



Tema 9: Exposición al ruido laboral

- **Dosis de exposición al ruido laboral.**
- **Protectores auditivos.**
- **Dosis de exposición al ruido. Ejercicio.**

Dosis de exposición al ruido laboral

- **Orientada a preservar al oído de pérdidas auditivas por daño.**
- **La norma ISO 1999, es aplicable en Europa.** Considera aditiva la exposición y pondera con el criterio de que *igual energía acústica equivale a igual exposición* y no tiene en cuenta recuperaciones del oído durante períodos de bajo ruido. **Luego, se basa en obtener un nivel medio equivalente durante la exposición.**

Recientemente:

- Los valores se han actualizado: **Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y su transposición a la normativa española, REAL DECRETO 286/2006** de 10 de marzo BOE nº 60 11-03-2006, ambos disponibles en “El ruido en el ambiente laboral”, 2ª ed., monografía técnica sobre seguridad y salud en el trabajo nº 2 de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Consejería de Trabajo y Política Social, Instituto de Seguridad y Salud Laboral, 2006, G. Pérez López.
- Por debajo de 80dB(A) no se considera que se inflinge daño, salvo ruidos impulsivos que superen 135 dB(C) relativo a 20 µPa.
- A partir de 80dB(A) “valor inferior que da lugar a una acción” se exige que existan protectores auditivos disponibles, se informe a los trabajadores, se les forme en el uso del protector auditivo y se establezca un control médico (generalmente a través de audiometría).
- El límite superior corresponde a $L_{Aeq,ref} = 87$ dB(A) para una jornada laboral repetitiva de 8 horas de referencia (*nivel diario equivalente $L_{Aeq,d}$*). Se limitan los ruidos impulsivos a 140 dB(C).
- Si la jornada laboral no es repetitiva, se usa el L_{Aeq} a lo largo de 5 días laborables (*nivel semanal equivalente $L_{Aeq,s}$*).
- Un segundo nivel corresponde a 85 dB(A), o cuando *la presión instantánea* (posición “**Peak**”) $L_{max} > 137$ dB(C). A partir de esta situación es obligatorio un programa de disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición.

Dosis de exposición al ruido laboral

- Teniendo en cuenta la expresión anterior, **ec. (&)** la dosis en % es según ISO 1999 que considera el límite máximo 90 dB(A):

$$D\% = 100 \frac{E}{E_{100\%}} = \frac{100 \left(\sum_{i=1}^n I_i T_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^n I_i T_i \right)_{100\%}} = 100 \frac{10^{\left(\frac{Leq}{10} \right)}}{10^{\left(\frac{Leq_{100\%}}{10} \right)}} = 100 \cdot 10^{\left(\frac{Leq - Leq_{100\%}}{10} \right)} = 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\sum_{i=1}^n \frac{T_i}{T} 10^{\left(\frac{Leq_i}{10} \right)} \right) - \left(\frac{90\text{dB}}{10} \right) \right]} \quad (\underline{a})$$

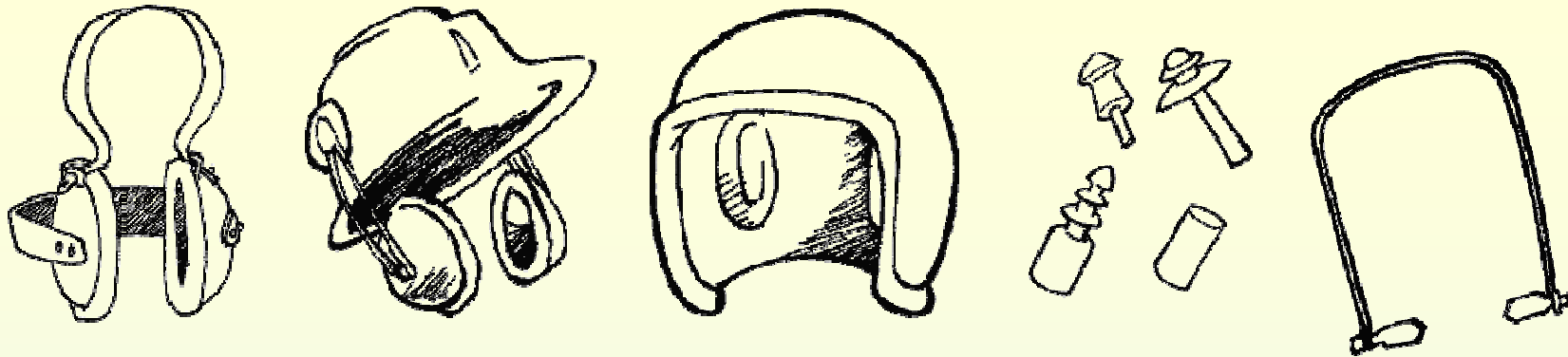
Protectores auditivos

- Caso de que las soluciones de ingeniería y los controles administrativos (colectivos) sean impracticables o mientras se ponen en marcha, se puede recurrir al uso de Equipos Protectores auditivos Individuales EPIs. Son fundamentalmente una barrera hermética portátil, que suele comprometer la comodidad y la inteligibilidad en la recepción de mensajes, aunque los hay con auriculares integrados. España: Real Decreto 773/1997.
- Son de tipo:
 - **Orejera**, mini-cascos acolchados que encierran la totalidad del pabellón auditivo, Ambos cascos se unen por una banda elástica ajustable que los mantiene contra el cráneo.
 - **Tapón**, que se introduce en el canal auditivo. Los hay premoldeados (con talla), formables (de espuma o caucho) y moldeables (de cera o silicona).
 - **Semi-insertados**, intermedio entre los anteriores. 2 tapones que no entran totalmente en el canal, unidos por una banda elástica, de cabeza o cuello, que los empuja hacia dentro.
- Características:
 - **Atenuación**: capacidad de aislamiento del protector (R , **ec. (%)**), función de la frecuencia y habitualmente entre 125 y 8.000 Hz. Se expresa en dB para cada banda de frecuencias (curva de atenuación). Debido a que la atenuación en el puesto de trabajo suele ser inferior a la obtenida en laboratorio, la protección real se corrige sobre la base de una:
 - **Desviación estándar σ** : obtenida del ensayo normalizado a 10 sujetos en tres ensayos diferentes, medida a las mismas frecuencias que la atenuación. Se expresa en dB.
 - La normativa exige que un % (95%, 98%, etc.) de la población que los use tenga garantizada la protección; luego, hay que corregir con σ rebajando la atenuación.

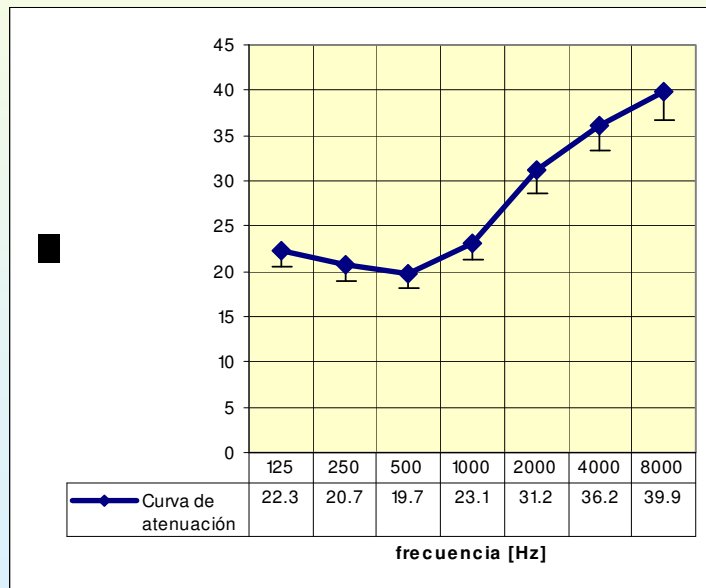
$$\text{Protección en la banda} = \text{Atenuación} - k\sigma$$

- **Valores de k para un % de la población cubierta: 95% $\Rightarrow k = 2$. para el 98% $\Rightarrow k = 3$.**
- **Comodidad**, altamente subjetiva.

Protectores auditivos



Fuente: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España: http://www.mtas.es/insht/practice/gp_audit.htm



Atenuación por octavas (dB) de un protector auditivo, mostrando la desviación típica.

- Existen varios métodos para dar una única cifra de **factor de reducción** (*SNR* y *NRR*), suele designarse como R_A y suele ponderarse con valores A. El nivel acústico del ruido ambiente L_{iA} se reduce con este factor para dar el nivel global que percibe la persona protegida, (ec. (%) más adelante):

$$L_A = L_{iA} - R_A$$

Dosis de exposición al ruido. Ejercicio.

Ejercicio: Obtenga la dosis al ruido laboral según ISO 1999 en un puesto de trabajo si durante 2 horas se mide un $L_{A,eq}$ de 95 dB y durante 3 horas se mide 85 dB(A) de la misma manera. El resto del tiempo se midió un $L_{Aeq} = 75$ dB.

Solución: Aplicando la definición de dosis, ec. (a) :

$$\begin{aligned}
 D\% &= 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i 10^{\left(\frac{L_{A,eq_i}}{10} \right)} \right) - \left(\frac{L_{A,eq_{ref}}}{10} \right) \right]} = 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\frac{2h \cdot 10^{\frac{95}{10}} + 3h \cdot 10^{\frac{85}{10}} + 3h \cdot 10^{\frac{75}{10}}}{8h} \right) - \left(\frac{90}{10} \right) \right]} = \\
 &= 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\frac{6,32 \cdot 10^9 + 9,49 \cdot 10^8 + 9,48 \cdot 10^7}{8} \right) - \left(\frac{90}{10} \right) \right]} = \\
 &= 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\frac{7,36 \cdot 10^9}{8} \right) - \left(\frac{90}{10} \right) \right]} = 100 \cdot 10^{\left[\log \left(\frac{7,36 \cdot 10^9}{8} \right) - \left(\frac{90}{10} \right) \right]} = 100 \cdot 10^{(8,96-9)} = 92\%
 \end{aligned}$$

Puede observarse como:

- El efecto del primer periodo de 95 dB(A) en la dosis es dominante sobre los otros. Si lo eliminamos sale una dosis del 79%
- Los 75 dB(A) apenas afectan a la dosis. Si eliminamos esa contribución obtenemos 91 %.

Ejercicio: nivel acústico en el puesto de trabajo

Un trabajador recibe un ruido continuo en su puesto de trabajo durante todas las jornadas de 8 horas, estando situado en el centro de una nave industrial paralelepípedica diáfana.

- Una primera fuente es una máquina próxima cuyo espectro de presión acústica se ofrece en bandas de octava.
- Un ventilador está situado en el centro de la pared lateral, según esquema en planta y puede considerarse una fuente isótropa. El fabricante ofrece los datos de potencia acústica hacia el lado interior en bandas de octava.

La nave tiene 5 m de altura, 20 m de anchura y 50 m de largo.



- 1.- Con los coeficientes de absorción de los materiales de construcción siguientes, estimar el nivel acústico equivalente que recibe el trabajador del ventilador si éste funciona a lo largo de 8 horas, o solamente 5 minutos. ¿Se sobrepasan los 85 dBA máximos indicados por la legislación?. ¿Cuánta es la dosis según ISO 1999?. Caso de sobrepasarse, ¿Qué medida propone?

Asumiremos $Q = 2$ en la hipótesis de que el ruido unilateral del altavoz se midió esféricamente. Si se hubiera medido con el ventilador sobre una pared, sería $Q = 1$.

Ejercicio: nivel acústico en el puesto de trabajo

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
L_w [dB] _{vent} = NP	139	144	131	126	124	122	119	116
Paredes ladrillo, α	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05
Suelo hormigón, α	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Techo escayola, α	0,2	0,2	0,15	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05

Usando la suma de campo libre y reverberante para el ventilador, Ec. (\$):

$$\underbrace{L_p}_{NPS} = \underbrace{L_w}_{NP} + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) ; \quad Q = 2 ; \quad r = 25\text{m} ; \quad \bar{\alpha} = \frac{\sum_j \alpha_j S_j}{S} ; \quad R = \frac{S \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \quad \text{Procedamos por octavas:}$$

$$S_{\text{ladrillo}} = 2 \times 20 \times 5 + 2 \times 50 \times 5 = 700\text{m}^2 ; \quad S_{\text{hormigón}} = 20 \times 50 = 1.000\text{m}^2 ; \quad S_{\text{escayola}} = 20 \times 50 = 1.000\text{m}^2 ; \quad S = 2.700\text{m}^2$$

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4000	8.000
$\bar{\alpha} \times 10^2$	9,07	8,81	7,22	5,22	3,63	4,52	4,26	4,26
R [m ²]	270	261	210	149	102	128	120	120
$10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$ [dB]	-18,1	-18	-17,0	-15,6	-14	-15	-14,7	-14,7
$(L_p)_{\text{vent}}$	121	126	114	110	110	107	104	101

y usando la suma logarítmica (de energía) por octavas: $(L_p)_{\text{vent}} = 10 \log \sum_k 10^{L_{pk}/10} = 128 \text{ dB}$

Ejercicio: nivel acústico en el puesto de trabajo

Ponderando este ruido de ventilador ponderado A:

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4000	8.000
A_k tabla (*) transpa 116	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1
$L_p + A_k$ [dBA]	95	110	105	107	110	108	105	100

... se obtiene el nivel total corregido A: $(L_p)_{vent} = 10 \log \sum_k 10^{(L_{pk} + A_k)/10} = 116 \text{ dB(A)}$

El ventilador funciona 8 horas: $(L_p)_{eq} = 116 \text{ dB(A)} > 90 \text{ dB(A)}$ y $> 87 \text{ dB(A)}$

El ventilador funciona 5min: $(L_p)_{eq} = 10 \log \left(\frac{5/60h}{8h} \times 10^{116/10} \right) = 96 \text{ dB(A)} > 90 \text{ dB(A)}$

Se sobrepasan.
Al ser $> 100\%$
dosis, es posible
EPI los 5
minutos.

2.- Calcule el nivel de presión acústica equivalente que recibe el trabajador cuando simultáneamente funcionan máquina y ventilador durante 8 horas, originando la máquina el siguiente espectro de presión acústica. ¿Se sobrepasan los 85 dB(A) máximos indicados por la legislación?. Proponga medidas.

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4000	8.000
L_p [dB] máq	92	95	98	100	110	105	100	95
L_p [dBA] = L_p [dB] máq + A_k	66	79	89	97	110	106	101	94

$$(L_p)_{maq} = 10 \log \sum_k 10^{(L_{pk} + A_k)/10} = 112 \text{ dB(A)}$$

Ejercicio: nivel acústico en el puesto de trabajo

Por ser 8 horas $(L_p)_{eq} = L_p: \left[(L_p)_{vent+maq} \right]_{eq} = 10 \log \left(10^{(L_p)_{vent}/10} + 10^{(L_p)_{maq}/10} \right) = 118 \text{ dB(A)} > 90, 87 \text{ y } 85 \text{ dB(A)}$

3.- Si el trabajador lleva puestos protectores auditivos con la siguiente curva de atenuación, determinar si se cumple de esta manera la legislación laboral española. Tómese $k = 1$.

f [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4000	8.000
Atenuación R_A [dB]	10,2	11,2	19,1	25,7	29,2	32	36,8	39
Desviación σ [dB]	3,2	2,2	2,7	3,1	2,3	2,7	3,7	3,7
Protección $R_A - k\sigma$ [dB]	7	9	16,4	22,6	26,4	29,3	33,1	35,3
$(L_A)_{vent+maq}$ [dBA]	95	110	105	108	113	110	107	101
“ con protectores	88	101	88	85	86	81	74	66

$$\left[(L_p)_{vent+maq} \right]_{eq} = 10 \log \sum_k 10^{L_{pk}/10} = 102 \text{ dB(A)} > 90, 87 \text{ y } 85 \text{ dB(A)}$$

Se sobrepasan, los protectores son insuficientes. Como medidas posibles y preferibles están el cambio o encapsulado de la máquina, el cambio de ventilador a uno menos ruidoso (al ser ambos ruidos parecidos la reducción máxima actuando sobre solo uno de ellos será en torno a 3 dB) y finalmente, el acondicionamiento acústico de la nave (más costoso) para aumentar α .

Cuestiones de autoevaluación, tema 9

- La dosis de ruido ¿atiende a la molestia en el puesto de trabajo o al daño auditivo?
- La dosis de ruido en el puesto de trabajo, ¿considera el ruido acumulado en los periodos de descanso extralaborales?
- El daño auditivo se valora a través de ¿la pérdida permanente del umbral de percepción auditiva o de la transitoria?
- ¿Son los protectores auditivos personales el recurso preferente frente a un exceso de ruido permanente?
- Los ruidos impulsivos intensos pueden causar daño permanente ¿V/F?
- ¿Se emplea la ponderación frecuencial A para establecer la dosis?
- Los protectores auditivos individuales proporcionan una atenuación que es muy reproducible durante el uso ¿V/F?
- Sin la existencia de ruidos impulsivos, si el nivel medio equivalente durante la semana laboral repetitiva es de 83 dBA ¿Es necesario tomar alguna medida de cara a la protección auditiva, según normativa española?
- Señale los tres niveles de referencia de cara al ruido en el ambiente laboral, de acuerdo a la Directiva 2003/10/CE en cuanto a ruido continuo y pico.

Actividades propuestas, tema 9

- Haciendo uso de buscadores en Internet localice esquemas de la normativa laboral de protección frente al ruido en los EEUU y en Europa y contraste con lo descrito en estos apuntes y entre sí.
- Localice en Internet información acerca de cómo se miden los ruidos impulsivos mediante sonómetros y dosímetros laborales.
- Ciertas personas poseen la facultad de proteger su oído con un músculo frente a impulsos acústicos tras recibir el primero. Investigue este fenómeno.