separados por un elemento de cerramiento o entre un recinto cerrado y el exterior. Estos materiales o sistemas constructivos limitan el paso del sonido.

▶ $\tau = E_i / E_t$

- ▶ $\tau = 0$ PERFECTAMENTE AISLANTE
- ▶ $\tau = 1$ PERFECTAMENTE TRANSPARENTE

Ing. Mónica Bianucci - Clase_prácticas_Curso 1_Seguridad Ambiental y del Trabajo - 77-08/7709

Evaluación de exposición-Criterio de Igual energía

Es el adoptado por la legislación Argentina, dando lugar a la siguiente definición de Nivel Sonoro Continuo Equivalente: “Es el nivel sonoro medido en decibeles “A” de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada laboral, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma”.

El Nivel Sonoro Continuo Equivalente puede calcularse para ruidos que se desarrollen en periodos discretos de la jornada laboral como:

$$NSCE : 10 \log \sum 10^{NPS_i/10} \cdot t_i / \sum t_i$$

Con NPS_i = Nivel de presión sonora del intervalo i con duración de tiempo t_i , para el periodo T .

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Evaluación en ambiente laboral- marco legal

- ▶ Res. 295/03 . Límites legales de exposición NSCE 85 db(A) - 8 hs de exposición -

Para exposiciones variable, se aplica: $\sum Ci/Ti \leq 1$

Donde, Ci= tiempo al que está expuesto a un determinado nivel de ruido

Ti: tiempo máximo permitido a ese nivel, tabla 1 res. 295/03

- ▶ Los resultados de la medición se expresan según Res.SRT 85/12 Protocolo de mediciones

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

NSCE

- ▶ **NSCE: Nivel Sonoro Continuo Equivalente**
- ▶ **LIMITE ADMISIBLE RES. 295/03- para 8 hs.de exposición.**
- ▶ **El valor máximo permitido por Res. 295/03 es de 85 dBA en un periodo de 8 hs**

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Res 295/03 Tiempo máximos de exposición

Duración por día		NPS dBA
horas	24	80
	16	82
	8	85
	4	88
	2	91
	1	94
minutos	30	97
	15	100

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Ejemplo: operarios expuesto a 3hs. A 82 dB(A); 2hs a 88dB(A) y 3 hs a 91 dB(A)

$$\blacktriangleright \sum C_i/T_i \leq 1$$

TIEMPO Ci	NPSi dB(A)	DURAC, PERMITIDA	
		Ti	Ci/Ti
3	82	16	0,19
2	88	4	0,50
3	91	2	1,50
		SUMATORIA (Ci/Ti)	2,19

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Calculo de NSCE

$$NSCE = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{NPSi/10} \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}$$

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Calculo de NSCE: : operarios expuesto a 3hs. a 82 dB(A); 2hs a 88dB(A) y 3 hs a 91 dB(A)

1	2	3	4	5
Ci	NPSi dB(A)	NPSi/10	10^(NPSi/10)	(10^(NPSi/10)) X Ci
3	82	8,2	158489319,2	475467957,74
2	88	8,8	630957344,5	1261914688,96
3	91	9,1	1258925411,8	3776776235,38
			sumatoria	5514158882,08
			sumatoria Ci	8
				689269860,3
				8,838389288
			NSCE =	88,38

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Suma de decibeles

- ▶ Si se tienen dos sonidos de igual NPS, se deben sumar 3 dB para obtener el Nivel de Presión Sonora Total
- ▶ $L_1 = 80 \text{ dB}$ $L_2 = 80 \text{ dB}$ $L_t = (L_1 + 3) \text{ dB} = 83 \text{ dB}$
- ▶ Para cualquier otra diferencia de niveles de presión sonora, se le suma al nivel mayor, una cantidad especificada en la Tabla.
- ▶ $L_1 = 80 \text{ dB}$ $L_2 = 82 \text{ dB}$ $L_t = (82 + \Delta) \text{ dB} = 84 \text{ dB}$

Suma de decibeles											
L2 - L1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,7	0,6	0,5

- ▶ Para diferencias mayores a 10 dB entre una fuente y la otra, la fuente de menor nivel de NPS es prácticamente despreciable

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Niveles de Intervención preventivos para evitar la hipoacusia inducida por ruido (HIR)-Propuestas por Superintendencia de Riesgos de Trabajo

NSCE	VIGILANCIA SALUD		MEDICIONES DE RUIDO		EPP	MEDIDAS CORRECTIVAS
	EMP	FRECUENCIA	MEDICION	FRECUENCIA		
< 80	NO		SI	1 vez	NO	NO
≥ 80 y < 82	NO		SI	CADA 3 AÑOS	NO	NO
≥ 82 y < 85	SI	CADA 2 AÑOS	SI	CADA 2 AÑOS	OPCIONAL	SI
≥ 85	SI	ANUAL	SI	ANUAL	OBLIGATORIO	SI

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Medidas Correctivas

- ▶ Controles de Ingeniería (Aislar la fuente, mantenimiento preventivo y correctivo)

- ▶ Controles administrativos

- ▶ Utilización de protectores auditivos

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Controles de Ingeniería

- ▶ **Ordenación de las fuentes de ruido**
Ordenar las fuentes exige valorar su contribución relativa al ruido global producido por las máquinas o proceso. Si este paso no se lleva a cabo, la elección de las medidas reductoras es puramente un ejercicio de adivinación con escasas posibilidades de éxito.

- ▶ Para conseguir una reducción de ruido eficaz es necesario actuar en primer lugar sobre las fuentes de mayor importancia.

- ▶ 1) Bomba, 93 dB(A)
2) Ventilador, 90 dB(A)
3) Motor, 88 dB(A)

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Ordenación de las fuentes de ruido

- ▶ 1) *Escuchar*: permite asociar las características del proceso a las del ruido percibido.
- 2) *Modificar* las condiciones de operación: cambiando las velocidades, cargas, alimentaciones, y anotando los cambios producidos en el ruido producido.
- 3) *Asociar* los ruidos a los distintos momentos del ciclo de la máquina o proceso.
- 4) *Aislar*: haciendo funcionar cada una de las fuentes por separado, anulando total o parcialmente las restantes.
- 5) *Análisis de frecuencia*: el espectro de frecuencia puede ser una ayuda importante para la caracterización de las fuentes individuales de ruido.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Controles de Ingeniería

Una vez las fuentes de ruido han sido debidamente ordenadas, es posible empezar a considerar con cierto detalle las técnicas de reducción de ruido que podrían aplicarse. Las principales técnicas disponibles son las siguientes:

- a) *Control en la fuente*: modificaciones técnicas que alteran el proceso de generación de ruido.
- b) *Silenciadores*: para el ruido aerodinámico existe una amplia gama de silenciadores.
- c) *Aislamiento de las vibraciones*: introducción de elementos que limitan la transmisión de las vibraciones producidas.
- d) *Reducción de las vibraciones*: disminución de la intensidad de las vibraciones de las superficies o elementos que transmiten ruido.
- e) *Absorción del ruido*: mediante el recubrimiento de paredes y/o techos con productos absorbentes del ruido.
- f) *Confinamiento*: mediante cabinas que reduzcan la transmisión del ruido.
- g) *Barreras*: colocación de barreras entre el foco emisor y las personas expuestas a ruido, tal como suele hacerse en las autopistas

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Medición de Ruidos

- ▶ Resolución SRT 85/12-Protocolo de medición-
- ▶ La medición debe ser representativa!!!

- ▶ Ruidos continuos: se miden en escala A y respuesta lenta

- ▶ Ruidos de impacto: se miden en escala C (lineal) y respuesta rápida

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Medición de Ruidos-Instrumental

- ▶ Sonómetros o Decibelímetros: equipos integradores
- ▶ Clase 1 (mayor precisión que los clase 2)
ò Clase 2

- ▶ Dosímetros: son medidores individuales, los
Lleva el trabajador durante la jornada laboral
- ▶ Analizadores en bandas de octavas



Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

¿Por qué medir en Bandas de Octavas?

- ▶ La razón principal de la necesidad de realizar un análisis en Banda de octava radica en que un instrumento simple integra todas las frecuencias como si fuese una sola y entrega el nivel de presión sonora total; si este valor final fuese inferior al límite legal no requeriría un análisis complementario adicional ya que las bandas de octavas por si solas nunca podrían superar este valor. Ahora en cambio, *si el límite es superado toma mayor relevancia el análisis de banda de octava ya que es importante detectar cuáles son las bandas que están generando estos niveles de presión elevados*, ya que permite trabajar sobre ellos para reducirlos o para proteger adecuadamente al trabajador. La elección incorrecta de un protector auditivo sin el análisis por banda puede llevar a que el trabajador no esté siendo adecuadamente protegido.

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Controles de Administrativos

- ▶ la reducción del ruido mediante la organización del trabajo:
limitación de la duración de la exposición

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Uso de EPP Protectores Auditivos

► Copa



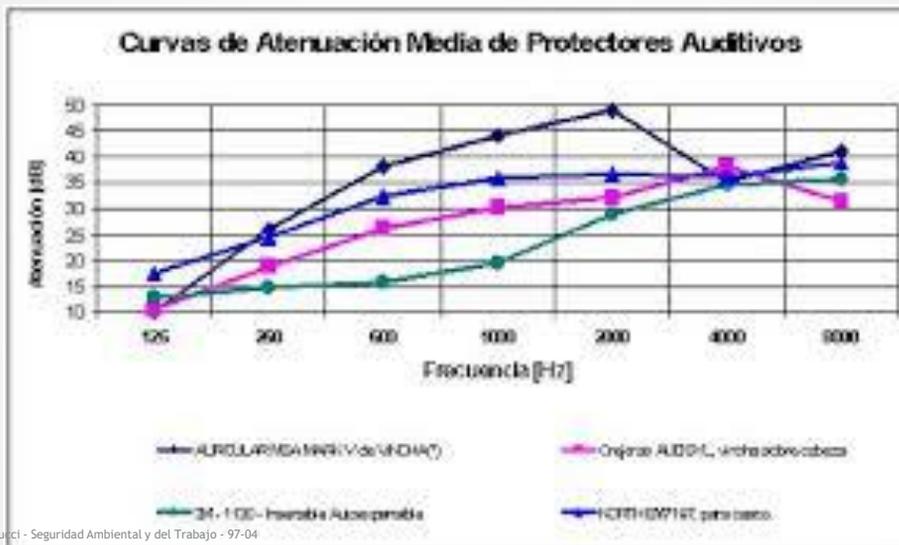
► Intraurales o de inserción

Descartables (de espuma de poliuretano, hipoalergénicos)
Reutilizables



Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Atenuación de Protectores Auditivos



$$APV_i = m_i - \alpha S_i$$

APV_i = valor de la protección asumida, para cada banda de octava (dB)

m_i = Atenuación sonora media en cada banda de octava (dB)

S_i = Desviación estándar en cada banda de octava (dB)

α = Se adopta 1 (según Nch 1331/6)

Frecuencia	(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación Media m_i	(dB)	27.8	26.0	24.9	25.2	29.4	34.9	37.0	35.9
Desviación Estándar S_i	(dB)	5.4	4.5	3.3	5.0	4.2	4.1	5.2	3.7
Valor de protección asumida APV_i	(dB)	22.4	21.5	21.5	20.2	25.2	30.8	31.8	32.2

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

F_i	N_i	APV_i	N_{iPA}	Correc. escala A	$N_i(A)$	$N_i(A)/10$	$10^{N_i(A)/10}$
Hz	dB	dB	dB	dB	dB(A)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
63							
125							
250							
500							
1000							
2000							
4000							
8000							
						Σ	
						$\log \Sigma$	
				NPS (dB(A))		$10 \log \Sigma$	

Referencias:

Ni:	Nivel de presión sonora medido en cada banda de octava/escala lineal	
APV_i	Atenuación del protector auditivo	
N_{iPA}	Nivel de presión sonora con atenuación del protector auditivo/escala lineal	$N_i - APV_i$
Correc.:	Corrección por red de compensación A	
$N_i(A)$:	Nivel de presión sonora efectivo, en cada banda de octava corregido por escala A	$N_i + \text{Correc.}$
		$NPS (dB(A)) = 10 \log \Sigma 10^{N_i(A)/10}$

Ing. Mónica Bianucci - Seguridad Ambiental y del Trabajo - 97-04

Exámenes médicos periódicos: Audiometrías

- ▶ Por ley, todo trabajador expuesto a un Nivel Sonoro Continuo Equivalente mayor o igual a 85 dB(A), debe realizarse controles audiométricos anuales. Dichas audiometrías las debe realizar la ART (Aseguradora de Riesgos de Trabajo).
- ▶ No obstante lo anterior, la Superintendencia de Riesgos de Trabajo, en su última Guía Técnica, recomienda que los trabajadores expuestos a un Nivel Sonoro continuo equivalente entre 82 dB(A) y menor a 85 dB(A), se les realicen audiometrías cada 2 años.