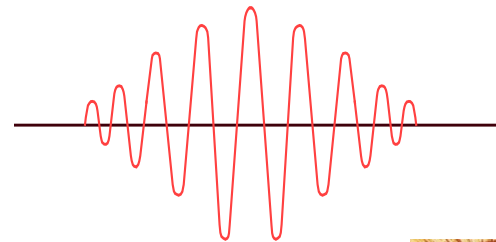
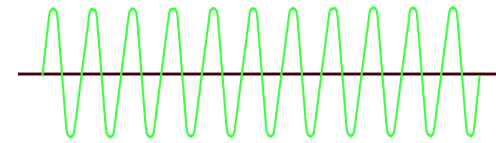
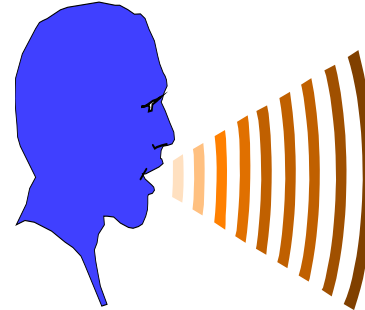




EL SONIDO EVALUACION Y CONTROL



Tradición – Tecnología - Innovación





Prevención de Riesgos Laborales

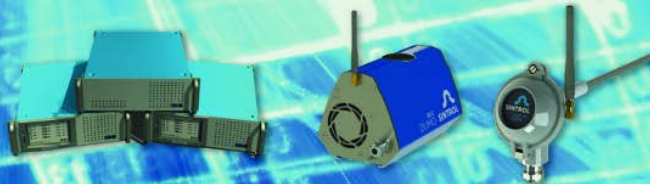
HIGIENE



SEGURIDAD



AMBIENTE



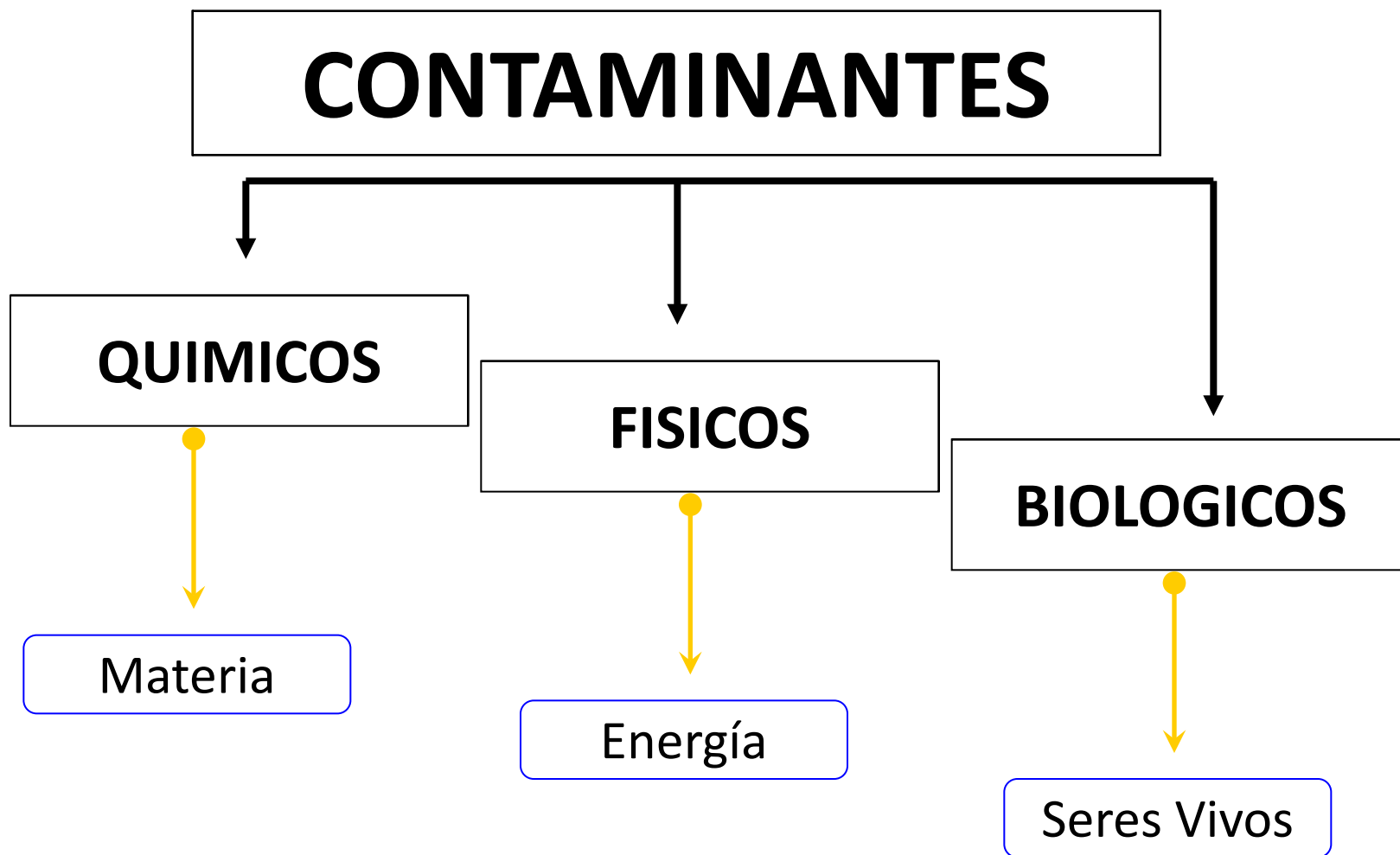
**TECNICAS DE MEDICION
EN HIGIENE LABORAL**

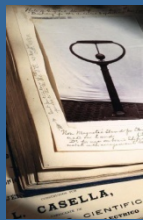
FORMACIÓN

***El Sonido
Evaluación y Control***

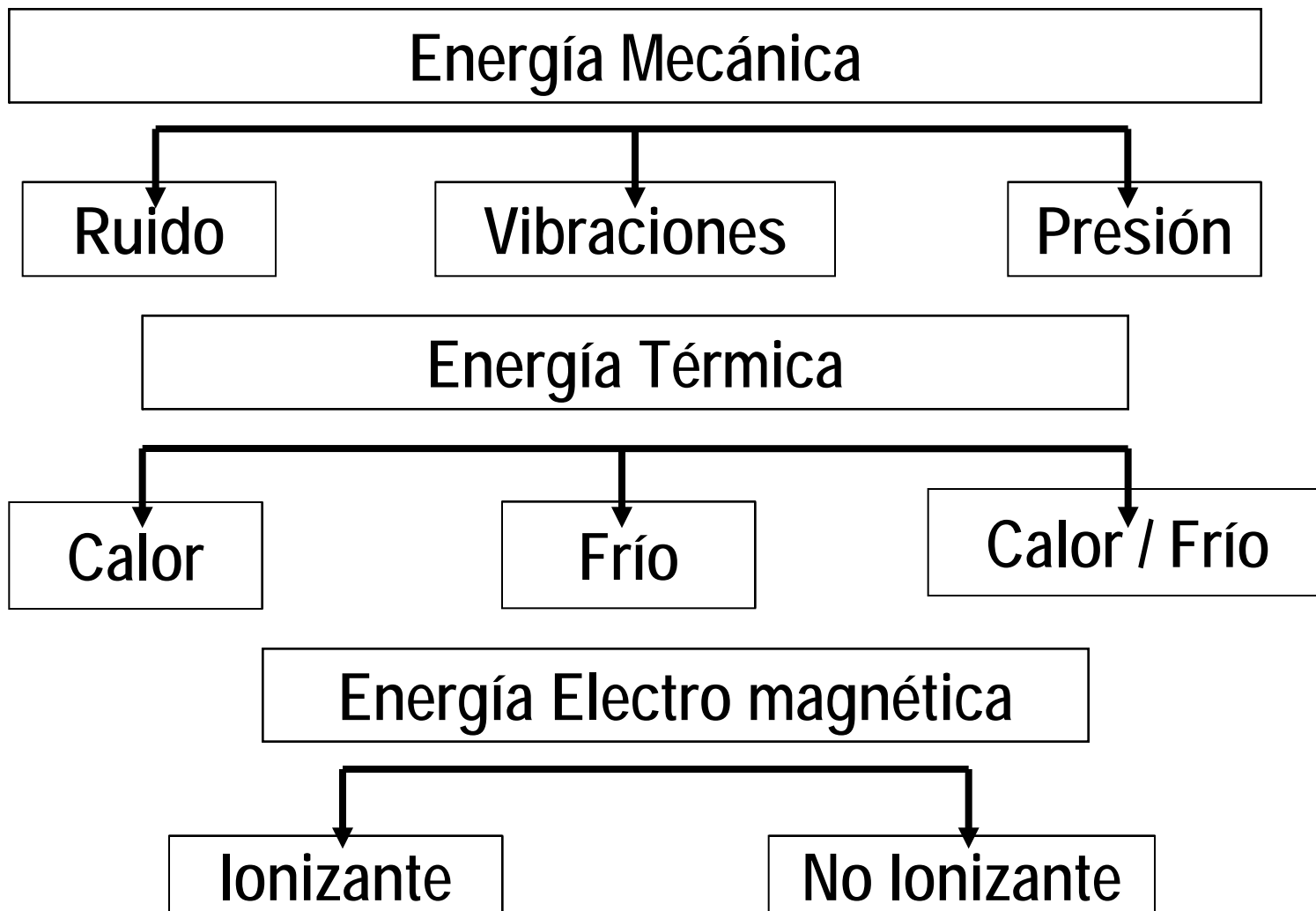


Identificación de los Contaminantes





Contaminantes Físicos





SONIDO

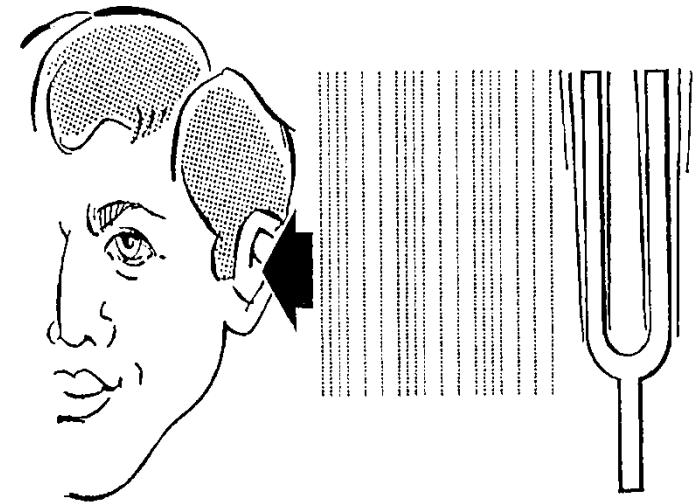
- Sensación, en el órgano del oído, por el movimiento ondulatorio producido por los cambios de presión en un medio elástico, generados por el movimiento vibratorio de un cuerpo sonoro.
- Fenómeno vibratorio que a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce, se propaga en ese medio, bajo la forma de una variación periódica de presión sobre la presión atmosférica.
- Es aquella vibración que el oído puede detectar.

Naturaleza del Sonido

La fuente sonora vibra y hace vibrar a su vez a las partículas de aire. Éstas golpean al tímpano y son interpretadas como un sonido.



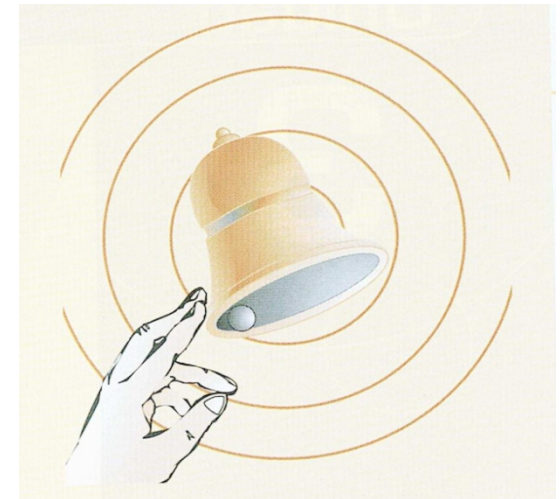
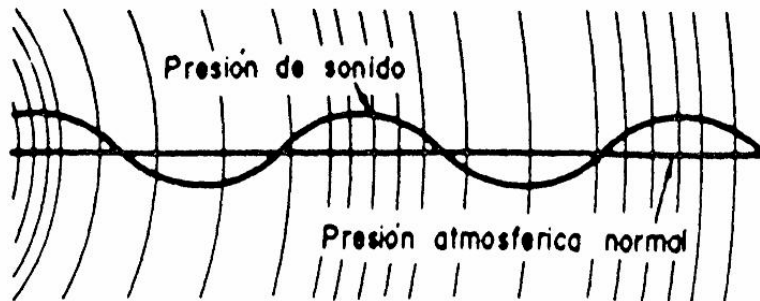
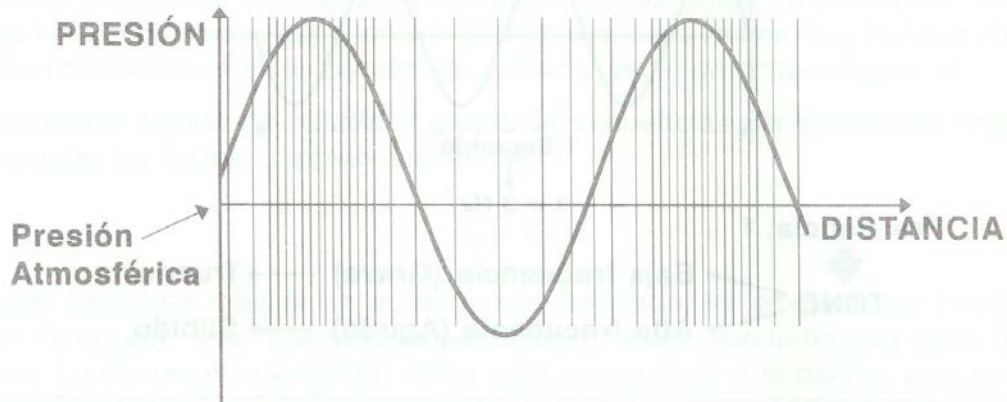
La fuente sonora vibra y hace vibrar a su vez a las partículas de aire. Éstas golpean al tímpano y son interpretadas como un sonido.



Naturaleza del Sonido



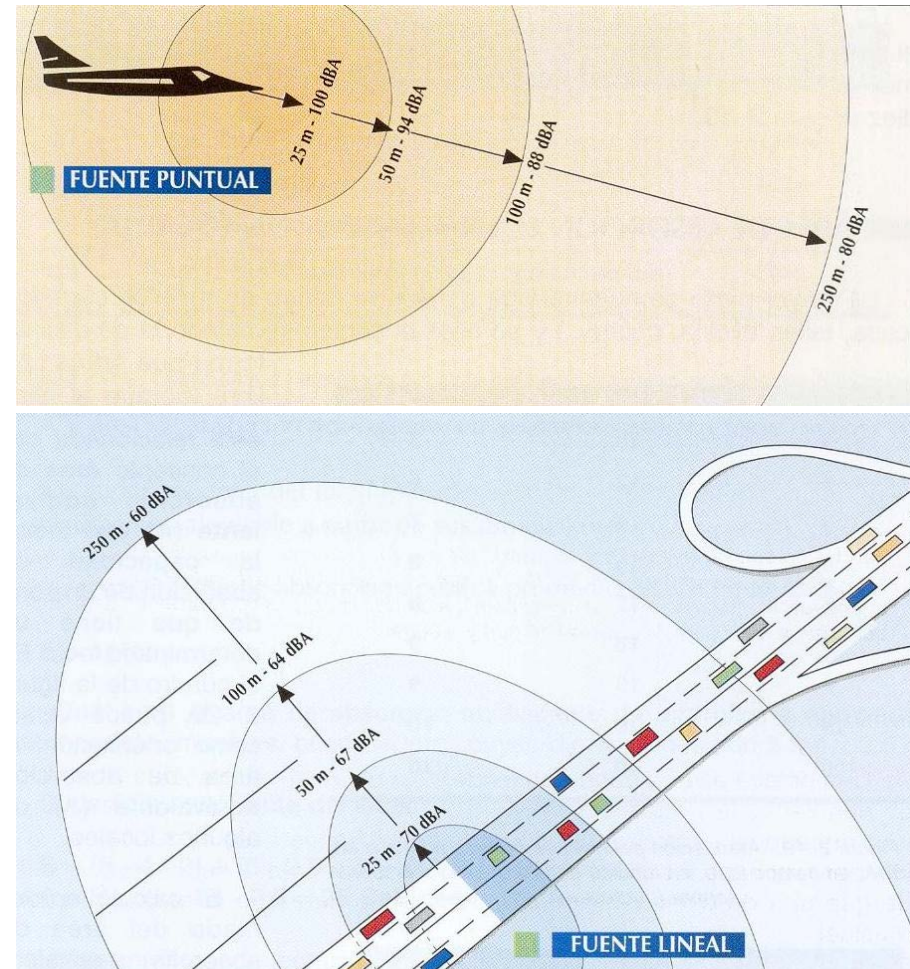
Sonido es cualquier variación de presión, sobre la presión atmosférica, que el oído humano pueda detectar.





Propagación del Sonido

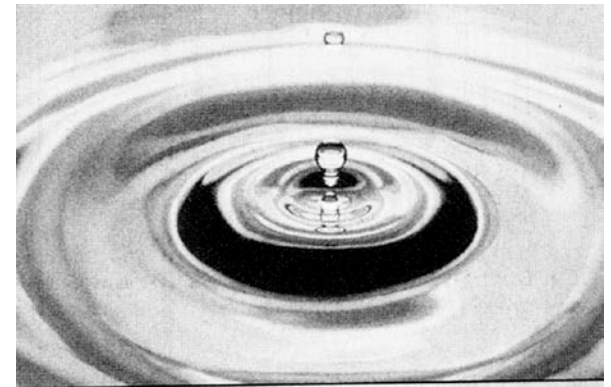
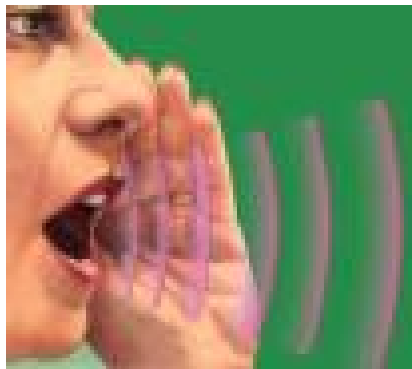
- **Esférica u omnidireccional:**
Cuando el sonido lo emite una fuente de baja frecuencia.
(Tuberías)
- **Plana o direccional:**
Si la fuente emite en frecuencias altas.
(Fuentes de gran tamaño)





Propagación del Sonido

- El sonido se propaga en medios elásticos,
- Velocidad de propagación depende de la densidad del medio. $V = 340 \text{ m/s}$ **aire**; 460 m/s **agua**; $1.000 \text{ a } 5.000 \text{ m/s}$ en **madera**
- Unidades de Presión: $\text{N/m}^2 = \text{Pascal}$
- Unidades de Frecuencia: Herzio (Hz)



La barrera del sonido



Por debajo de la velocidad del sonido

Flujo de aire

Variaciones de presión

Los aviones que vuelan lentamente crean variaciones de presión que viajan a la velocidad del sonido, y que se adelantan al avión. El flujo del aire se ajusta y las variaciones se disipan.

A la velocidad del sonido

Flujo del aire

Onda de choque

Barrera del sonido (mach 1)

Variaciones de presión

Los aviones que vuelan a la velocidad del sonido experimentan un aumento dramático de la resistencia al avance porque las variaciones de presión se acumulan en vez de disiparse. El avión casi ha alcanzado las ondas de presión que va creando su propio avance.

Por encima de la velocidad del sonido

Flujo del aire

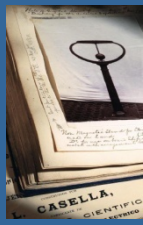
Onda de choque

Variaciones de presión

Los aviones que vuelan a más velocidad que el sonido crean poderosas ondas de choque porque el flujo de aire no ha tenido tiempo de ajustarse a su paso. La explosión sónica es el sonido asociado a la onda de choque.

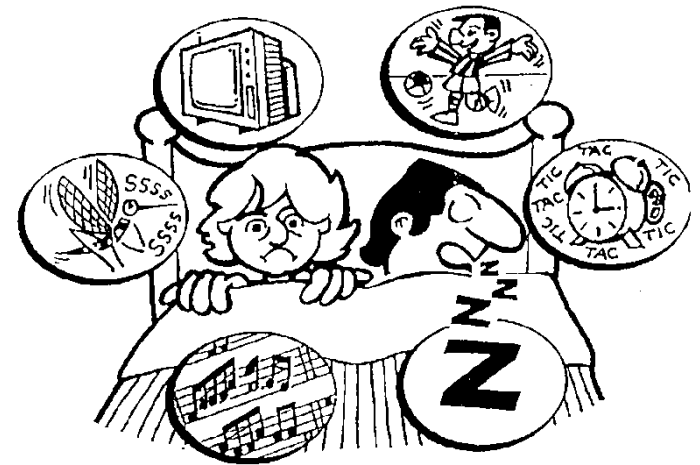
Velocidad del sonido: (al nivel del mar) aproximadamente 1.223 km/h

Enciclopedia Encarta, © Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.



RUIDO

- Conjunto de sonidos no agradables.
- Combinación de sonidos no coordinados que originan una sensación no agradable.
- Grupo de sonidos que interfieran una actividad humana.
- Sonido no deseado





Consideraciones de estudio

Desde dos aspectos diferentes:

- **SUBJETIVO:** Afecta el comportamiento de las personas y sus actividades
- **OBJETIVO:** Origina lesiones auditivas, Enfermedades Profesionales



Subjetividad del Ruido

- Depende de la sensibilidad y apreciación de las personas, circunstancias y características del ruido

Apreciación subjetiva de un sonido





Objetividad del Ruido

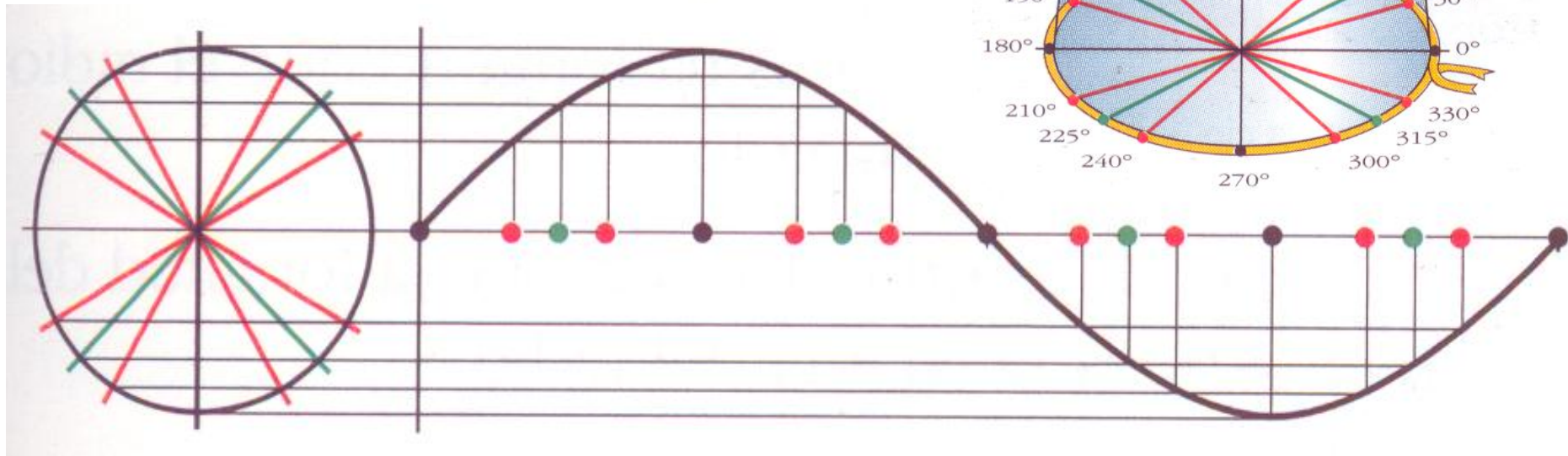
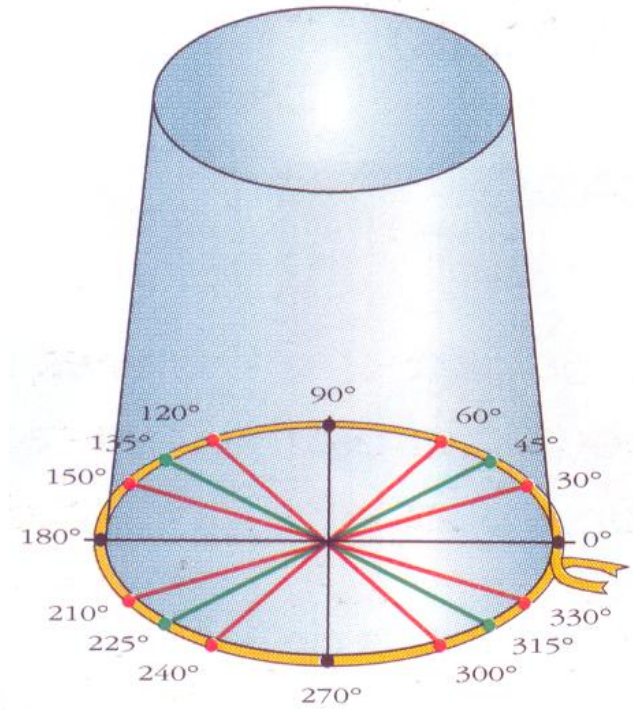
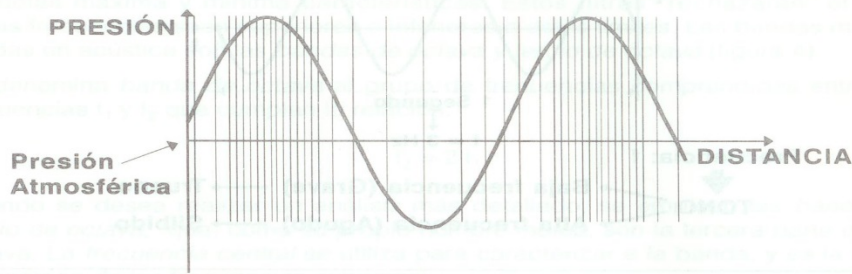
- Sensación sonora que puede lesionar el órgano del oído, producir trastornos fisiológicos, psicológicos o perturbar gravemente una actividad





Representación sinodal de la circunferencia

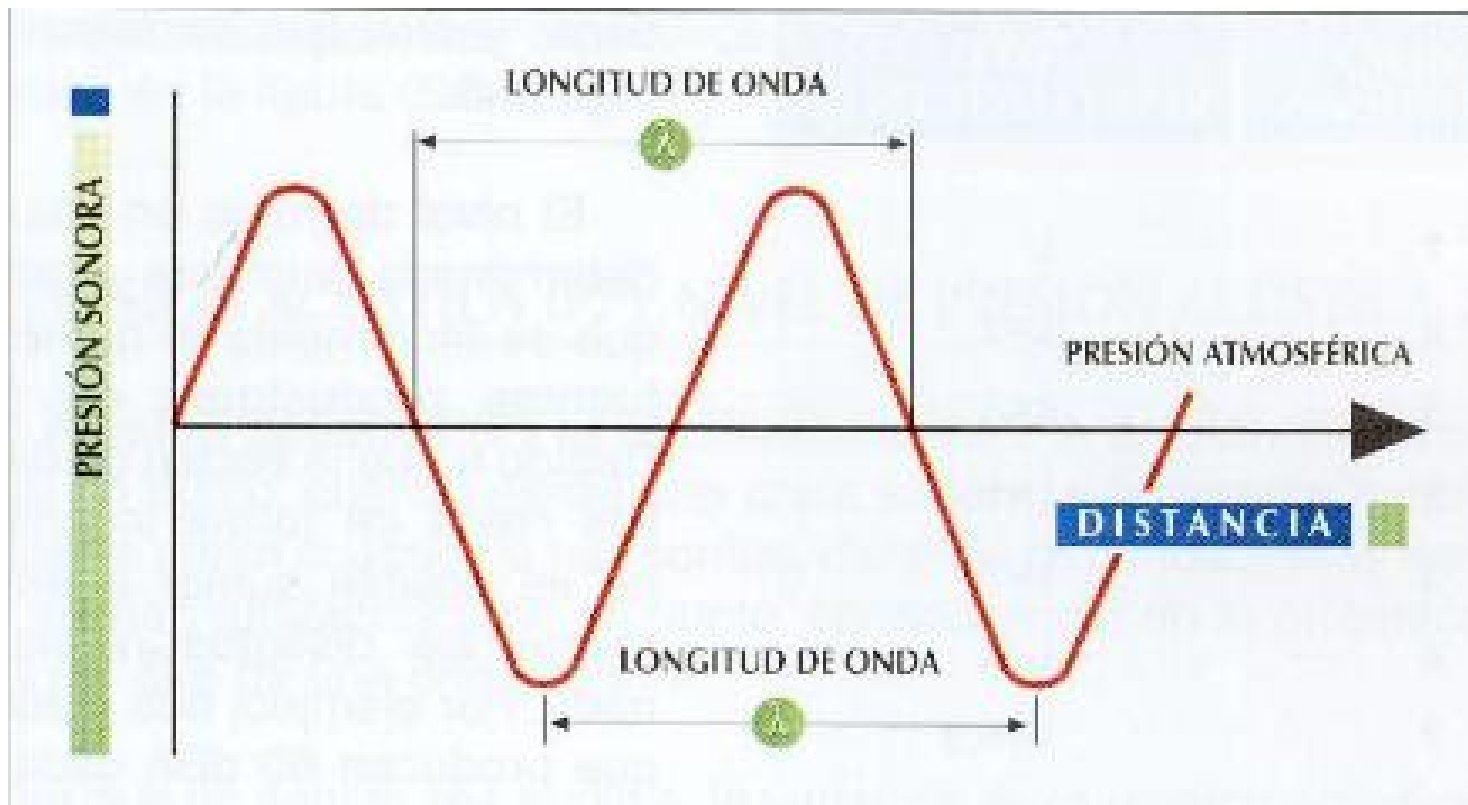
Sonido es cualquier variación de presión, sobre la presión atmosférica, que el oído humano pueda detectar.





Longitud de Onda

$$\text{Longitud de Onda } (\lambda) = \frac{\text{Velocidad de sonido}}{\text{Frecuencia}}$$

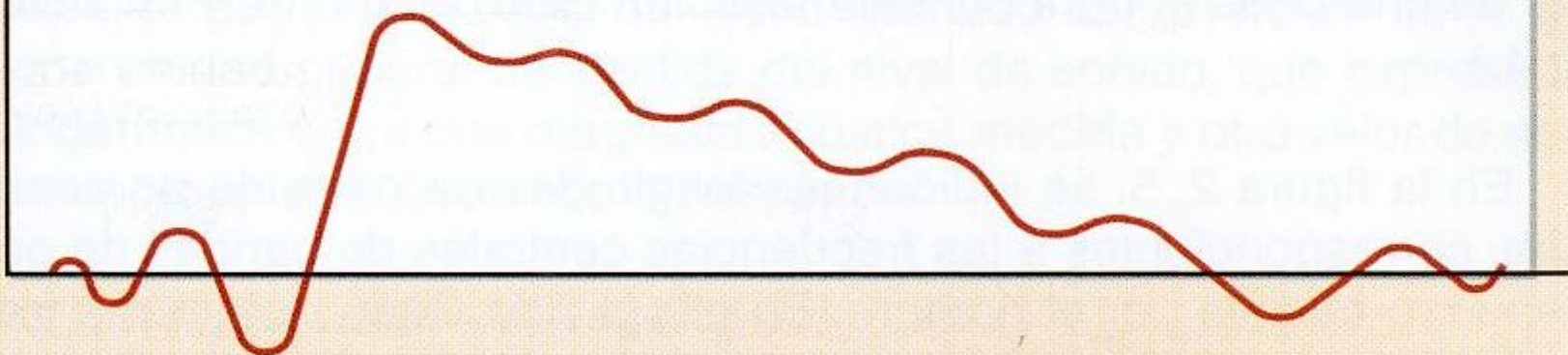




Duración del Ruido

**El ruido cesa rápidamente cuando cesa la causa,
pero no sus efectos**
**La intensidad disminuye al aumentar la
distancia de la fuente**

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA L_{PA} (dBA)

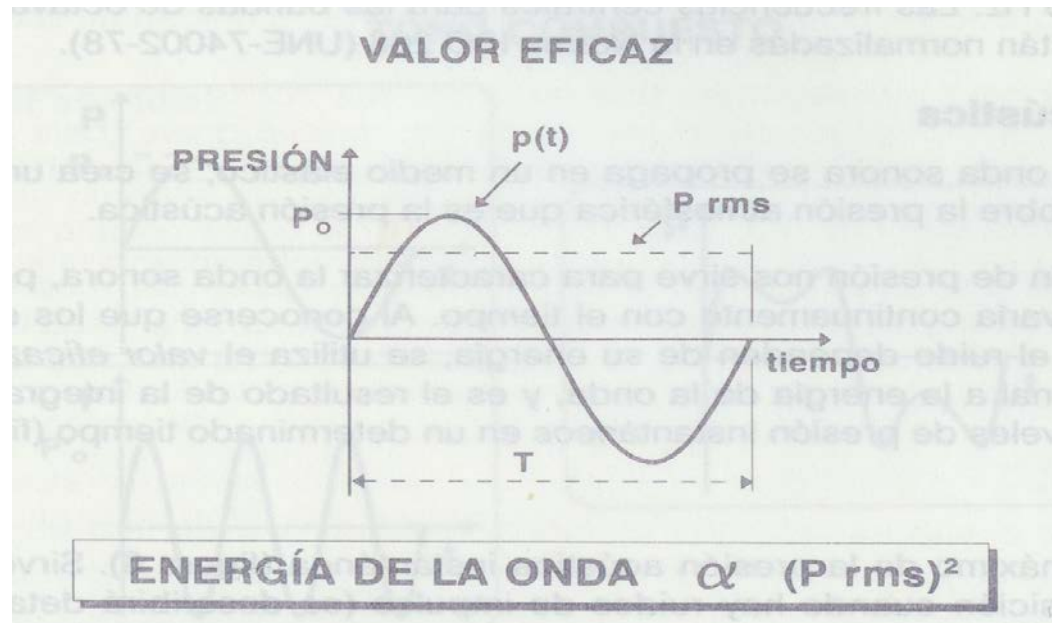


TIEMPO (SEGUNDOS)



Magnitudes Acústicas: Presión Acústica

- Variación de la Presión sobre la Presión atmosférica.
- Caracteriza la onda sonora.
- Su valor instantáneo varia con el tiempo.





Magnitudes Acústicas: Presión Acústica

- Como los efectos del ruido dependen de su energía, se utiliza el RMS, Valor Eficaz, que es proporcional a la energía de la onda.
- Es el resultado de integrar los diferentes niveles de presión instantáneos en un determinado tiempo.



Magnitudes Acústicas: Presión Sonora

RMS = Raíz Cuadrada del valor cuadrático medio de las variaciones de presión.

Aplicable a cualquier forma en que varíe la presión

Se utiliza el termino Presión acústica refiriéndonos a Presión Acústica Eficaz.

Valor Eficaz
RMS

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}$$

P = Presión Sonora

p(t) = Variación de Presión en el tiempo

Unidad de medida: N/m²= Pascal

RMS



RMS = La energía de la onda sonora es proporcional al cuadrado del valor eficaz de la presión.

Se utiliza el termino Presión acústica refiriéndonos a Presión Acústica Eficaz.

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{2\pi} (P_0 \text{sen } \omega t)^2 dt}$$

$$P = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (P_0 \text{sen } \omega t)^2 dt}$$



Propagación del sonido

La cantidad de energía sonora que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo es directamente proporcional al cuadrado de la presión sonora eficaz

Presión sonora

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^{2\pi} (P_0 \text{sen} \omega t)^2 dt}$$

$$P = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (P_0 \text{sen} \omega t)^2 dt}$$

Ondas sonoras

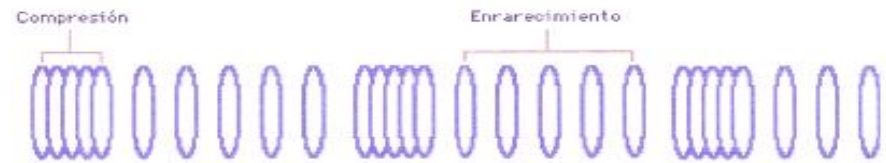
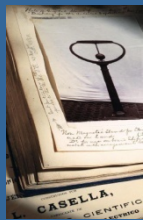


Figura 1: onda longitudinal

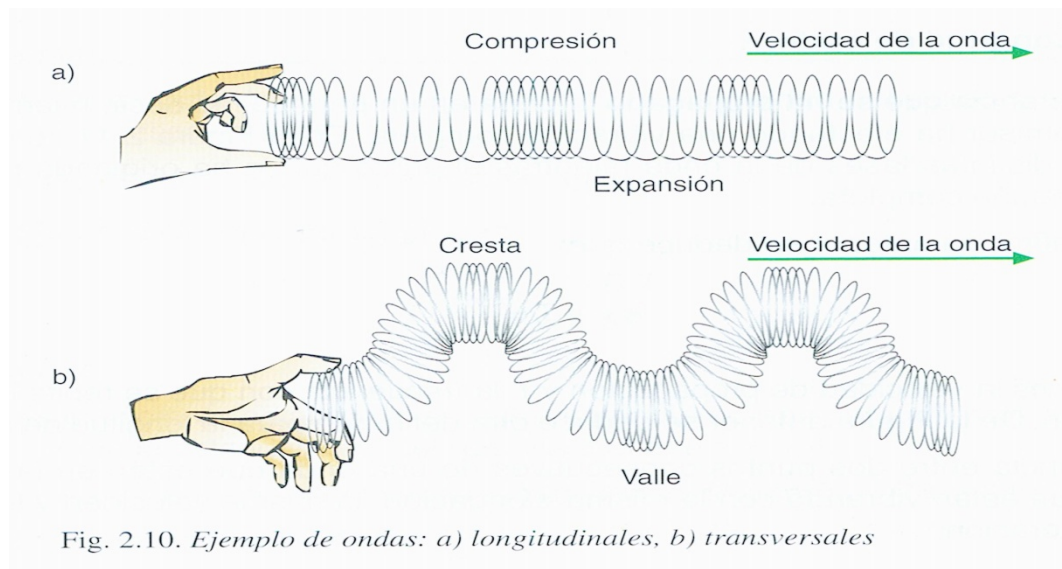




Presión Eficaz; RMS

Significa la cantidad de energía sonora que llega a un punto. (p.e. el oído)

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}$$





Magnitudes Acústicas: Nivel de Presión Sonora

Nivel de Presión Sonora y Presión Sonora son magnitudes relacionadas de forma unívoca.

Conocida una de ellas se deduce la otra.

Se pueden representar linealmente en Pa

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

L_p = Nivel de presión Sonora

P = Presión Sonora

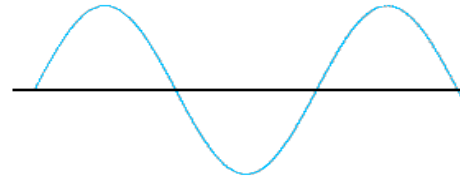
P_0 = Presión Sonora de referencia ($20 \cdot 10^{-6}$ Pa)



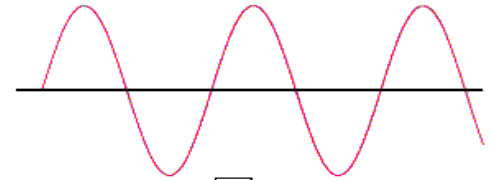
Magnitudes Acústicas: Frecuencia

Número de vibraciones o de oscilaciones completas en la unidad de tiempo

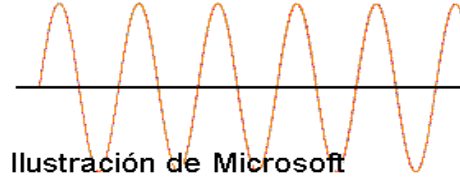
Do = 131 cps



La = 220 cps



La' = 440 cps



Si bemol = 466 cps

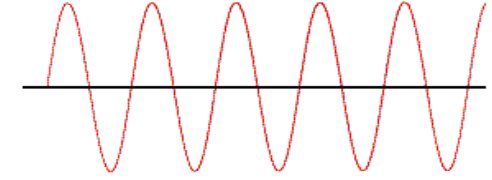
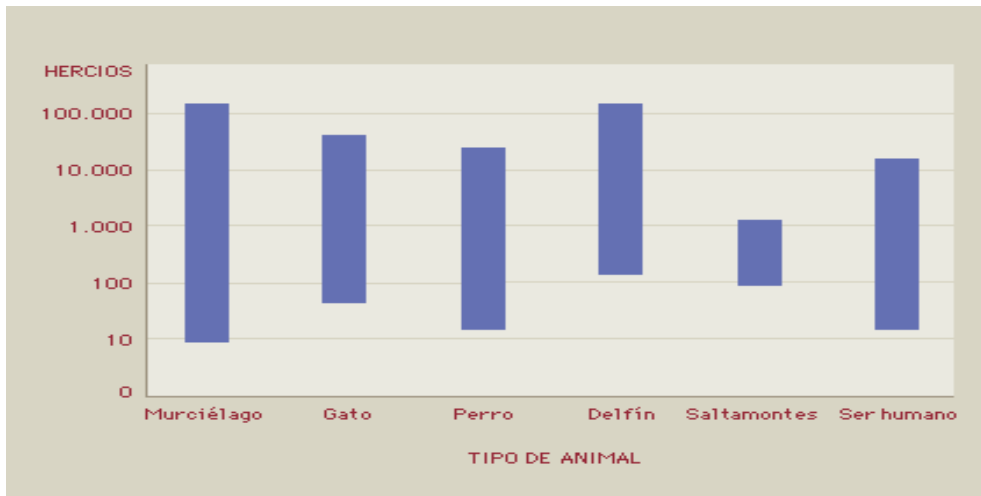


Ilustración de Microsoft

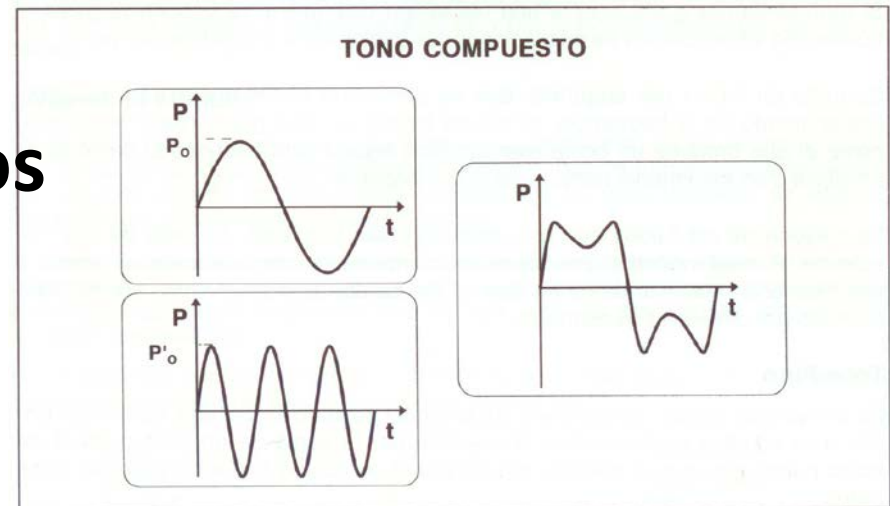


Unidades:
Ciclos/seg = Hertzio (Hz)



Magnitudes Acústicas: Frecuencia

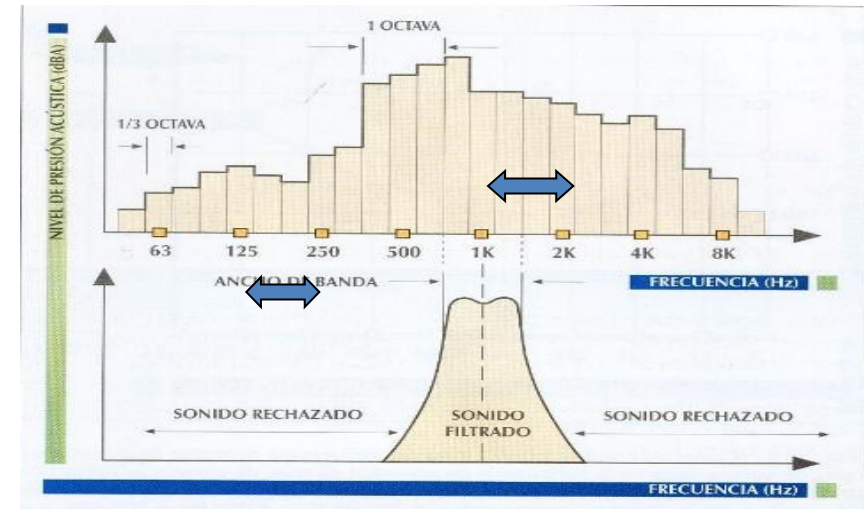
- **Sonido cuyas variaciones de presión dependen de una sola frecuencia.**
- **Los sonidos reales están formados por la suma de gran número de tonos puros.**
- **El sonido real se debe descomponer en grupos de tonos puros para su estudio.**





Magnitudes Acústicas: Bandas de Frecuencia

- El espectro de frecuencias se divide en Bandas de ancho proporcional que se miden con filtros que dejan pasar el ruido entre unas frecuencias máxima y mínima características.
- Los filtros rechazan los ruidos con frecuencias por encima y por debajo de estos límites.





Espectro de Ruido: Bandas de Frecuencia

- **Banda de Octava:** Las que cumplen la relación

$$F_2 = 2F_1$$

- Las bandas se denominan por su centro de banda, (F_c), que es la media geométrica de las frecuencias extremas
- Las F_c están normalizadas por ISO 266
- (UNE-74002-78)

1/1 de Octava

1/3 de Octava

$$F_2 = \sqrt[3]{2F_1} \quad F_c = \sqrt{F_1 \times F_2}$$



Sensación Sonora

- El Oído discrimina de forma NO LINEAL el sonido. Tiene un comportamiento desigual con el aumento de la presión sonora a las distintas frecuencias.
- Atenúa las frecuencias de 20 a 1000 Hz, y las > 5000 Hz, y Amplifica las de 1000 a 5000 Hz.
- Para tener la misma sensación sonora de un ruido de 40 dB a 1000 Hz hay que aumentar la intensidad hasta 77 dB a 31,5 Hz.



Subjetividad en la Audición

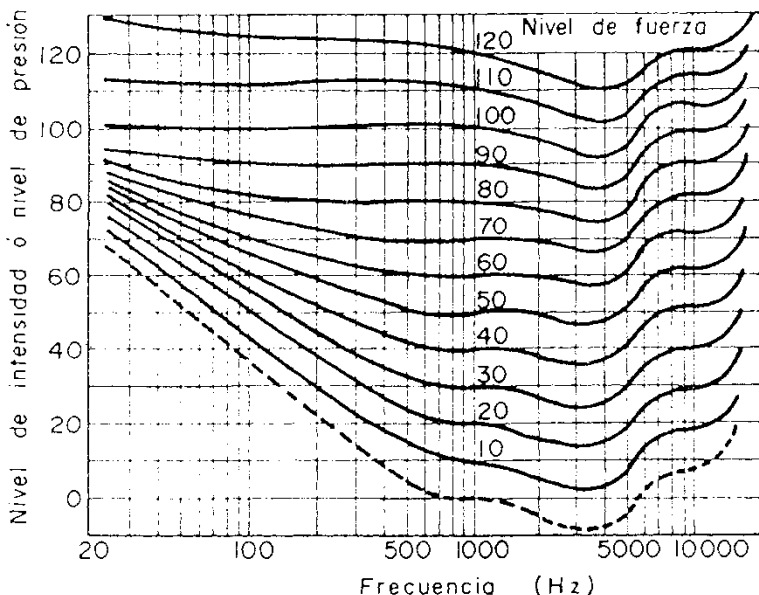
- Un sonido a **frecuencias bajas**, se percibe con **menor** intensidad de la que realmente tiene. (Para tener la misma percepción de un sonido de 40 Fonios a 1000 Hz, hay que aumentar la intensidad hasta 77dB)
- Cuando se genera un sonido a **frecuencias altas**, lo percibimos con **mayor** intensidad de la que realmente tiene.

***Fonio:** unidad de medida logarítmica y adimensional (similar al decibelio) que indica la sonoridad con que se percibe un sonido.*



Curvas de Fletcher y Munson Informan de la respuesta del oído humano ante el sonido

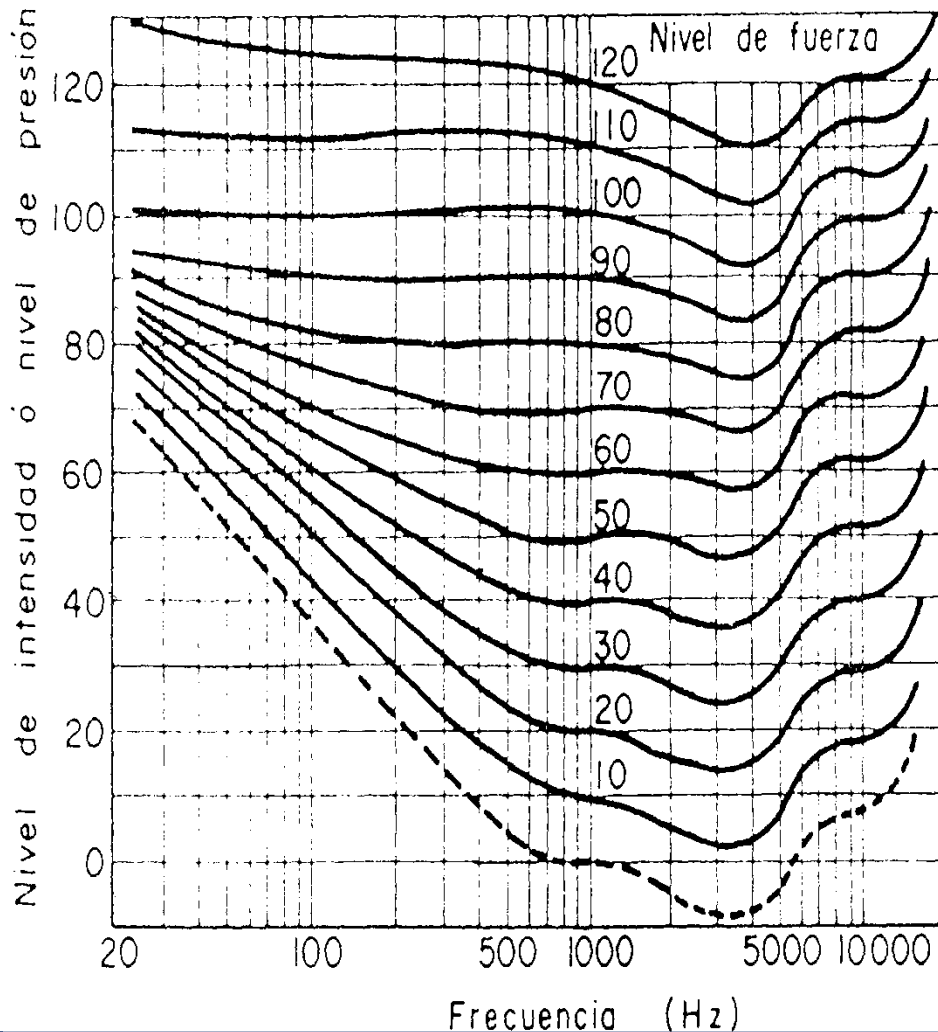
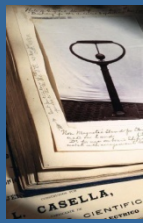
1. *A cada individuo del experimento se le somete a una frecuencia, de 1000 Hz y a una presión sonora determinada.*
2. *Se presenta otro sonido a otra frecuencia distinta y se aumenta progresivamente la intensidad hasta que se identifica con la sensación sonora del anterior.*



20 a 1000 Hz: Zona de atenuación
1000 a 5000 Hz, zona de amplificación
> 5000 Hz : zona de Atenuación

CURVAS DE FLETCHER Y MUNSON

Cada curva indica los valores L_p y Frecuencia para la misma sensación sonora (Fonios)



Se aprecia el comportamiento desigual del oído humano con el aumento de la presión sonora a distintas frecuencias .

La respuesta del oído y sobre todo a bajas frecuencia se manifiesta en el sentido de falta de linealidad.



Ponderaciones de frecuencia

Curvas de Fletcher y Munson

La intensidad de ruido a 1000 Hz es 40 dB
Para tener la misma sensación sonora de intensidad, a 31,5 Hz la intensidad del ruido debe ser de 77 dB.

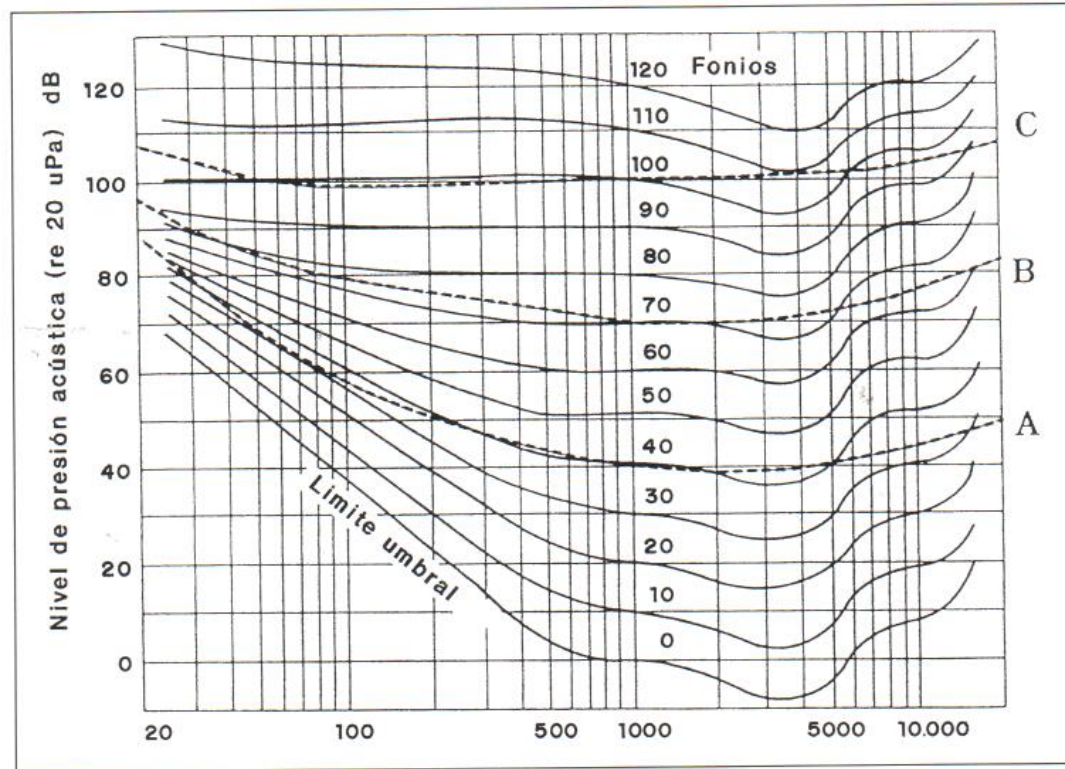
Para percibir el mismo sonido de 20 F, a 1000 Hz, igual que a 31,5 Hz, la intensidad se debe aumentar hasta 65 dB, y para 4000 Hz disminuir la intensidad hasta 12 dB.



Curva de Ponderación A

1. *Para valorar los riesgos por exposición al ruido, la medida del ruido debe ser reflejo de la forma que el trabajador percibe el ruido.*
2. *Se utiliza un filtro, A, que pondera el ruido en frecuencia.*

*Norma UNE EN-20464-90
(Líneas de puntos)*



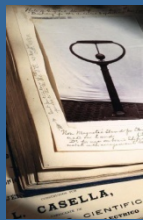
Los sonómetros corrigen sus lecturas adaptándolas a la respuesta del oído.



Nivel de presión sonora ponderada A

- *Respuesta subjetiva del oído*
- *Medida normalizada dB(A)*
- $L_A = L_p + \text{corrección} \rightarrow$

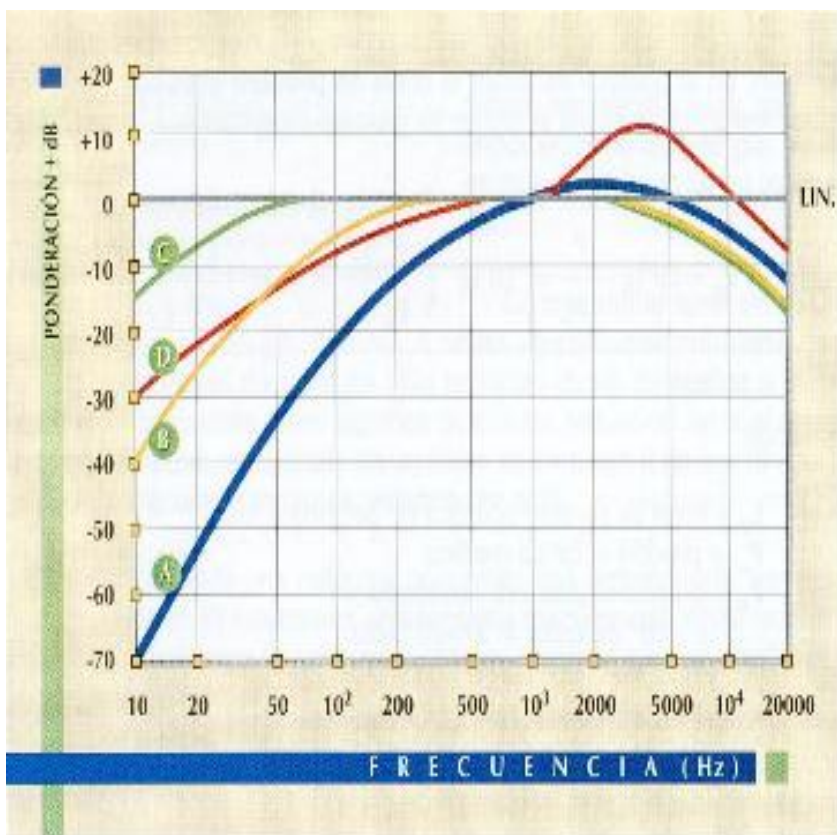
Frecuencia	Ponderación A	-	Frecuencia	Ponderación A
25	-44.7	-	630	-1.9
31.5	-39.4	-	800	-0.8
40	-34.6	-	1000	0.0
50	-30.2	-	1250	+0.6
63	-26.2	-	1600	+1.0
80	-22.5	-	2000	+1.2
100	-19.1	-	2500	+1.3
125	-16.1	-	3150	+1.2
160	-13.4	-	4000	+1.0
200	-10.9	-	5000	+0.5
250	-8.6	-	6300	-0.1
315	-6.6	-	8000	-1.1
400	-4.8	-	10000	-2.5
500	-3.2			



CURVAS DE PONDERACION

Normalizadas para sonómetros

Curvas de ganancia en función de la frecuencia para las redes de ponderación.



FRECUENCIAS (Hz)	VALORES PRACTICOS DE LA RESPUESTA RELATIVA			VALOR TEORICO ESCALA A
	A <55 dB	B 55-85 dB	C >85 dB	
31,5	- 39	- 17	- 3	- 39,4
63	- 26	- 9	- 1	- 26,2
125	- 16	- 4	0	- 16,2
250	- 9	- 1	0	- 8,7
500	- 3	0	0	- 3,3
1.000	0	0	0	0
2.000	+ 1	0	0	+ 1,2
4.000	+ 1	- 1	- 1	+ 1,0
8.000	- 1	- 3	- 3	- 1,1



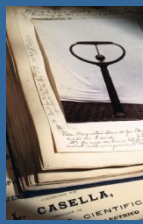
Dos ruidos con el mismo nivel de presión acústica y distinto espectro de frecuencias, tienen nivel global ponderado diferente

Predominancia de Agudos

Hz	dB	At(A)	Dif
31,5	60	-39,4	20,6
63	65	-26,2	38,8
125	70	-16,1	53,1
250	75	-8,6	66,4
500	80	-3,2	76,8
1000	85	0	85
2000	90	+1,2	91,2
4000	95	+1	96
8000	100	-1,6	98,9
16.000	105	-6,6	98,4
Global	106,6	--	103,1

Predominancia de Graves

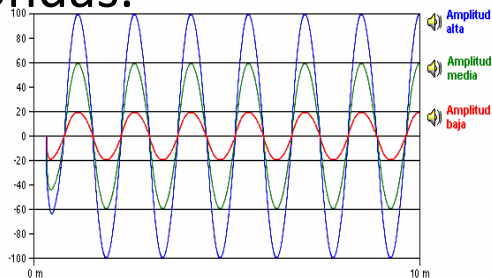
Hz	dB	At(A)	Dif
31,5	105	-39,4	65,6
63	100	-26,2	73,8
125	95	-16,1	78,9
250	90	-8,6	81,4
500	85	-3,2	81,8
1000	80	0	80
2000	75	+1,2	76,2
4000	70	+1	71
8000	65	-1,6	63,9
16.000	60	-6,6	53,4
Global	106,6	--	87,3



Cualidades del Sonido: Intensidad – Tono - Timbre

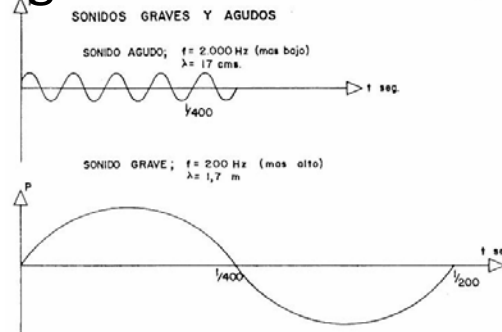
INTENSIDAD:

Cantidad de energía que atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras, en la unidad de tiempo. Depende del cuadrado de la **amplitud** de las ondas.



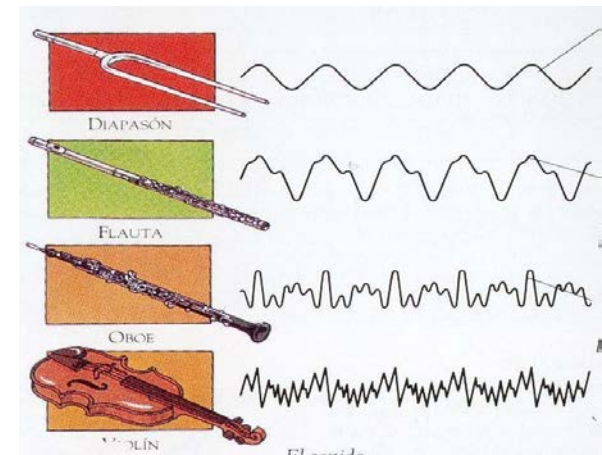
TONO

Permite distinguir entre un sonido agudo y otro grave; físicamente esta cualidad se corresponde con la **frecuencia** del sonido, que es mayor en los agudos que en los graves.



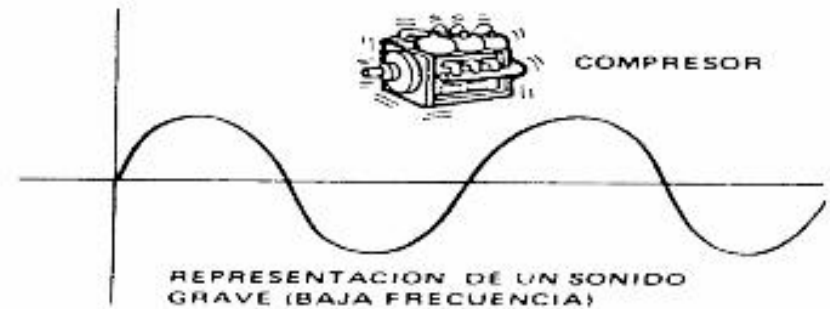
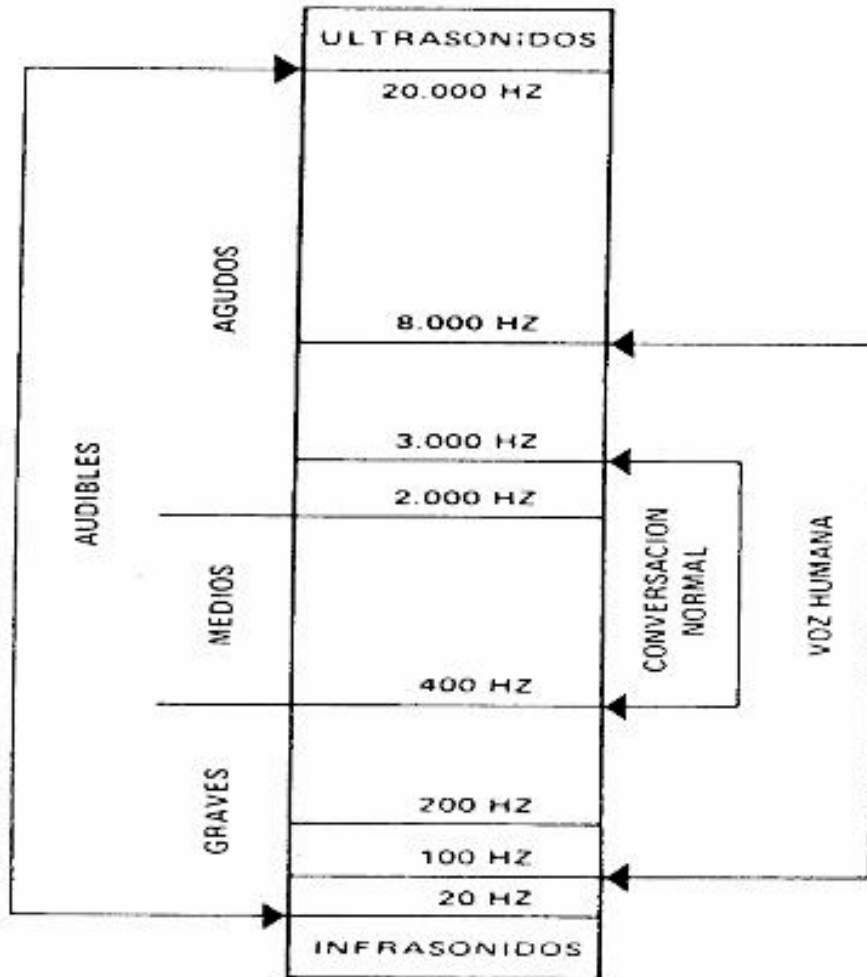
TIMBRE o CALIDAD

Permite diferenciar **cómo** varía la presión en el aire. Indica la forma de la onda sonora, por la forma de variar la presión acústica.





El Sonido según su Frecuencia: Graves y Agudos





Nivel de Presión Acústica: Decibelio dB

- **DECIBELIO** : La representación lineal en Pascales, necesitaría una escala de 200.000.000 unidades, que es poco operativa.
- Para facilitar la comprensión, se utiliza la escala logarítmica, para el **Nivel de Presión Acústica, y el dB** como la unidad de cualquier escala logarítmica.

$$\text{Nivel de presión (en dB)} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

$$\text{Nivel de presión (en dB)} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$



DECIBELIO

(1/10 del Belio. A.G. Belli)

Sonoridad percibida	Nivel de intensidad en dB	Fuente de sonido
	180	motor de cohete
	170	
Dolorosa	150	avión a reacción al despegar
	140	
	130	
	120	trueno
Demasiado fuerte	110	música rock
	100	
	90	camión Diesel
Muy fuerte	80	
Fuerte	70	aspiradora
	60	conversación ordinaria
Muy suave	50	
	40	
Suave	30	susurro suave
	20	
Apenas perceptible	10	umbral de audición
	0	

Tabla 3.5. Escala sonora en decibelios

$$L_p = 10 \log \left[\frac{P_1}{P_0} \right]^2$$

Por tanto:

$$\text{Nivel de presión(dB)} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$





Parámetros que definen el Campo de Audición

20 a 20.000 Hz

20 a 200 · 10⁶ μPa

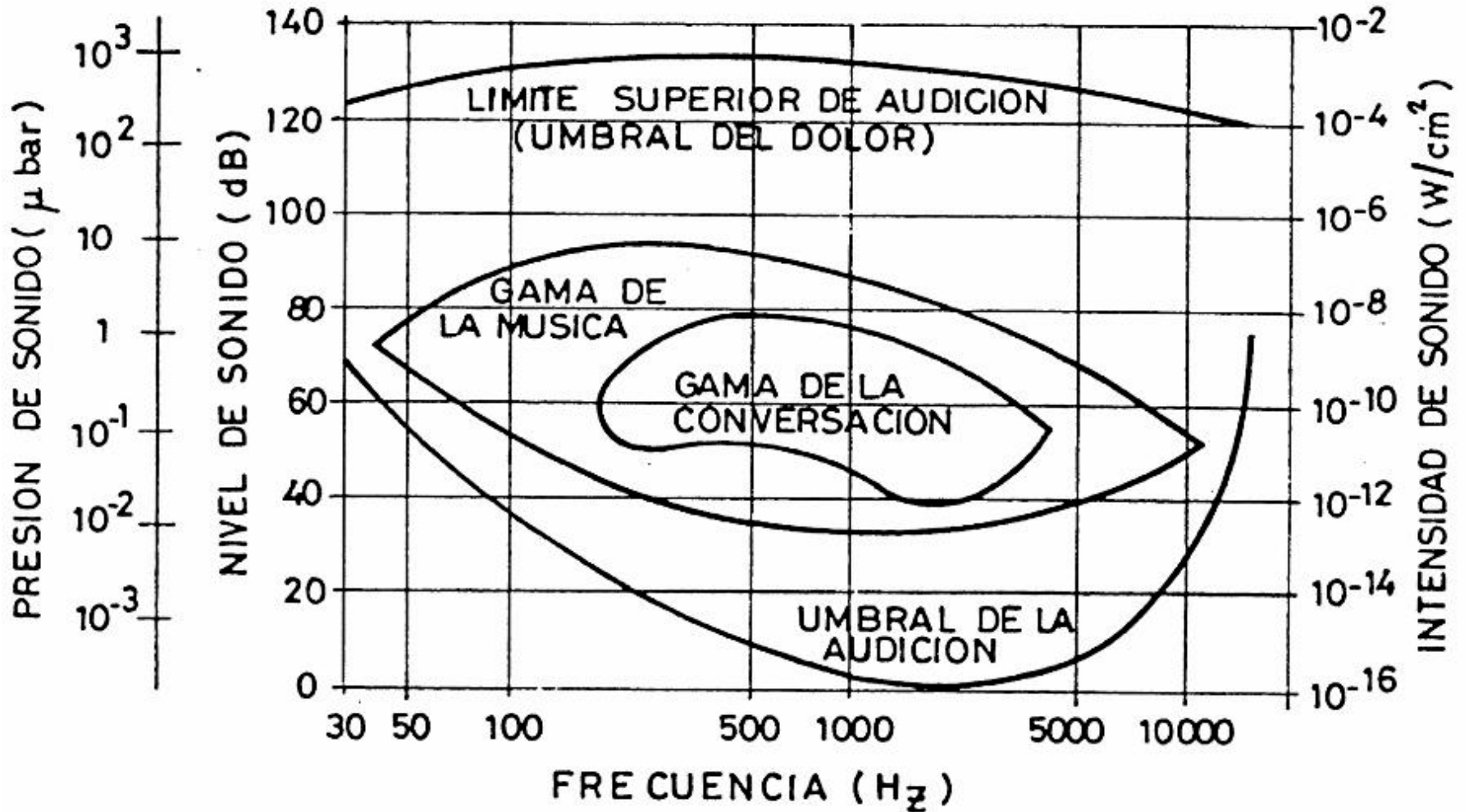
Frecuencia

Presión

**El Oído discrimina dos
parámetros en la
Audición:**



Umbral de Audición







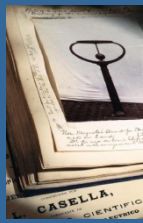
El Oído : Efectos sobre la Salud

- ***EFFECTOS AUDITIVOS***

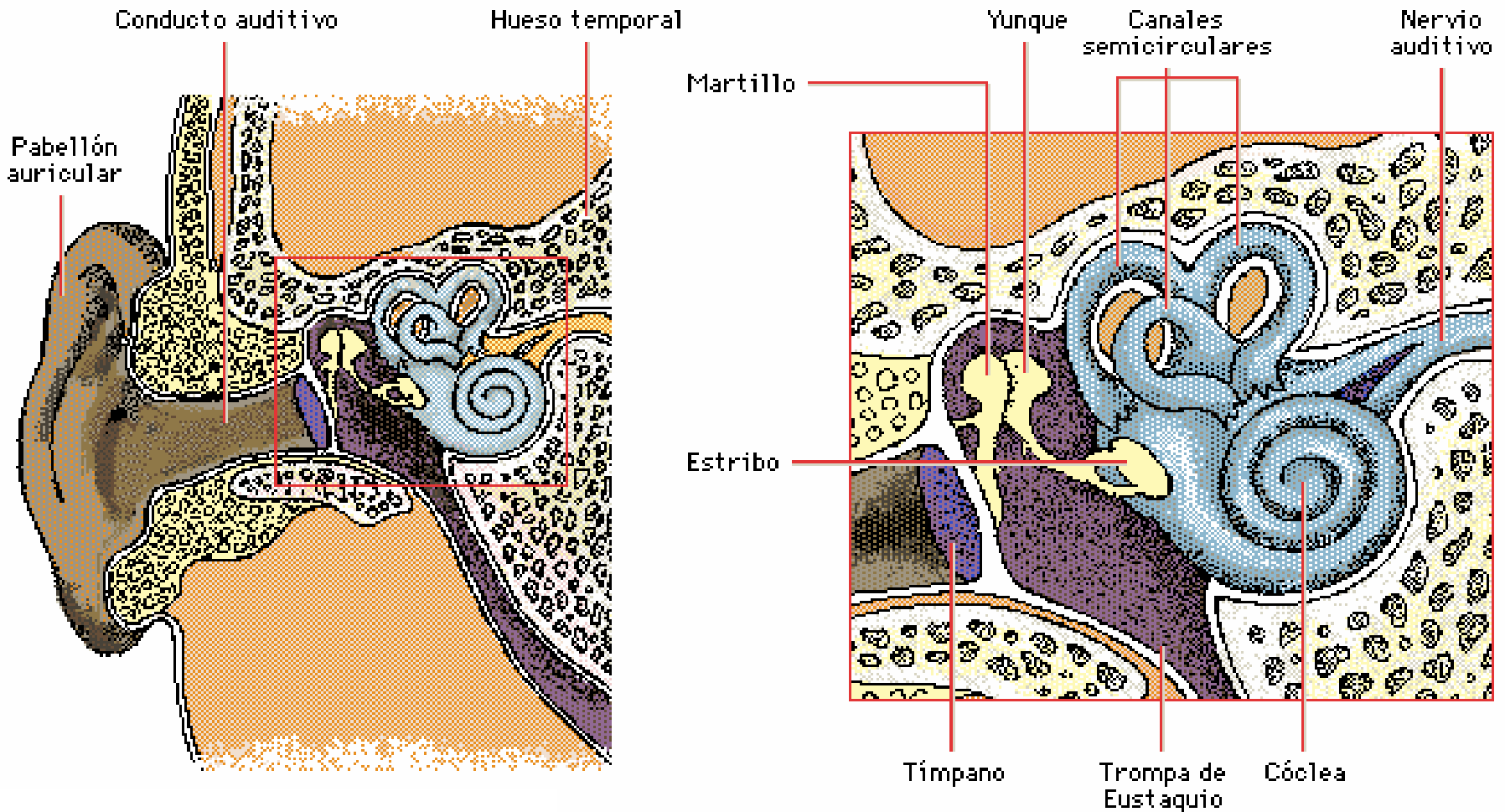
Hipoacusia o Sordera Profesional

- ***EFFECTOS NO AUDITIVOS***

Fisiológicos, Interferencias del sueño, (Insomnio), comunicación, actividades mentales, psicomotrices.

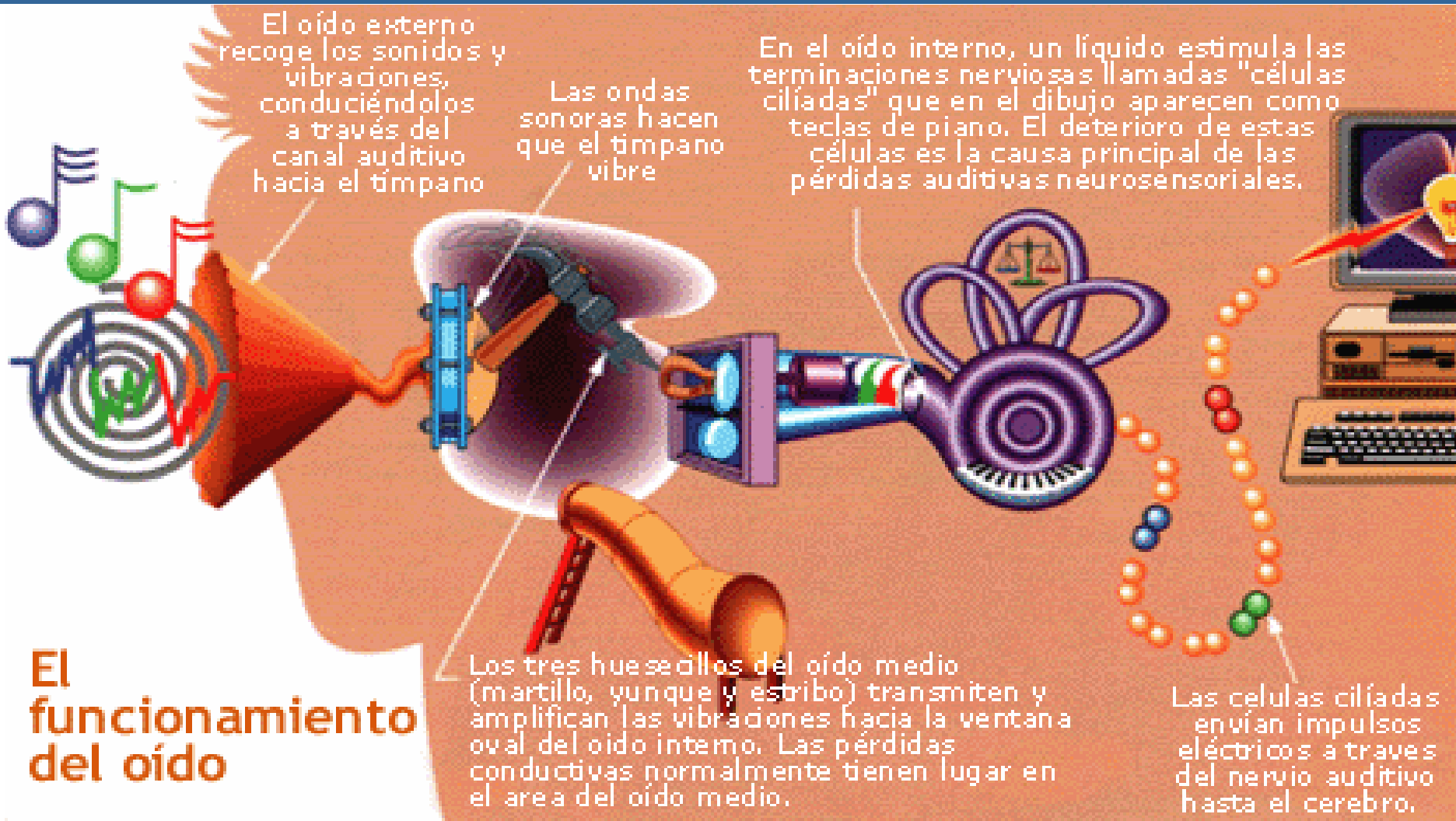


Estructura del Oído





EL SONIDO Mecanismo de la Audición





Factores de Riesgo

Riesgo Fundamental: Aumento del umbral de audición.

FACTORES:

- Nivel de Presión acústica: **Intensidad**
- Tipo de ruido: **Frecuencia**
- Tiempo de Exposición. **Horas/día,**
Horas/Semana y Edad laboral
- Edad: **Envejecimiento**



Otros factores de riesgo

- **Características Físicas del receptor**
- **Ambiente de trabajo**
- **Distancia al foco emisor.**
- **Posición respecto al foco.**
- **Enfermedades**



Efectos por exposición a niveles altos de ruido

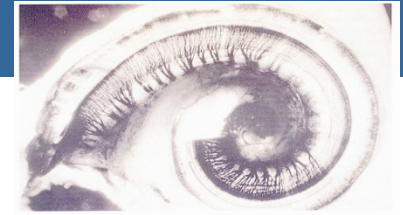
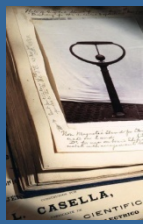


Figura 3. 4.- En la fotografía puede verse un ojo lesionado. Aproximadamente un tercio de las células auditivas (células pilosas o ciliosas) han sido destruidas por efecto del ruido.

- Las células responden a frecuencias determinadas.
- Su desaparición es la que afecta la capacidad auditiva.
- La protección de la integridad de las células, se basa en el conocimiento de las frecuencias a las que se expone el oído.



Audiometrías

- Es una medición de los sonidos que el individuo puede oír (a cada frecuencia);
- Los resultados se presentan gráficamente para cada oído (**Audiograma**);
- Forman parte del reconocimiento medico encargado de velar por la salud auditiva de los trabajadores.





Resultado de la Audiometría

Ficha Hoja Historial Clínico n.º 3215

RECONOCIMIENTO MÉDICO DE LA FUNCIÓN AUDITIVA

Inicial Periódico Adicional

Realizado por el Dr. A. Soriano

Lugar .. Consulta Fecha 11-5-99

DATOS DEL TRABAJADOR

Apellidos Ecenarro González Nombre Alberto

Edad 24 Sexo V Estado S D.N.I.

N.º Afiliación a la S.S.

Domicilio D.P. Localidad

Teléfono Profesión Tornero

DATOS DE LA EMPRESA

Razón social Tfno. Fax

Domicilio D.P. Localidad

Actividad Mecanizados metálicos N.º Trabajadores 11

ANAMNESIS

ANTECEDENTES FAMILIARES:

Viven sus padres y una abuela

No se han quejado del oído

ANTECEDENTES PERSONALES:

Con 10 años sufrió una neumonía tratada con antibióticos

Servicio militar infantería

Duerme con la radio puesta

ANTECEDENTES LABORALES:

Escuela Profesional

1er Empleo

ESTADO ACTUAL:

Se encuentra bien

No tiene dificultades auditivas

Puesto de trabajo Tornero

Nivel diario equivalente $L_{Aeq,d}$ 85 dBA

Protección personal Taponos N.º homologación

Tipo Tiempo medio diario utilizado 3 horas

SEL Anterior \approx dBA SEL Intermedio \approx 160 dBA SEL Actual \approx 160 dBA

OTOSCOPIA

Canal auditivo externo con ligera cerumen

Membrana timpánica intacta, coloración roja, contorno y movilidad normal

CONTROL AUDIOMÉTRICO

Conducción aérea

Audiómetro

Nivel sonoro ambiental <30 dBA ; <50 dB

Normas aplicadas ISO 6189 - 1983 ; ISO 389 - 1985 ; CEI - 645

CONTROLES MÉDICOS AUDITIVOS ANTERIORES

Ninguna

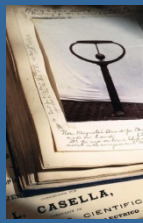
RESUMEN DIAGNÓSTICO

Umbral de audición disminuido en unos 20 dB en el oído izquierdo

Normal

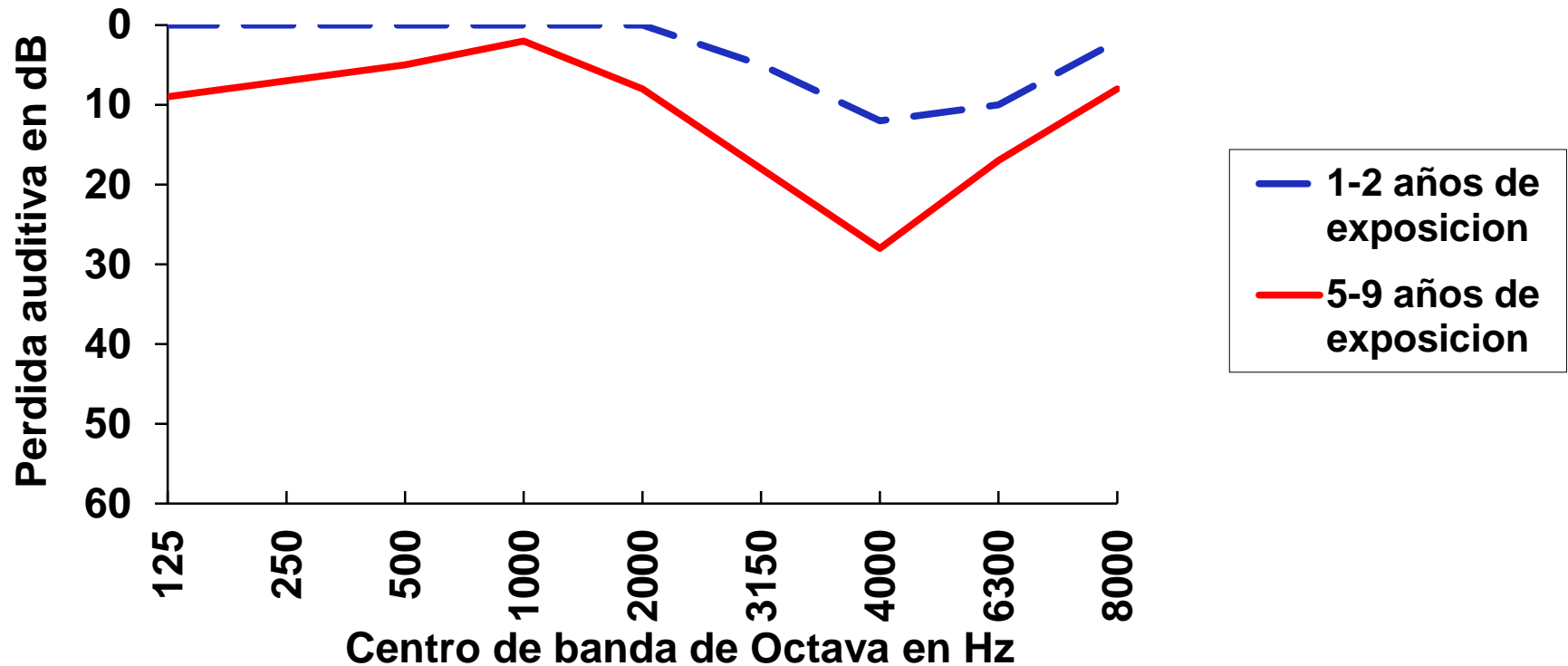
RECOMENDACIONES

Utilizar protección auditiva en ambientes ruidosos superiores a 85 dBA



Perdida Auditiva:

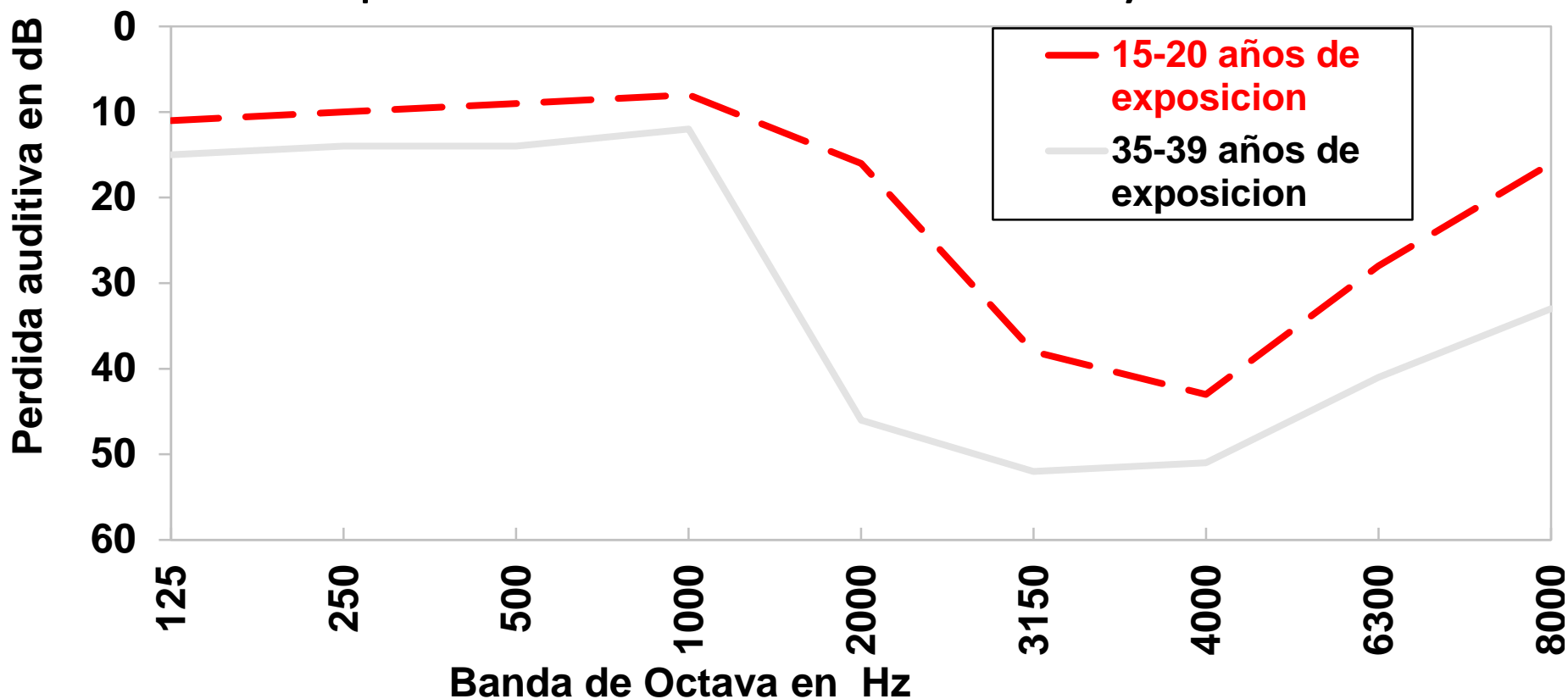
La perdida auditiva afecta inicialmente a la banda de frecuencia de octava 4.000Hz;





Perdida Auditiva:

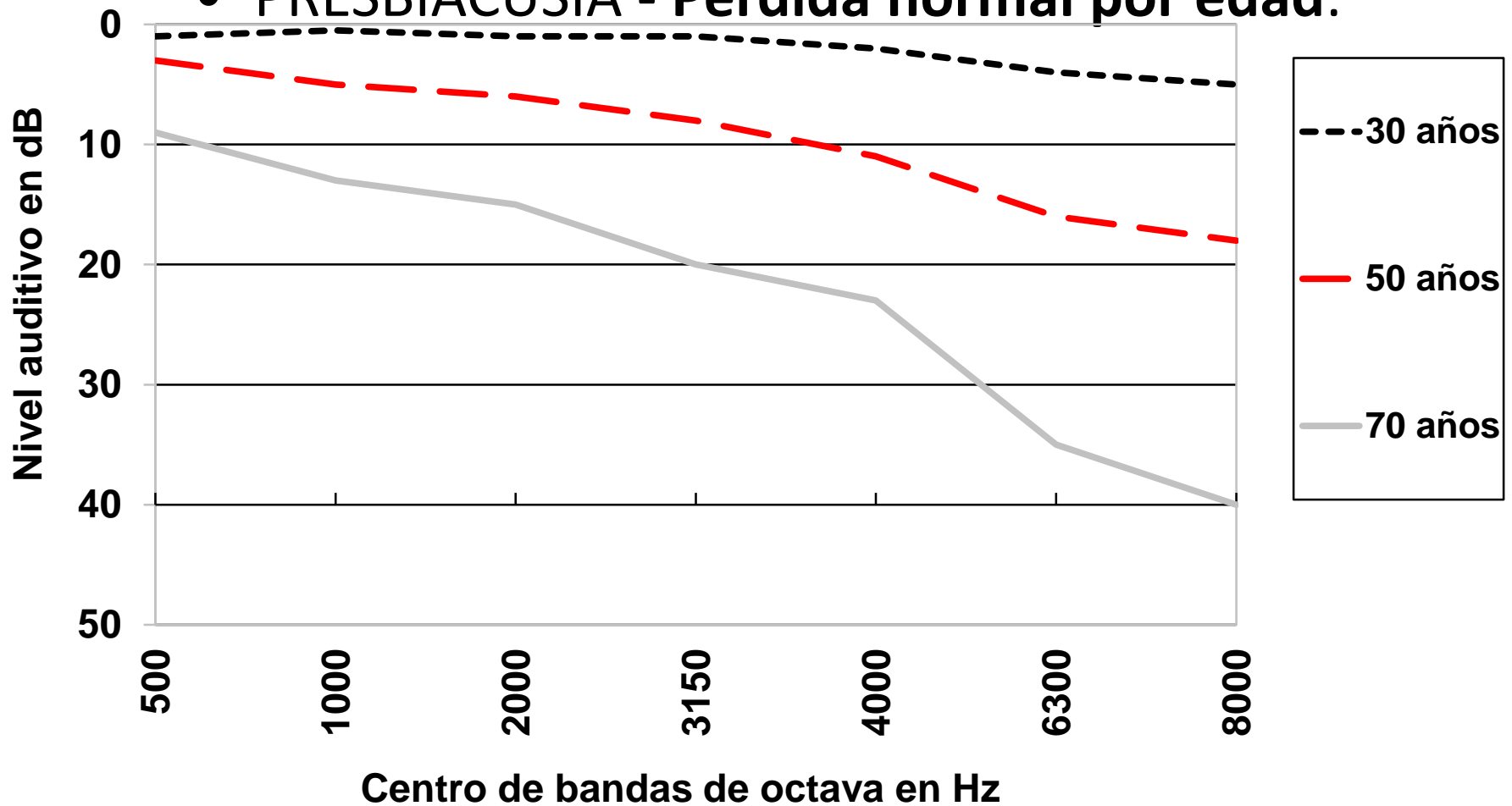
- Si la exposición continua, aumenta la pérdida que se amplía a las bandas de octava adyacentes





Perdida Auditiva:

• PRESBIACUSIA - Perdida normal por edad:

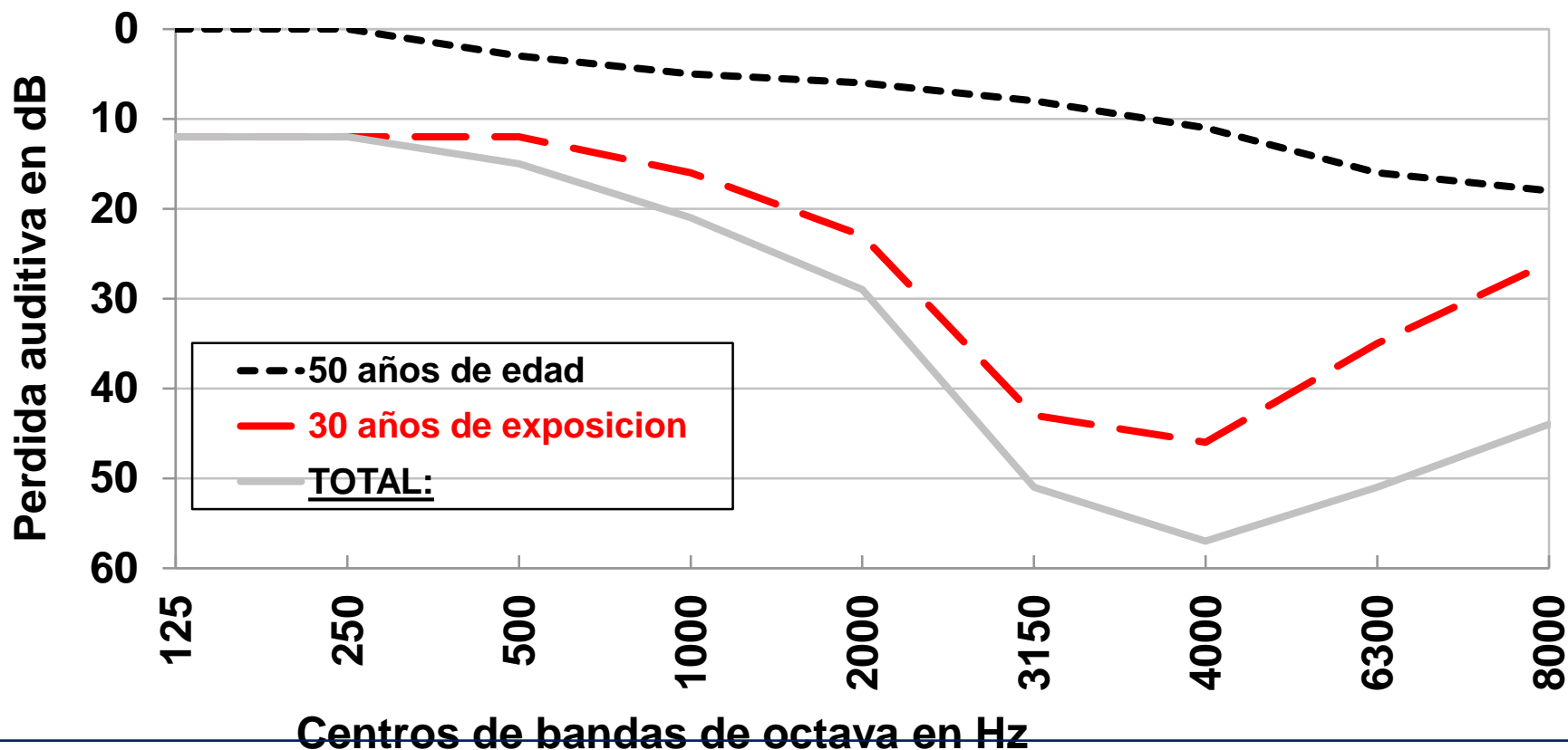




Perdida Auditiva

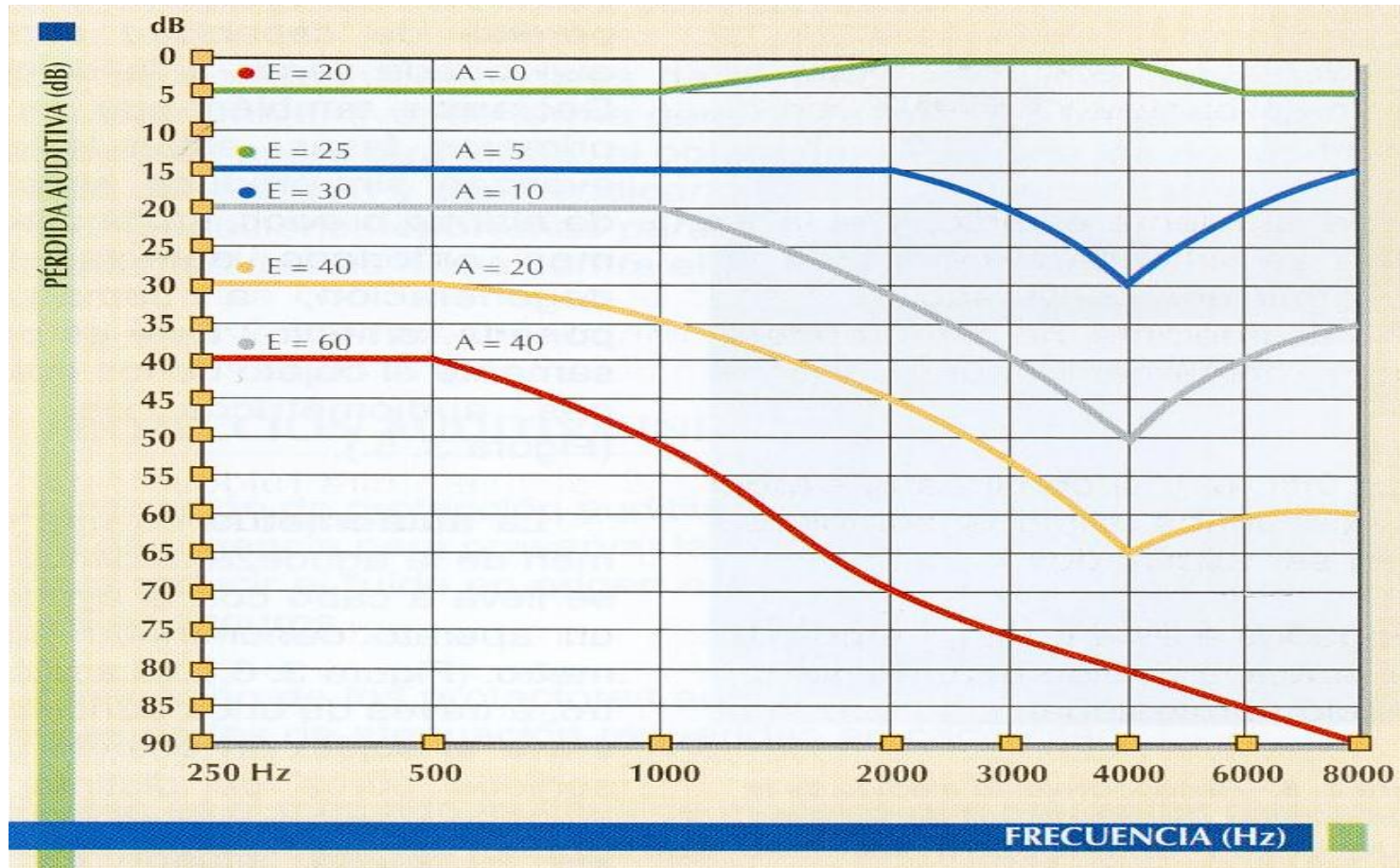
El efecto es acumulativo,

Una persona de 50 años y 30 años de exposición:





Evolución típica de la pérdida auditiva

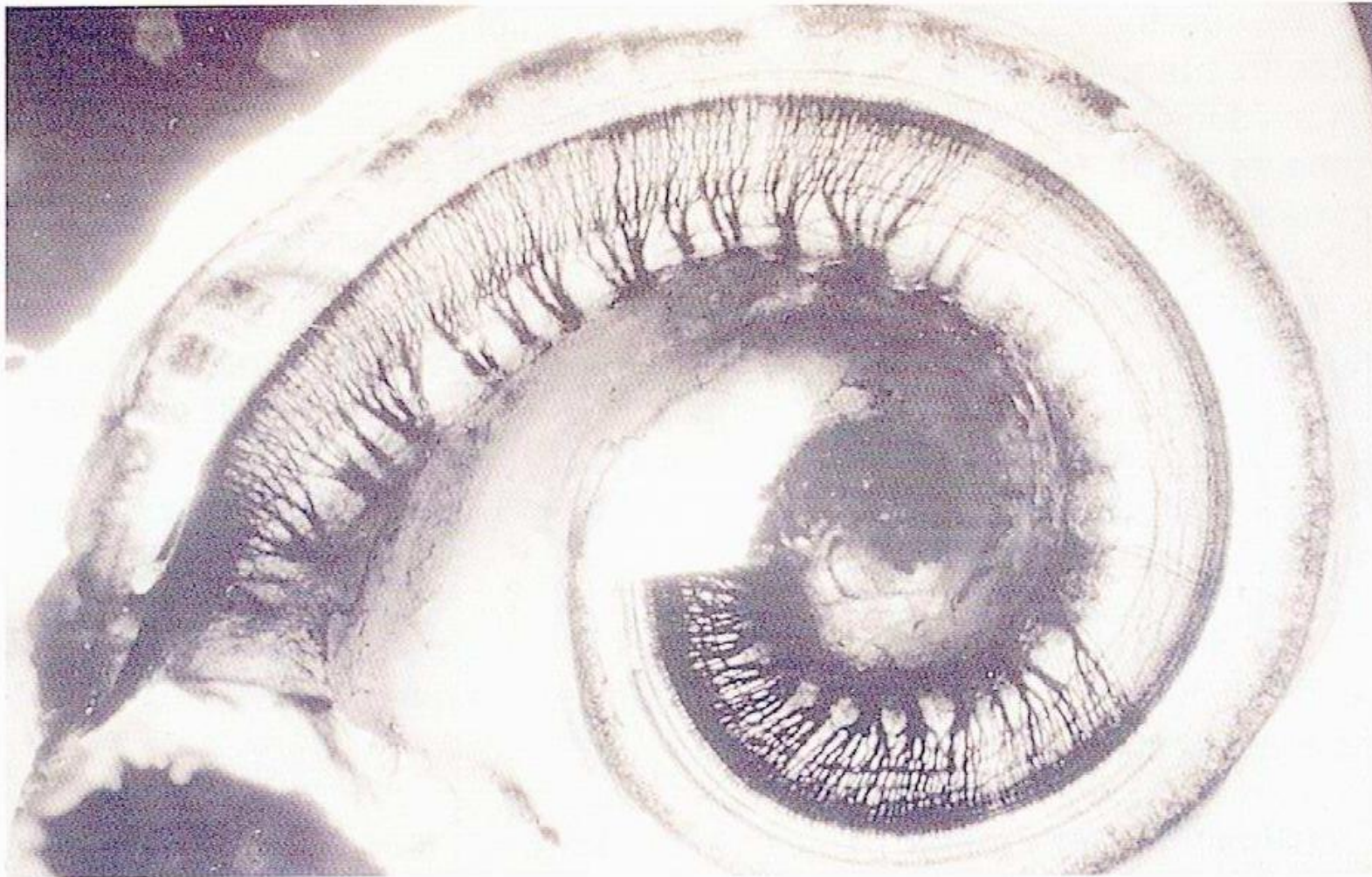


Una persona expuesta a un L_{Aeq} superior a 90 dBA, 8 horas/día

E = Edad A = Años de Exposición



Efectos de la Exposición al Ruido





Distribución de las Frecuencias en el Oído

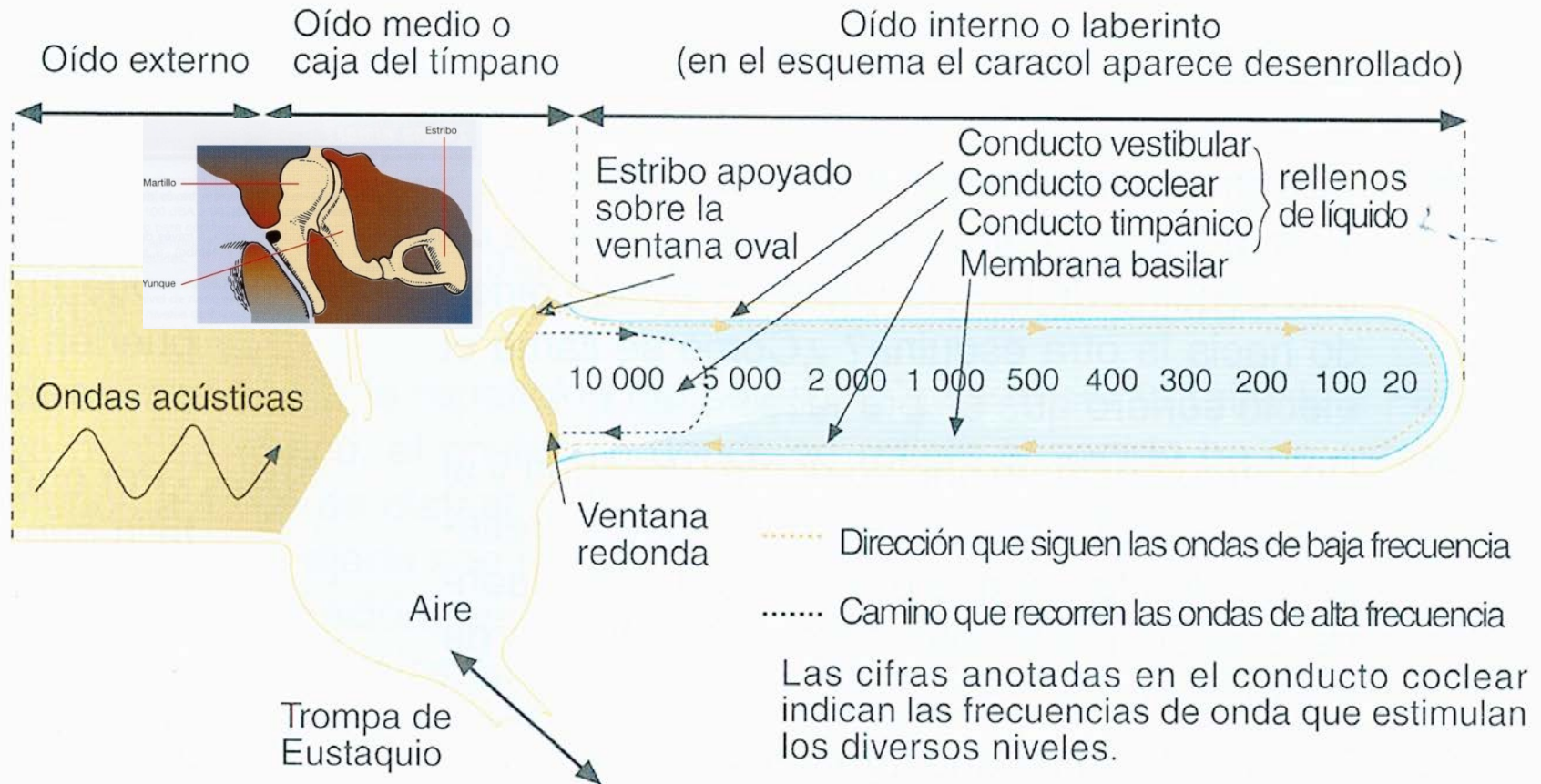
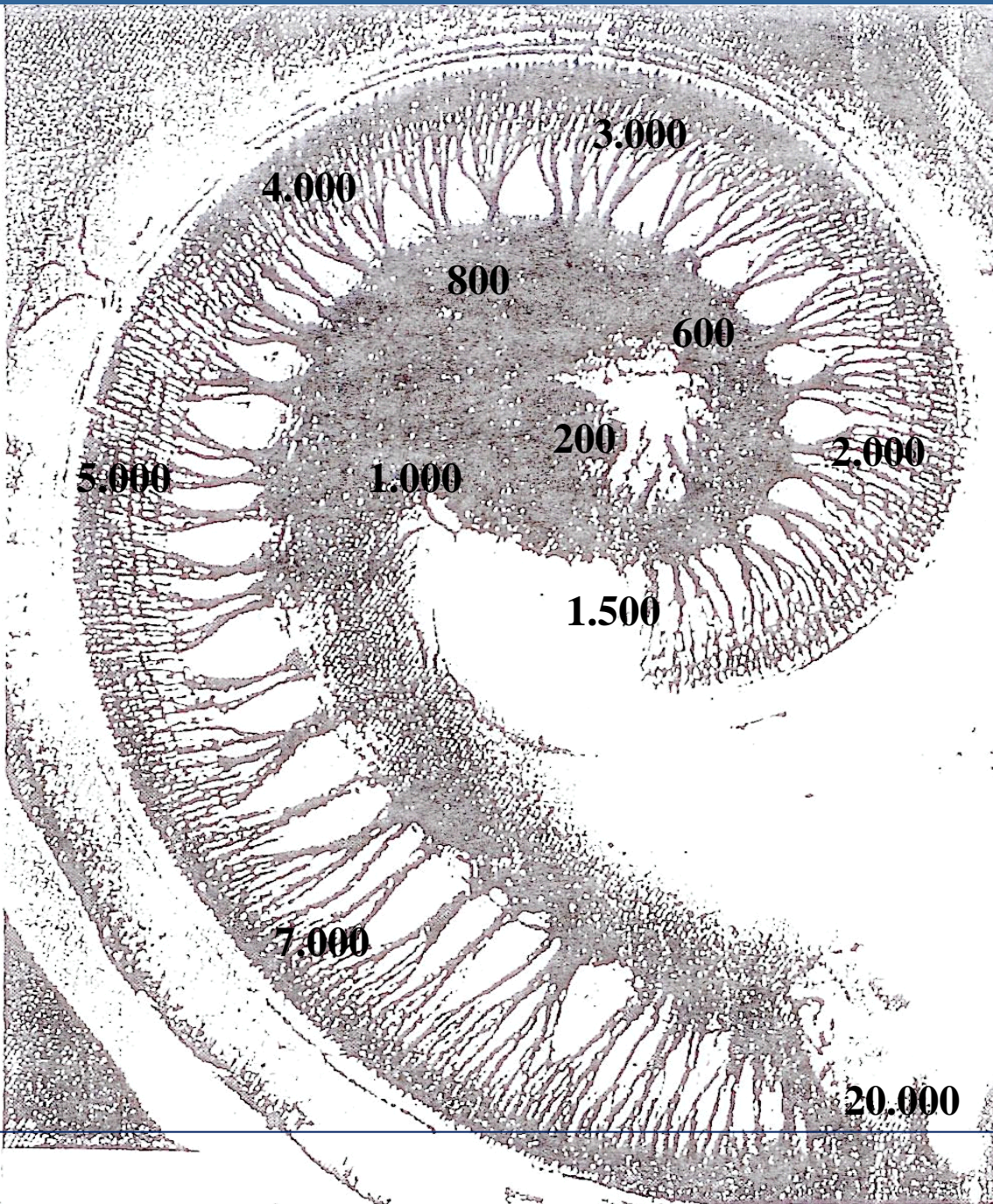


Fig. 3.10. Esquema del recorrido de las ondas acústicas por el oído



Distribución de las frecuencias en el Oído



Escalas de Ponderación

- Un sonido a **frecuencias bajas**, se percibe con **menor** intensidad de la que realmente tiene. (Células Mas alejadas de la fuente)
- Un sonido a **frecuencias altas**, se percibe con **mayor** intensidad de la que realmente tiene. (Células mas próximas a la fuente)
- El oído tiene mejor rendimiento a frecuencias en el nivel de conversación, entre 500 a 4.000 Hz que a muy altas y a muy bajas.

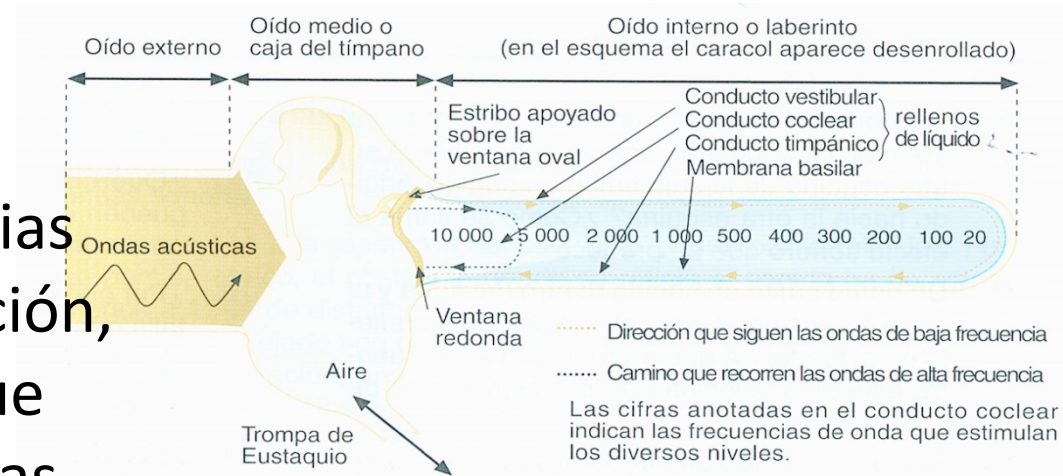


Fig. 3.10. Esquema del recorrido de las ondas acústicas por el oído



Espectro de Ruido: Bandas de Frecuencia

El conjunto de frecuencias que forman una banda queda definido por dos frecuencias: una inferior y la superior.

En Octavas, la mas alta es el doble de la inferior:

$$F_2 = 2F_1$$

Las bandas se denominan por su centro de banda = Frecuencia Central (F_c)

1/1 de Octava

$$F_c = \sqrt{F_1 \times F_2}$$

1/3 de Octava

$$F_2 = \sqrt[3]{2F_1}$$



Bandas de Frecuencia:

- **Banda ancha**
- **Banda de octava:** Prefijados a 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16.000 Hz
- **Banda de 1/3 de octava:** 20; 25; 31; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1.000; 1.250; 1.600; 2.000; 2.500; 3.150; 4.000; 5.000;...



Bandas de Octava: Distribución de las frecuencias

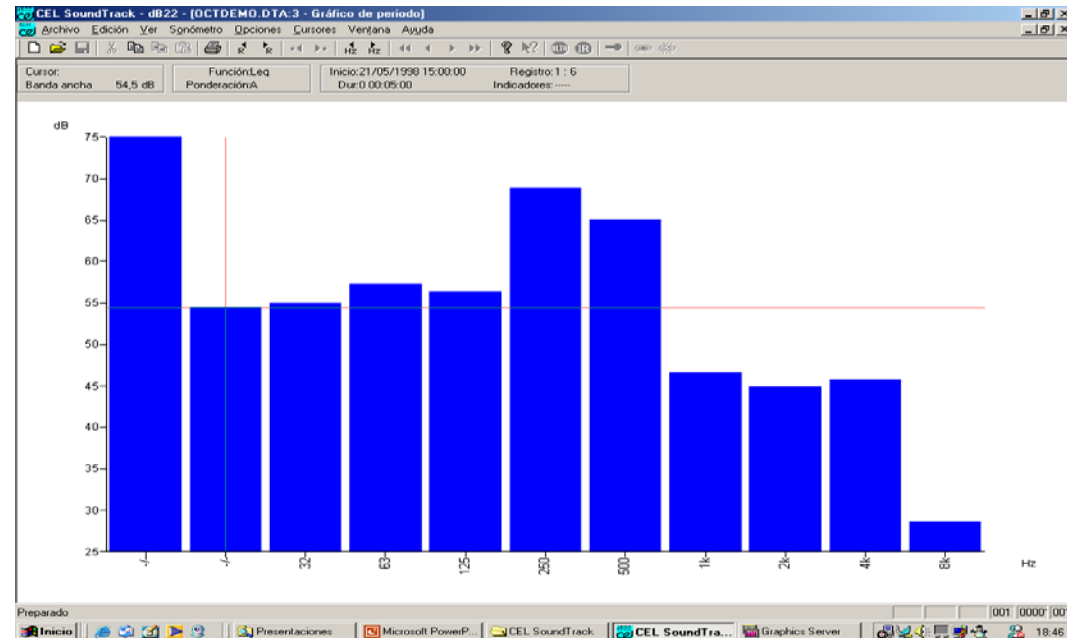
Frecuencia Inferior (Hz)	Frecuencia Central (Hz)	Frecuencia Superior (Hz)	Diferencia
22	31,5	44	22
44	63	88	44
88	125	177	89
177	250	355	178
355	500	710	355
710	1.000	1.420	710
1.420	2.000	2.840	1.420
2.840	4.000	5.680	2.840
5.680	8.000	11.360	5.680



Análisis Espectral del Ruido

El análisis de frecuencias permite aplicar métodos de reducción del nivel sonoro por frecuencias independientes.

Así se reduce el nivel de sonido audible en el espectro de frecuencias completo.





FRECUENCIAS CENTRALES Y LÍMITES APROXIMADOS DE LAS BANDAS PROPORCIONALES NORMALIZADAS

octava			1/3 octava		
frec. inferior	frec. central	frec. superior	frec. inferior	frec. central	frec. superior
11	16	22	11 14 18	12,5 16 20	14 18 22
22	31,5	44	22 28 35,5	25 31,5 40	28 35,5 44
44	63	88	44 56 71	50 63 80	56 71 88
88	125	177	88 112 142	100 125 160	112 142 176
177	250	355	176 224 284	200 250 315	224 284 355
355	500	710	355 448 568	400 500 630	448 568 710
710	1000	1420	710 895 1136	800 1000 1250	895 1135 1420
1420	2000	2840	1420 1790 2270	1600 2000 2500	1790 2270 2840
2840	4000	5680	2840 3550 4480	3150 4000 5000	3550 4480 5680
5680	8000	11360	5680 7100 8950	6300 8000 10000	7100 8950 11360
11360	16000	22720	11360 14200 17900	12500 16000 20000	14200 17900 22720



Suma de niveles de presión sonora

- **EJEMPLO**

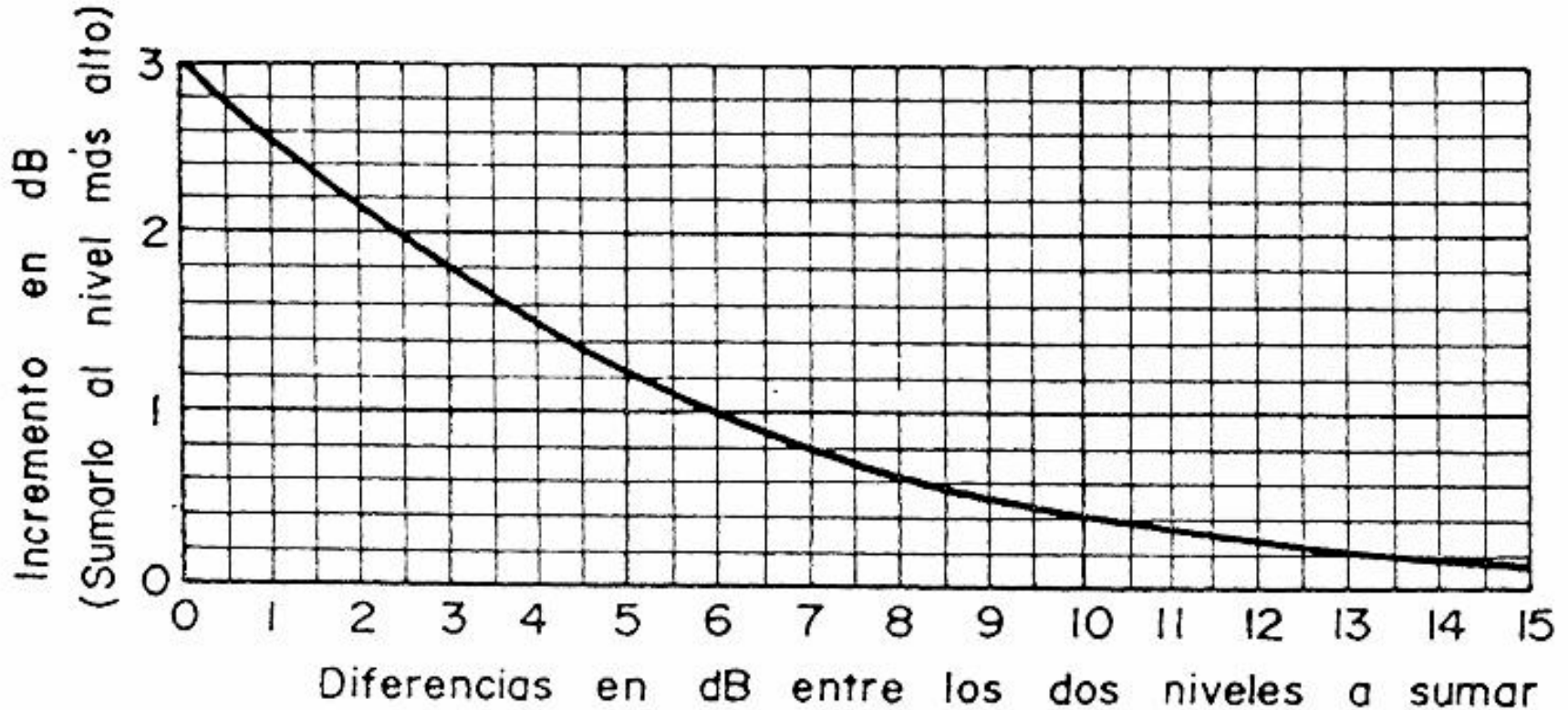
Sumar niveles de ruido: 104, 84, 91, 97, 100, 99 dB

- **REGLAS A SEGUIR:**

- Ordenar de mayor a menor
- Obtener la diferencia del 1º con el segundo
- Entrar en la curva con la diferencia por las abcisas, llevarlo a las ordenadas para obtener el valor que se debe sumar al nivel mayor
- Realizar el mismo calculo con el resto de los niveles, hasta que la diferencia sea mayor de 15



Suma de Niveles de Presión Sonora: Método Gráfico



$$L_T = 10 \log \left[\sum 10^{(L_i/10)} \right]$$



Suma de Niveles de Presión Sonora

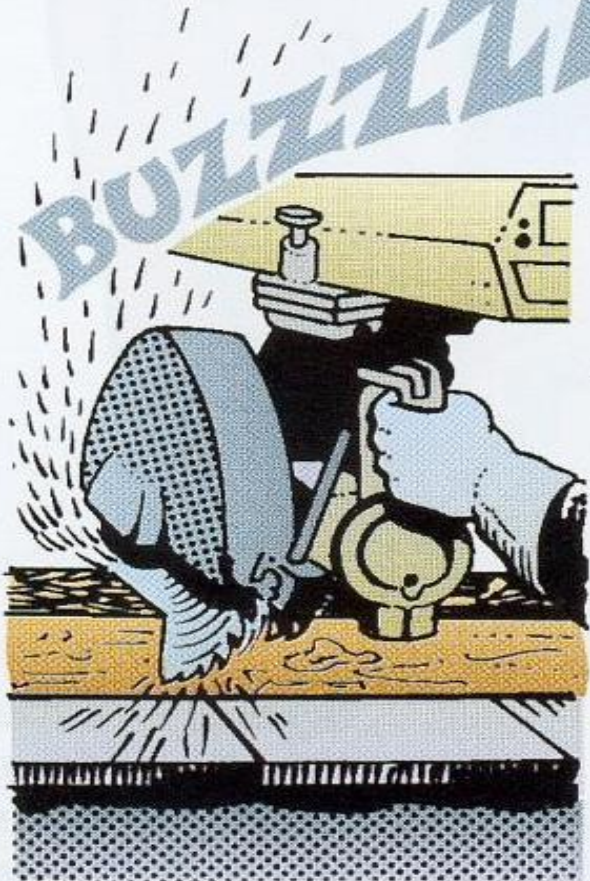
Método Gráfico

<i>Resta de Niveles</i>	<i>Abcisas</i>	<i>Ordenadas</i>	<i>Suma de Nivel Eq.</i>
<i>104-100</i>	<i>4</i>	<i>1,50</i>	<i>105,5</i>
<i>105,5-99</i>	<i>6,5</i>	<i>0,90</i>	<i>106,4</i>
<i>106,4-97</i>	<i>9,4</i>	<i>0,50</i>	<i>106,9</i>
<i>106,9-91</i>	<i>15,9</i>	<i>fuera de rango</i>	<i>--</i>

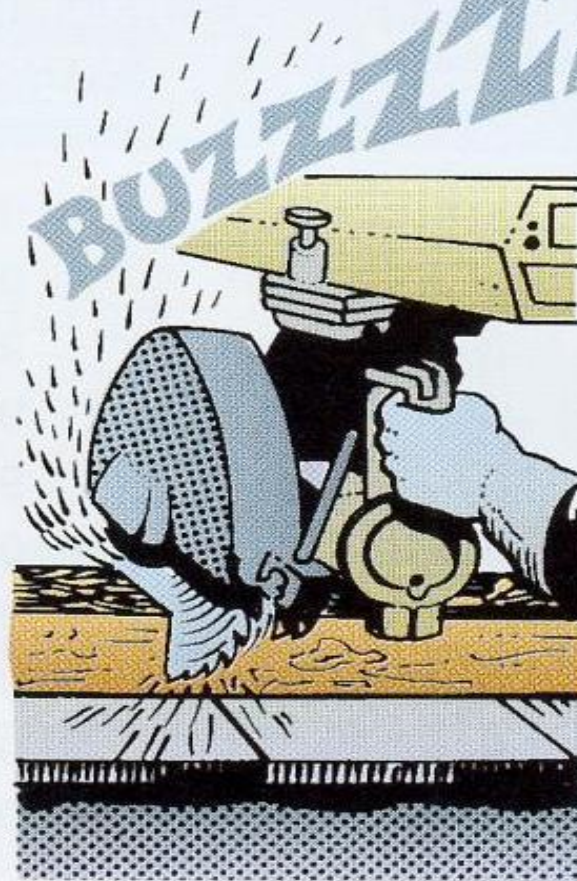


Suma de Decibelios

90 dBA

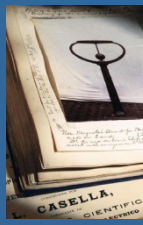


90 dBA



+

= 93
dBA



Ruido de Fondo

- Cuando no se puede determinar el ruido de una maquina de otros (Ruido de Fondo)
- Se mide el ruido con la maquina funcionando y el ruido con la maquina apagada.
- Para obtener la diferencia de los dos niveles:

$$L_{P_0} = 10 \log (10^{L_{pT} / 10} - 10^{L_{pF} / 10})$$

- L_{p0} Nivel sonoro de la instalación a medir
- L_{pT} Nivel sonoro total; L_{pF} Nivel sonoro de fondo



Resta de niveles de presión sonora

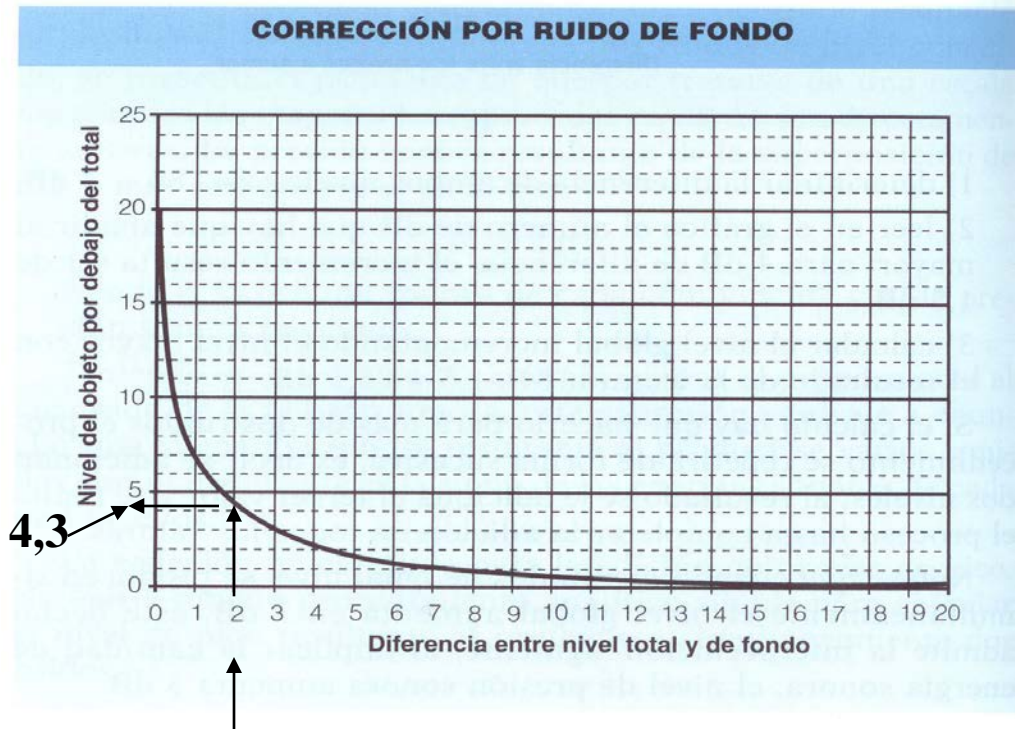
- **EJEMPLO**

En un puesto de trabajo en que hay una maquina se mide 88 dB; al parar la maquina el nivel es 86 dB.

- Diferencia de 2 dB

Ruido producido por la herramienta:

$$88 - 4,3 = 83,7 \text{ dB}$$





MEDICION DE RUIDO

Consideraciones



Instrumentación para Medición de Ruido

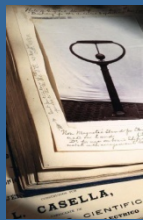
- Sonómetros
- Analizadores
- Dosímetros
- Software



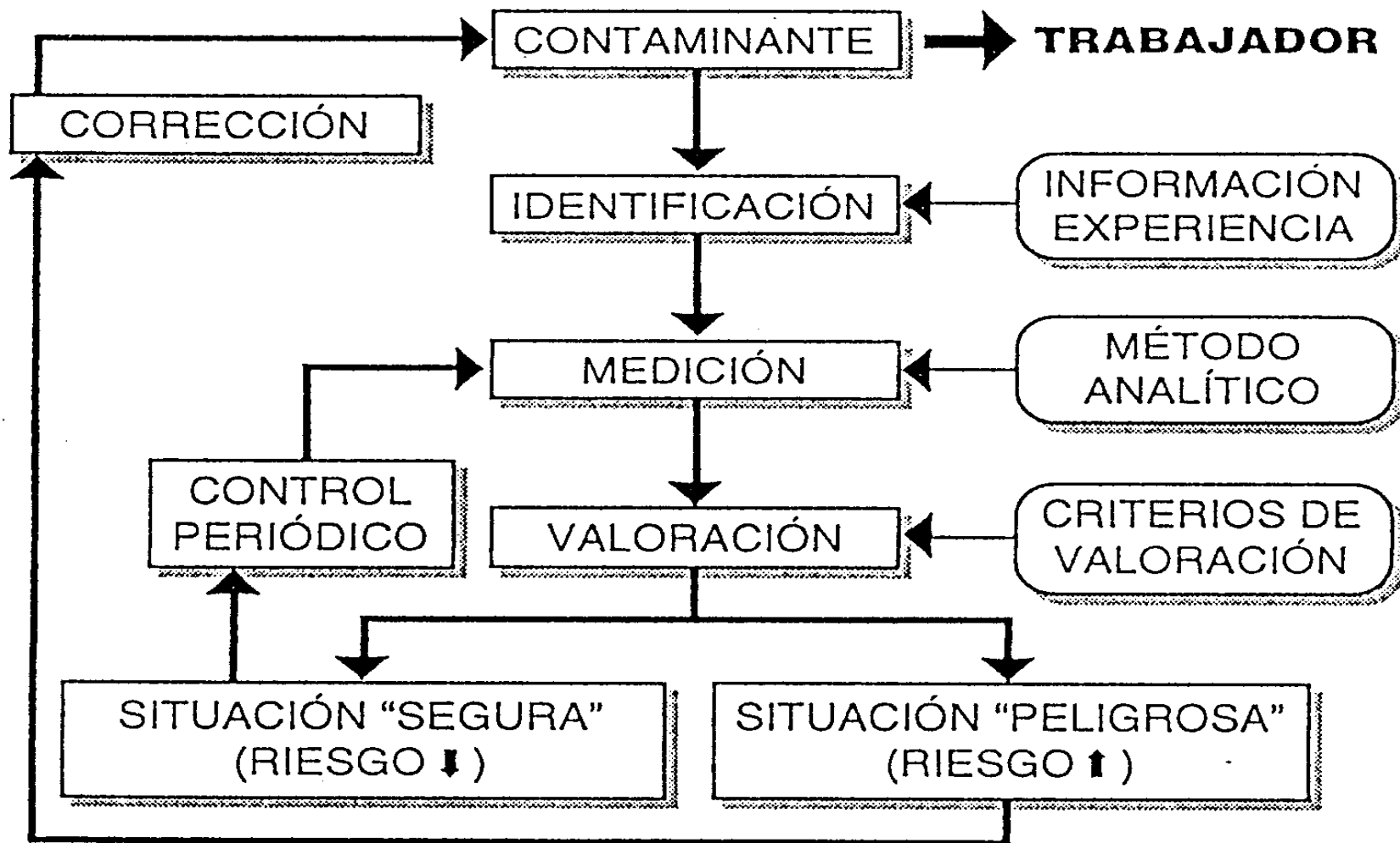


¿PORQUE TENEMOS QUE MEDIR?

Se establece en la.....



Actuación en Prevención





La medida del Ruido: Sonómetro

- Instrumento diseñado y fabricado para responder al sonido de forma similar a como lo hace el oído humano.
- Realiza medidas objetivas del nivel de presión acústica.
- Tipos de Precisión de micrófonos: 0 , 1 , 2 , 3

El Objetivo de la medida del Ruido en Higiene es: **Eliminarlo o Reducirlo**



Sonómetros y Calibradores Acústicos

Los sonómetros, Dosímetros y calibradores acústicos deben cumplir la **ITC 2845/2007** por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a la medición de sonido audible.

El **RD 286/2006** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido



Fases del Control Metrológico

- 1. Aprobación de modelo**
- 2. Verificación primitiva**
- 3. Verificación periódica**
- 4. Verificación después de reparación**



Componentes de un Sonómetro

- **Micrófono:** Recoge las variaciones de presión y las transforma en señales eléctricas equivalentes.
- **Electrónica:** Amplifica y procesa las señales recibidas del micrófono.
- **Filtros de ponderación:** Ponderan el nivel de presión sonora en función de la frecuencia. (O Lineal)



- **Detector de Valor Eficaz y Pico.** Normalización de ponderaciones de tiempo en Fast, Slow e Impulso.
- **Pantalla:** para visualización de los resultados de la medida.
- **Carcasa:** Para protección de componentes, con teclado incorporado, salidas de señal, etc.





- 1 – Paravientos (cubriendo el micrófono desmontable), 2 – Preamplificador fijo
3 – Tecla ENCENDER/APAGAR, 4 – Pantalla, 5 – Teclas Blandas, 6 – Teclas
 Cursoras de navegación
7 – Tecla Operación/Parada

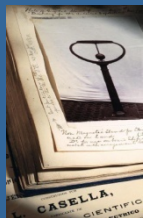


Tipos de Micrófonos

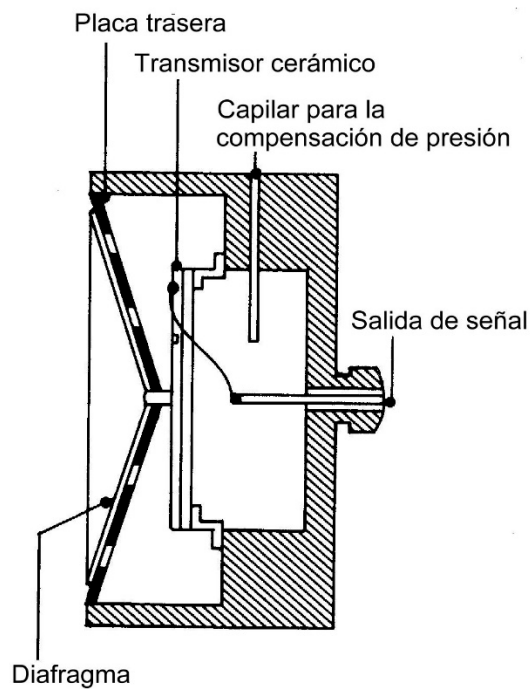


- **Transductor que convierte la presión acústica en una señal eléctrica.**

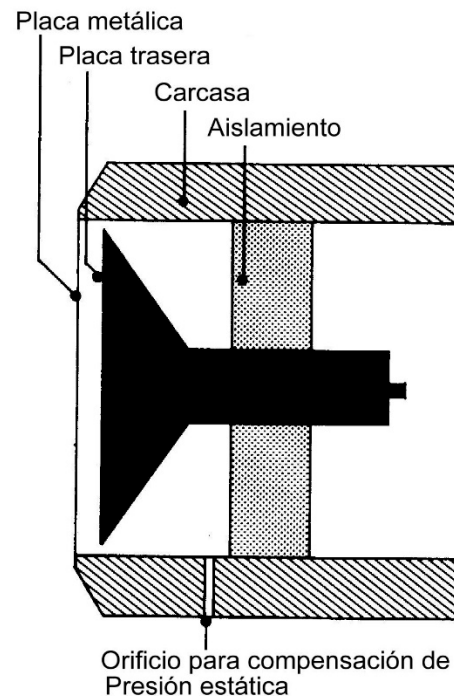
Tipos de Micrófonos



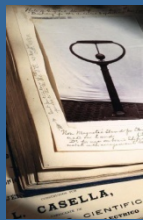
Piezoeléctrico



Condensador



Esquemas de micrófonos



Micrófono Condensador

Dos placas cargadas eléctricamente con una separación entre ellas. Una es fija, la otra es un diafragma que varía con las variaciones de presión sonora.

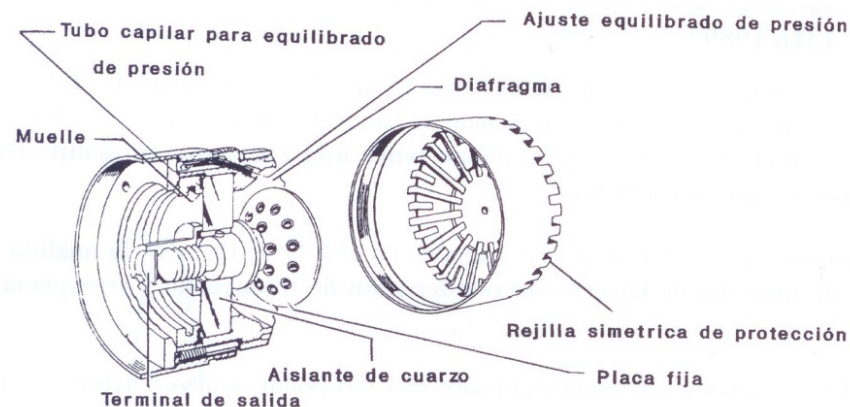
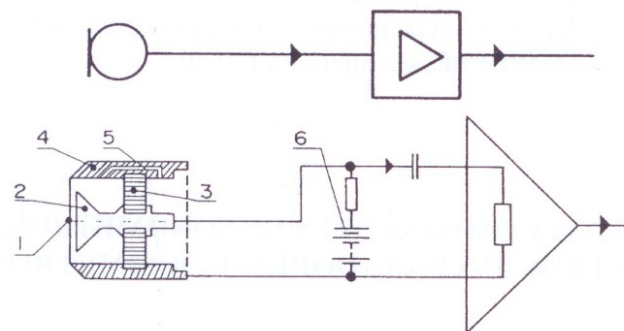
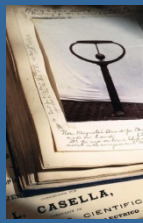


Figura: 3.5A



- 1.- DIAFRAGMA
- 2.- PLACA RIGIDA
- 3.- AISLANTE DE CUARZO
- 4.- CAPSULA DEL MICROFONO
- 5.- CAPILAR EQUILIBRADO
- 6.- TENSION POLARIZACION

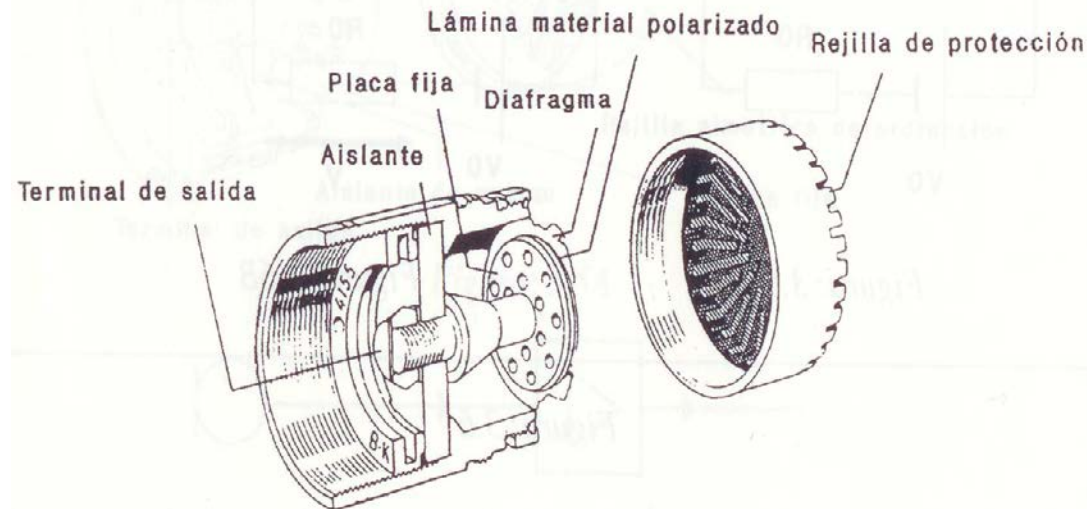
Figura: 3.5B



Micrófono Electret

- Tienen montada en la placa rígida una lamina de material polímero con carga eléctrica asociada a sus moléculas.
- Es decir un material polarizado eléctricamente por el campo eléctrico que crean sus moléculas.

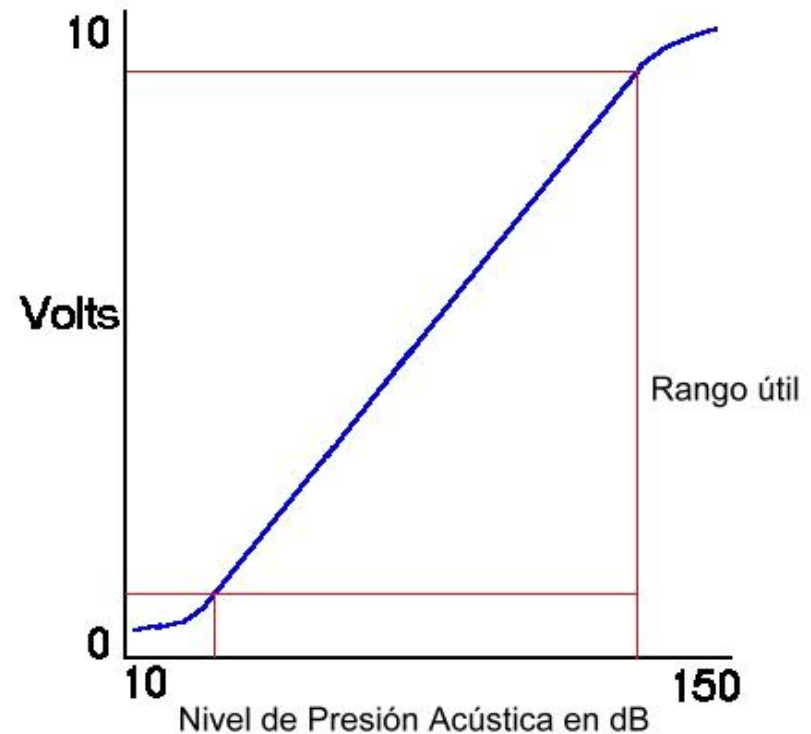
Con estos micros se evita la tensión de pre-polarización y supone ventajas como ahorro de espacio y de batería con mayor autonomía de funcionamiento





Micrófono Electret

- El micro genera un aumento de tensión de salida por el aumento del nivel de presión sonora.
- Solo se puede utilizar el rango donde la respuesta es lineal.
- Excluye los valores muy altos y muy bajos.



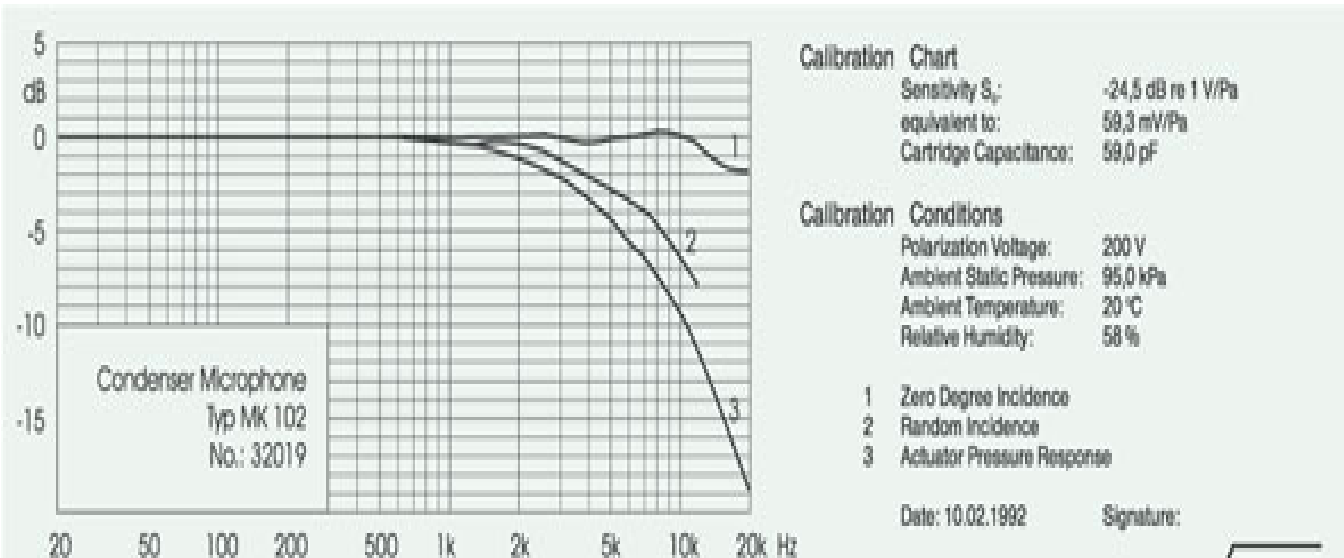


Micrófono: Sensibilidad

- Es el cociente entre la tensión que produce a circuito abierto y la presión que actúa sobre él.

$$\text{Sensibilidad} = \frac{mV}{Pa}$$

Sensibilidad Típica:
50 mV/Pa (Tipo 1)



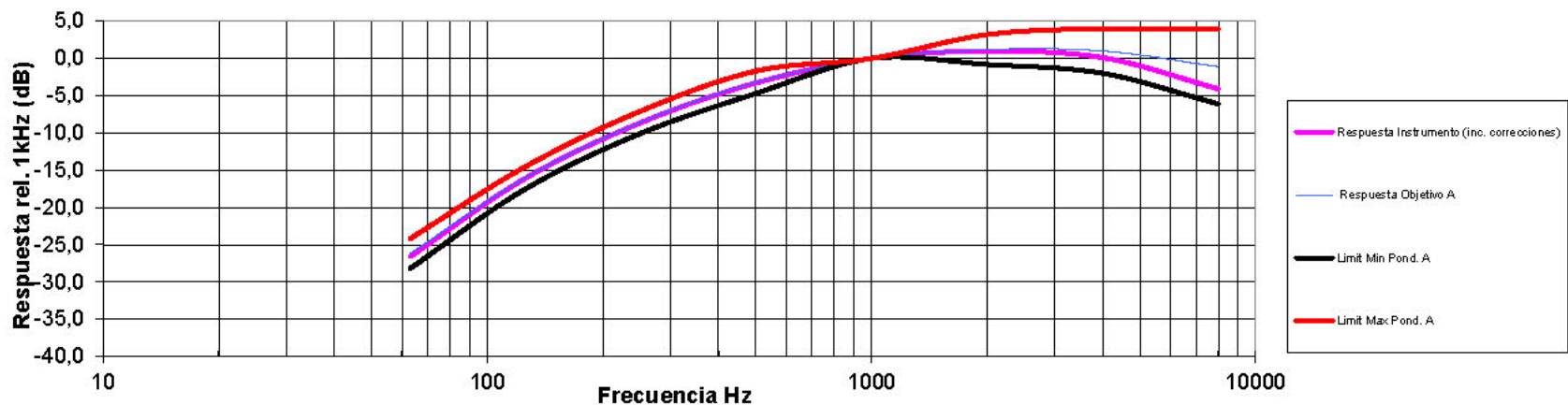
Otras:
10 mV/Pa;
3 mV/Pa;



Micrófono

- Respuesta en Frecuencia: Curva de variación de la sensibilidad con la frecuencia.
- Lo ideal es que el micrófono mantenga constante su sensibilidad a lo largo de todo el rango de frecuencias, de 20 a 20.000 Hz.
- El rango de frecuencia viene definido por su tamaño, por el diámetro de su cápsula

Respuesta en Frecuencia Electro-Acústica General - Ponderación 'A'.





Certificado de Conformidad y Calibración

Modelo de Equipo:- CEL-352 **Micrófono Tipo:-** CEL-252
Número de Serie 0221224 **Número de Serie** 13885
Firmware revisión V01.13



Clase/Tipo de Equipo:- 2

Condiciones Amb:- 25 °C **Técnico Verif.:-** Julian Nestares
 42 %HR **Fecha de Emisión:-** 23 Septiembre 2016
 935 mBar

Declaración de conformidad:-

Este certificado de verificación confirma que el equipo arriba indicado ha sido verificado en cumplimiento con las especificaciones indicadas por el fabricante y ha sido diseñado en cumplimiento con las normas EN 61252:2002 y ANSI S1.25:1991. Los ensayos se realizan utilizando equipos trazables a estándares nacionales en conformidad con los procedimientos de calidad ISO 9001:2008 de Casella. Este producto está certificado y es conforme a los requisitos de la Directiva CE.

Resumen Ensayo:-

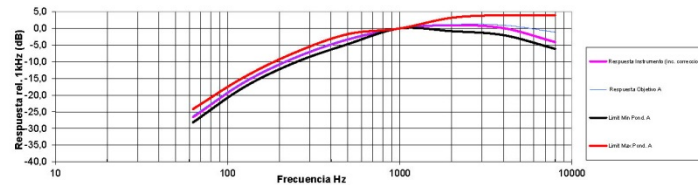
Test de ruido autogenerado	Correcto
Ponderaciones frecuenciales A/C/Z	Correcto
Tests de Nivel de Linealidad	Correcto
Respuesta a señales de corta duración	Correcto
Respuesta a pulsos unipolares	Correcto
Indicador de sobrecarga	Correcto
Test de ponderaciones temporales	Correcto
Respuesta pico ponderación C	Correcto
Tests Acústicos (Por favor ver debajo)	Correcto

Respuesta en Frecuencia Electro-Acústica Combinada - Ponderación A

CEI 61252 Section 7.2, - Ponderación Frecuencial.

El siguiente gráfico de respuesta en frecuencia ponderado en A muestra la respuesta general en frecuencia de este instrumento basada en la aplicación de calibraciones multi-frecuencia en campo de presión. Los coeficientes de corrección Presión-Campo Libre de los micrófonos se aplican a la respuesta en presión. Nivel de referencia a 1kHz.

Respuesta en Frecuencia Electro-Acústica General - Ponderación 'A'.



Casella CEL
 Regent House, Watcoteley Road,
 Kempston, Bedford
 MK42 7JY
 United Kingdom
 Phone: +44 (0) 1234 844100
 Fax: +44(0) 1234 841490
 E-mail: info@casellameasurement.com
 Web: www.casellameasurement.com

Casella España, S.A.
 Polígono Burbueta
 C/ Belgardo, 4B
 28232 Las Rozas (Madrid)
 España
 Tel: +34 91 640 75 19
 Fax: +34 91 636 01 96
 E-mail: online@casella-es.com
 Web: www.casella-es.com

Tested to test sheet TP385 revision 06-00



Micrófono Respuesta en Frecuencia

- Si una onda sonora viaja por un micro, tiene una λ igual al diámetro del micro, las presiones instantáneas en el diafragma tienden a compensarse y la membrana no se mueve.
- Si la onda tiene un $f = 13,5$ KHz, en aire a 20 °C, su velocidad de propagación es:

$$c = 20,04 \sqrt{20 + 273,16} = 343 \text{ m/s}$$





Micrófono Respuesta en Frecuencia

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{343}{13500} = 0,0254 \text{ m Aprox es } 1''$$

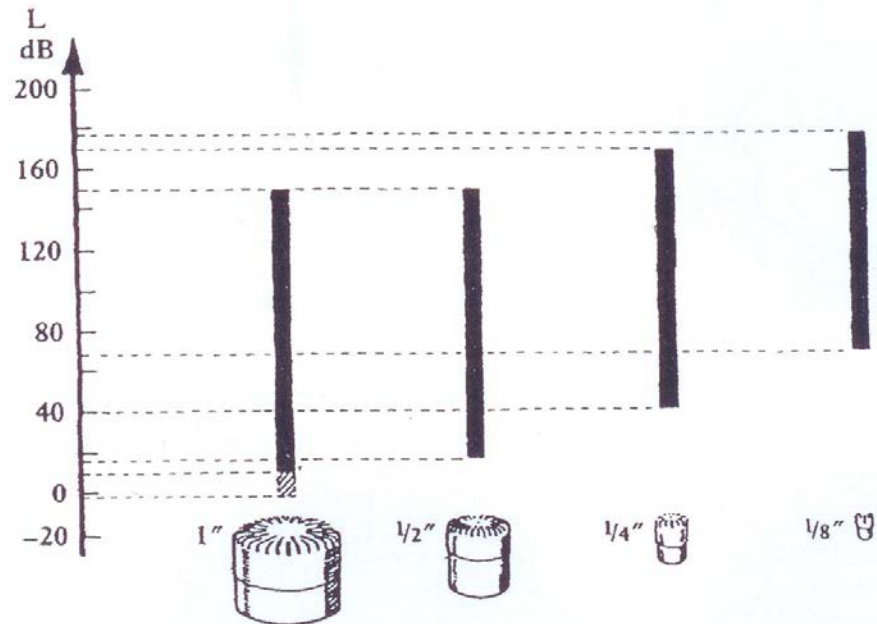
- Por tanto un micrófono de 1'' no sería adecuado para medir frecuencias de 13,5 KHz.
- En la practica solo se utilizan hasta 8 KHz.
- Los micros de ½'' son validos hasta 20 KHz.
- Para $f > 20$ KHz se usan micros de ¼'' y de 1/8''

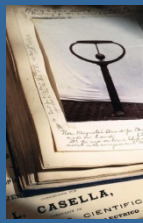




Micrófono Rango Dinámico

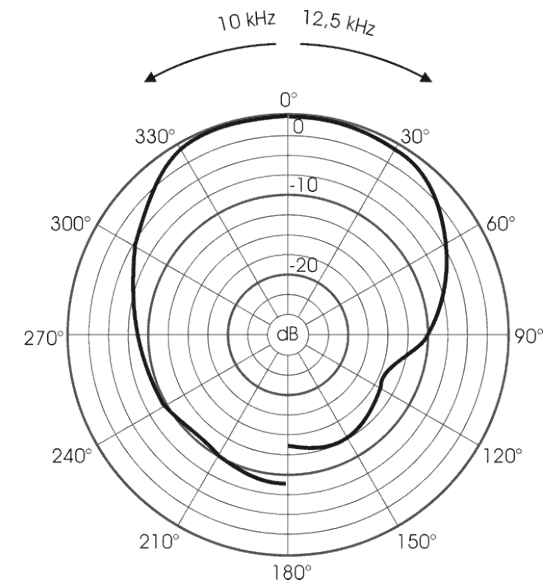
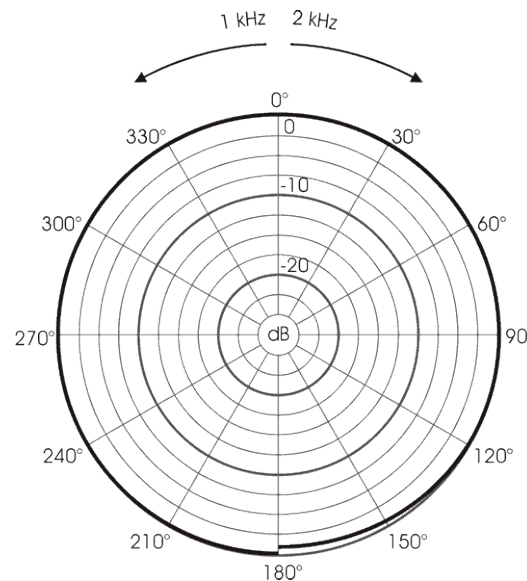
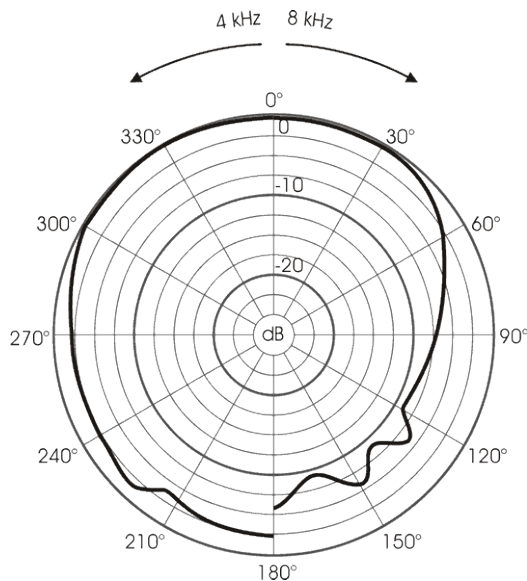
- Es la diferencia entre los límites superior e inferior de presión acústica, dentro de la cual el micrófono responde linealmente.
- Importante que el Micro tenga el mayor rango Dinámico posible.
- El límite inferior viene determinado por el ruido de fondo del Micro.
- Como límite superior se admite aquel valor de la presión acústica con el que se produce una distorsión del 3%.





Micrófono

- Direccionalidad: Variaciones de la sensibilidad del micrófono en función del Angulo de incidencia de la onda sonora.
- La variación de sensibilidad depende de la frecuencia y es mayor según aumenta “f”.
- La carcasa del sonómetro interfiere en el sonido que llega al micro en ciertas direcciones.





Sonómetro

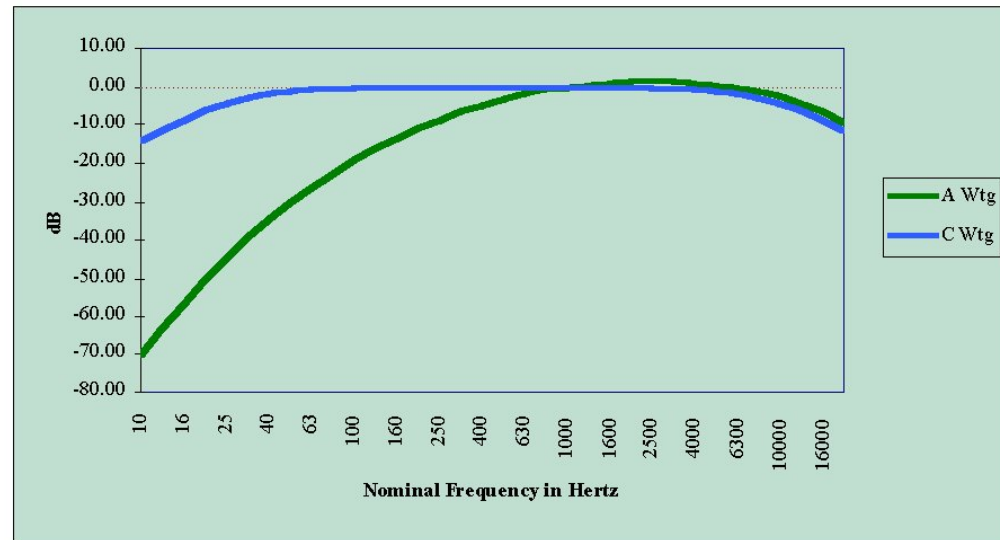
- **Preamplificador: Adapta la impedancia del micro a la del sonómetro.**
- **El Preamplificador tiene una gran impedancia de entrada para presentar un carga muy baja al micro y una muy baja impedancia de salida.**
- **Características ideales:**
- **Bajo nivel de ruido eléctrico**
- **Respuesta en frecuencia amplia. (Lineal para un rango alto de frecuencias)**
- **Rango dinámico amplio.**





Sonómetro: Redes de ponderación

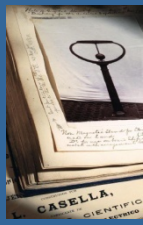
- Filtro colocado a la salida del preamplificador para atenuar, o amplificar, los niveles de presión acústica en función de la frecuencia, y medir el sonido de forma similar a la respuesta subjetiva del oído humano.
- Valores definidos por normas:
- Los filtros mas comunes son las A, C y Lineal (No ponderada)
- Redes A, B, C UNE-20464-90





Sonómetro

- **Amplificador: Dispositivo que amplifica las señales eléctricas hasta valores que se pueden tratar adecuadamente.**
- **Amplificador ideal:**
 - Preciso
 - Distorsión de señal mínima.
 - Tener amplio margen de frecuencias
 - Rango dinámico amplio.



Sonómetro

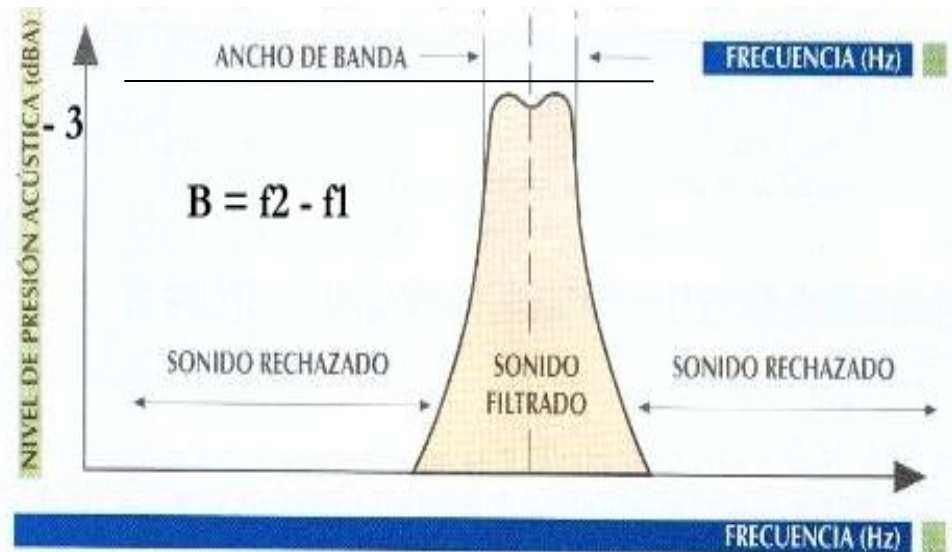
- **Filtros de Banda:** Permiten conocer la distribución de la energía en cada frecuencia o grupo de frecuencias.
- **Filtro Paso Banda:** Filtro ideal cuya ganancia es:
- **Constante e igual a 1; ($G = 1$; $G(\text{dB}) = 0$)** para las frecuencias comprendidas en la banda de ancho $B = f_2 - f_1$
- **Cero; ($G = 0$; $G(\text{dB}) = -\infty$)**
- **No se puede construir un filtro de estas características.**



Sonómetro: Filtros de Banda

- En filtros reales se define el ancho de banda, “B” como la diferencia entre las frecuencias f_2 y f_1 en las cuales la ganancia es
 - $G(\text{dB}) = -3\text{dB}$
- La calidad de un filtro viene dada por su aproximación al filtro ideal.

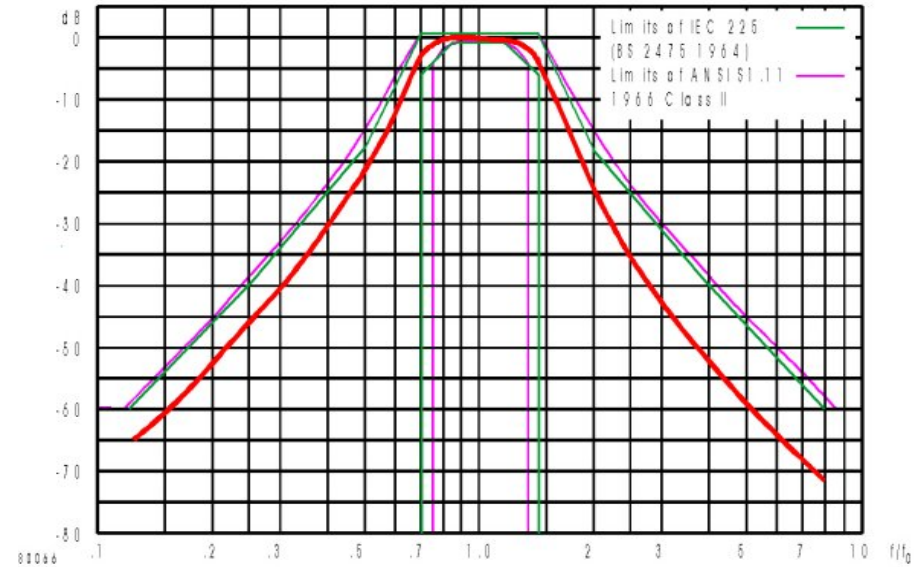
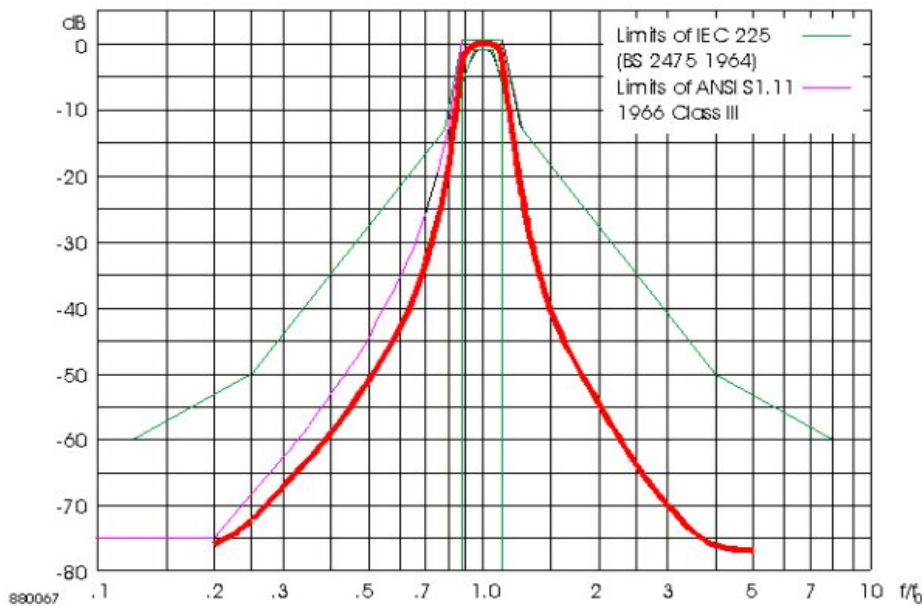
Las características de los filtros de 1/1 y 1/3 de octava se definen en **UNE-21328/4 (CEI-225-66)**





Sonómetro: Filtros de Banda

Filtro de banda típico con centro en 1.000 Hz





Sonómetro Circuito RMS

- Después de ponderar la señal en frecuencia y amplificada, se eleva al cuadrado para obtener el valor eficaz.
- Para realizarlo, se introduce en la cadena un Promediador de tiempo de tipo exponencial, que es una red que responde cuando en su entrada se aplica una señal escalón.
- Como la respuesta exponencial solo se alcanza en un tiempo infinito, se establece como señal el 63% del valor máximo, que sería la

Constante de Tiempo del Promediador



Sonómetro Circuito RMS

- **Las Constantes de Tiempo mas utilizadas son:**
- $\tau = 1$ segundo (Slow): S
- $\tau = 0,125$ segundo (Fast): F
- $\tau = 35$ ms (Impulso): I. Responde a impulsos, de ruido de corta duracion
- La red incluye un promediador exponencial con $\tau = 35$ ms; y un detector **Pico** con τ en la bajada de 1,5 s, que permite la lectura del impulso.
- Las características de las redes se definen en UNE 20464-90 (CEI 651)
- La utilización de una constante u otra se indica en el RD 1316.

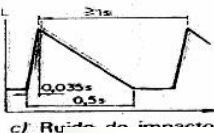
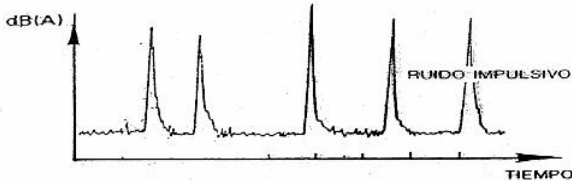
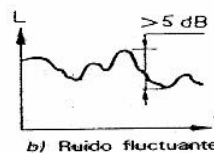
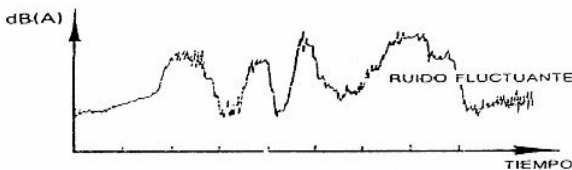
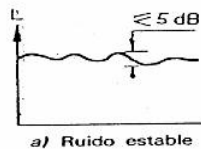
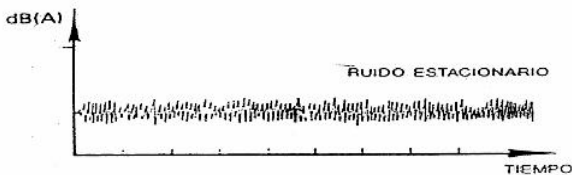


Sonómetro Circuito RMS

- RMS = Root Mean Square = Valor Medio Cuadrático.
- Es una medida de la energía acústica del ruido.
- Se puede asumir que no se supera el valor Pico de 140 dB cuando el valor medido en “l” y ponderado en “A” sea menor de 130 dB(A)



Tipos de Ruido



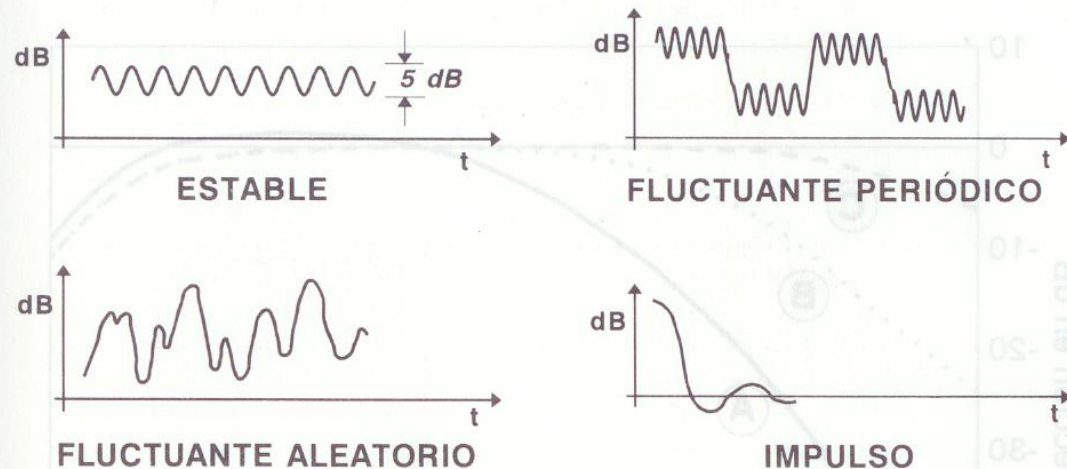
Ruido Estable : ≤ 5 dB

$\tau = 1$ s = Slow

Ruido Fluctuante > 5 dB

$\tau = 125$ ms = Fast

Ruido Impulsivo "I"
 $\tau = 35$ ms de subida
0,5 s de bajada





Sonómetro: Pantalla

Presenta los resultados de la medición





Funciones de Medición

$$L_p = 10 \log \left[\frac{P_1}{P_2} \right]^2$$

$$L_{max} = 10 \log \left[\frac{P_{max}}{P_0} \right]^2$$

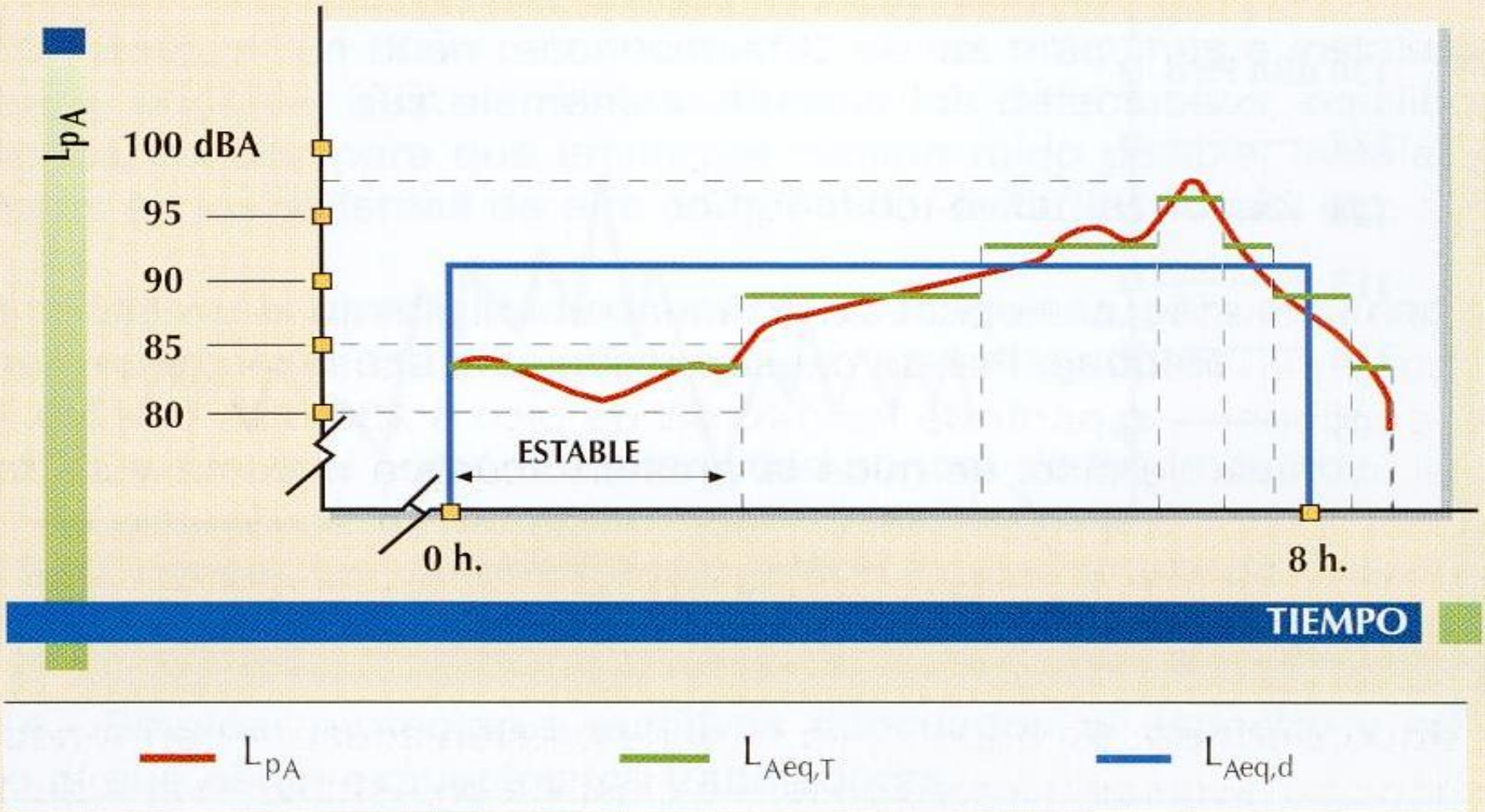
$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log(D \%)$$

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} \left(\frac{P_A(T)}{P_0} \right)^2 dT \right]$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq,t}} \right]$$



Representación Comparativa de funciones





Nivel Pico

Es el **máximo valor de la presión acústica instantánea** y tiene una constante de tiempo menor de 100 μ seg.

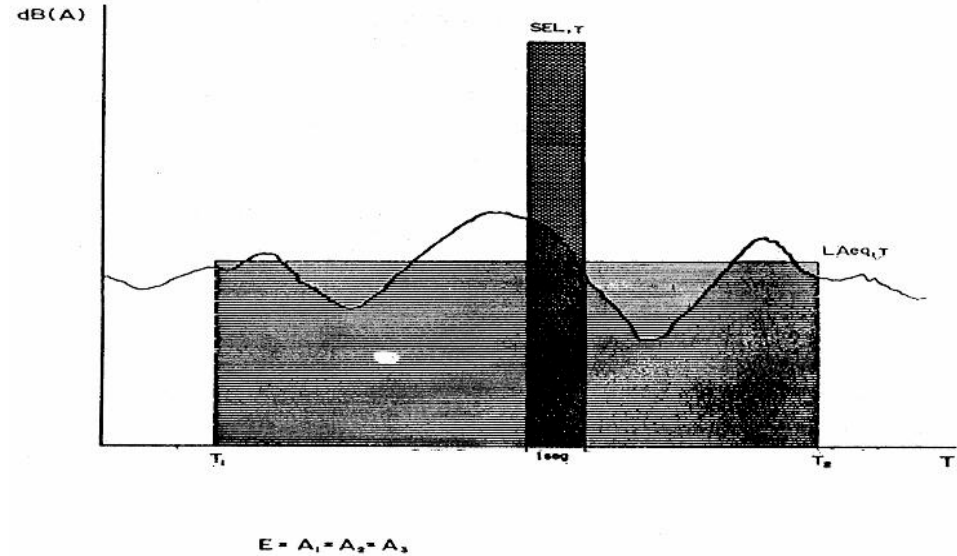
Sirve para detectar el posible riesgo de rotura del tímpano por exposición a ruidos de corta duración (Instantáneos) y elevado nivel de presión acústica.

$$L_{\max} = 10 \log \left[\frac{P_{\max}}{P_0} \right]^2$$



Nivel de Exposición Sonora: SEL

- Cuantifica la exposición sonora acumulada en el tiempo
- Se utiliza para conocer la energía sonora de un suceso completo
- Permite comparar dos sucesos, del mismo caso en dos situaciones diferentes.



$$SEL = L_{Aeq,T} + 10 \log T_{seg}$$

Es el nivel de energía acústica ponderado en A de un suceso concentrado en 1 segundo.



Nivel de Exposición Sonora: SEL

$$SEL = L_{Aeq,T} + 10 \text{ Log } T_{seg}$$

- Permite comparar dos sucesos, del mismo caso, en dos situaciones diferentes.
- Mecanizado de una pieza con herramientas afiladas: 100 dBA
- Mecanizado de una pieza con herramientas desgastadas: 110 dBA



Nivel de Exposición Sonora: SEL

$$\text{SEL} = L_{\text{Aeq,T}} + 10 \text{ Log } T_{\text{seg}}$$

- Cual será el SEL de un cantante de rock que ha estado expuesto a un $L_{\text{Aeq,t}}$ de 85 dBA

$$\text{SEL} = L_{\text{Aeq,t}} + 10 \log 40 \text{ años} = 85 + 91 = 176 \text{ dBA}$$

- Cual será el SEL de un trabajador que durante un año ha estado sometido a un $L_{\text{Aeq,t}}$ de 87 dBA

$$\text{SEL} = L_{\text{Aeq,t}} + 10 \log 2000 \text{ h} = 87 + 29 = 176 \text{ dBA}$$

**Porcentaje de tiempo total
durante el que se supera un
determinado nivel de ruido**

L_{10} ; L_{50} ; L_{90} ; L_{95} ; L_{99}



Nivel Diario Equivalente $L_{Aeq,d}$ Ejemplo

Un trabajador desarrolla sus funciones en 3 puestos de trabajo diferentes.

- En el puesto nº 1 esta durante 4 horas, expuesto a un nivel de ruido

$$L_{Aeq,T} T1 = 97dB(A)$$

- En el puesto nº 2 esta durante 2 horas, expuesto a un nivel de ruido

$$L_{Aeq,T} T2 = 93dB(A)$$

- En el puesto nº 3 esta durante 2 horas, expuesto a un nivel de ruido

$$L_{Aeq,T} T3 = 89dB(A)$$



Nivel Diario Equivalente $L_{Aeq,d}$ Ejemplo

- ¿Cuál es el nivel Diario de Exposición?.
- Aplicamos la fórmula de RD 1316:

$$L_{Aeq,d} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \cdot 10^{0,1L_{Aeq,t}} \right]$$



Nivel Diario Equivalente $L_{Aeq,d}$ Ejemplo

Para cada puesto de trabajo:

Para el puesto de trabajo nº 1 $L_{Aeq,d} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{8} (4 \cdot 10^{0,1 \times 97}) \right]$

Para el puesto de trabajo nº 2 $L_{Aeq,d} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{8} (2 \cdot 10^{0,1 \times 93}) \right]$

Para el puesto de trabajo nº 3 $L_{Aeq,d} = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{8} (2 \cdot 10^{0,1 \times 89}) \right]$

Resultado Final: $L_{Aeq,d} = 95 \text{ dB(A)}$

$$L_{Aeq,d} = 10 \text{Log} \left[\left[\frac{1}{8} (2,0047 * 10^{10} + 0,399 * 10^{10} + 0,1588 * 10^{10}) \right] \right] = 95 \text{ dB(A)}$$



Cálculo de Promedios aproximados

Si $L_{max} - L_{min} \leq 5dB$;

$$L_{medio} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} L_i$$

$$L_p = 96, 94, 99 \text{ dB}$$

$$L_{max} - L_{min} = 5 \text{ dB}$$

$$L_{pmedio} = (96+94+99)/3 = 96,8 \text{ dB}$$

$$L_p = 96, 97, 90, 100 \text{ dB}$$

$$L_{max} - L_{min} > 5 \text{ dB}$$

$$L_{pmedio} =$$

$$[(96 + 97 + 90 + 100) / 4] + 1 = 96,8 \text{ dB} = 97 \text{ dB}$$

Si $L_{max} - L_{min} > 5dB$;

$$L_{medio} = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} L_i \right] + 1$$



Marco Normativo

- **LPRL 31/1995**
- **Directiva del Consejo 86/188/CEE de 12/05/1986**
- **Real Decreto 1316/1989 (Derogado)**
- **RD 286/2006**
- **ITC 2845 Metrología Legal**

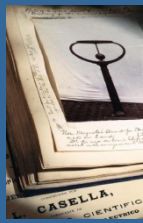




Legislación: LPRL 31/1995

La protección del trabajador frente a los riesgos exige una actuación profesional del empresario, cuyas fases cronológicas en el tiempo son:

- **A medio Plazo:** planificación de riesgos
- **A corto Plazo:** Organización de un conjunto de personas y medios
- **Al momento:** Acciones preventivas para eliminar o reducir los riesgos
- **Después de la acción:** Conclusión de la acción preventiva. (Medición, Valoración, Medidas correctoras)

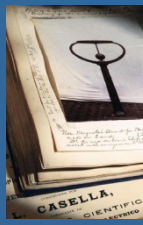


Legislación: LPRL 31/1995

Protección de los trabajadores

PREVENCION:

Conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.



Legislación: LPRL 31/1995:

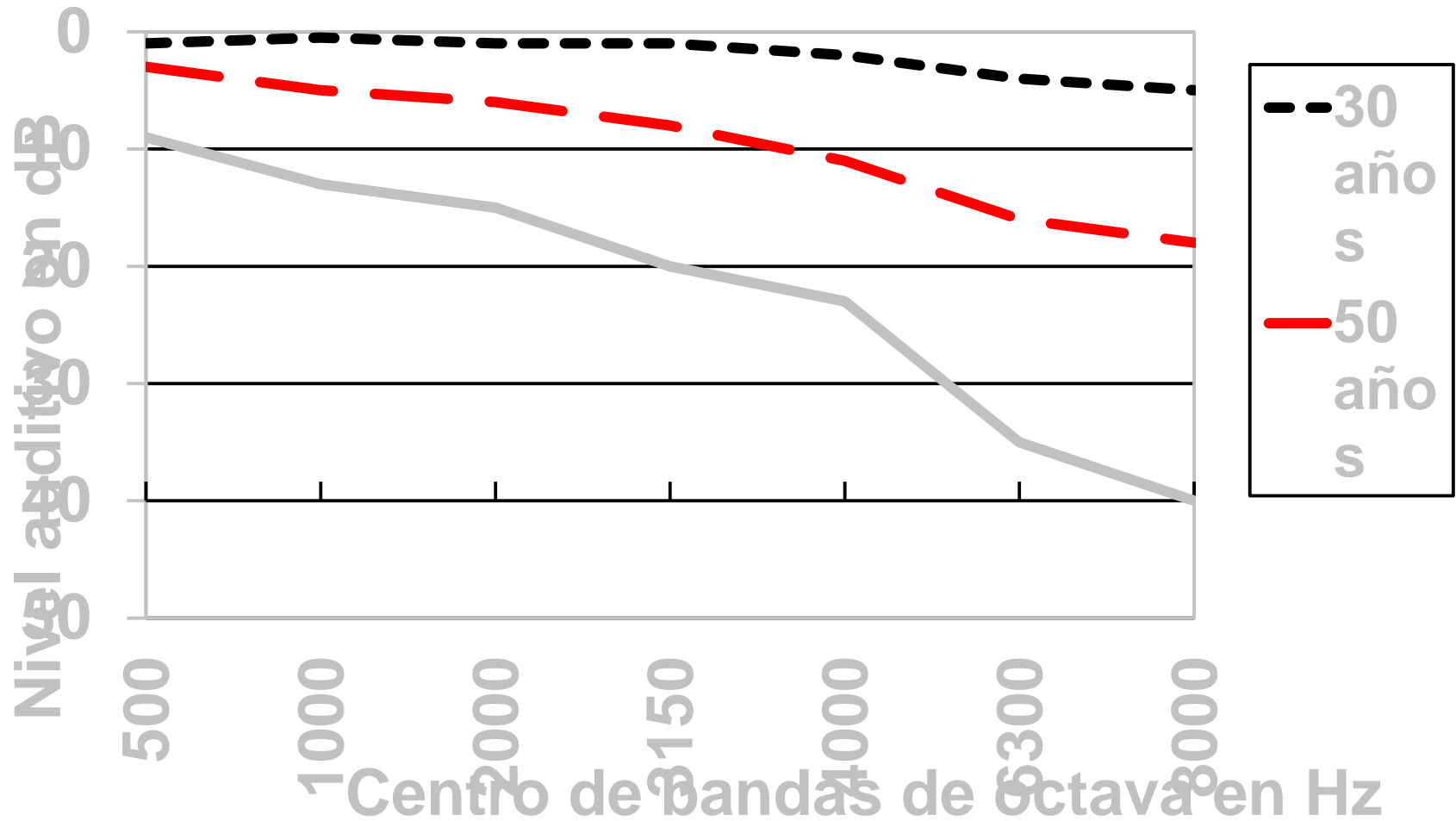
Protección de los trabajadores

Aplicación a los principios preventivos al caso del ruido

- **Evitar los ruidos**
- **Medir los que no se pueden evitar, y evaluar el $L_{Aeq,d}$**
- **Adaptar el trabajo a la persona, elegir equipos y métodos de trabajo, para reducir los efectos del ruido a la salud**
- **Tener en cuenta la evolución tecnológica para reducir el ruido**
- **Sustituir lo ruidoso por lo menos ruidoso.**
- **Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva frente a la individual**
- **Formación e información a los trabajadores.**
- **Cada trabajador debe velar por su propia seguridad y salud, y por la de las personas a las que pueda afectar su actividad**
- **Los trabajadores deben usar correctamente los equipos, maquinas, herramientas, y los medios de protección facilitados por la empresa.**



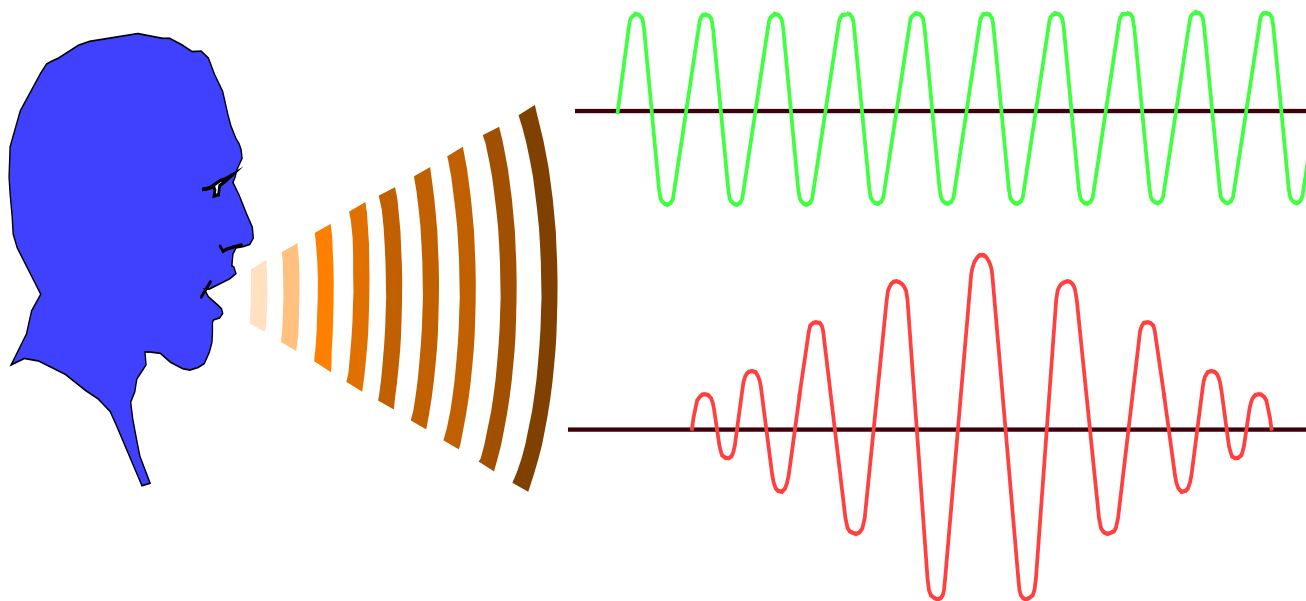
Actuación en Higiene





EL SONIDO

Legislación R.D. 286/2006





RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.

La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, del 8 de noviembre, y tendrá en consideración especialmente:



RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

- a** Otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido;
- b** La elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel posible de ruido, habida cuenta del trabajo al que están destinados, incluida la posibilidad de proporcionar a los trabajadores equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos cuyo objetivo o resultado sea limitar la exposición al ruido;
- c** La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;



RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

- d** La información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido;
- e** La reducción técnica del ruido:
 - 1º Reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente;
 - 2º Reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo mediante amortiguamiento o aislamiento;
- f** Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;
- g** Reducción del ruido mediante la organización del trabajo:
 - 1º Limitación de la duración e intensidad de la exposición;
 - 2º Ordenación adecuada del tiempo de trabajo.



RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

2. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y de organización, que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta en particular las medidas mencionadas en el apartado 1.



RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

3. Sobre la base de la evaluación del riesgo mencionada en el artículo 6, los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de una señalización apropiada de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a ellos.



RD 286. Artículo 4: Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.

4. Cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso.
5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, el empresario adaptará las medidas mencionadas en este artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles.



RD 286. Artículo : 5 Valores Límite de Exposición y Valores de exposición que dan lugar a una acción

1 A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

a) Valores límite de exposición:

$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$,

b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$,

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$.



RD 286. Artículo : 5 Valores Límite de Exposición y Valores de exposición que dan lugar a una acción

2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores.
- Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.



RD 286. Artículo : 5. Valores Límite de Exposición y Valores de exposición que dan lugar a una acción

3. En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:
 - a) el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y
 - b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

1. El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y del capítulo II, sección 1.ª del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición del nivel de exposición al ruido se conservarán de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

2. Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ($LA_{eq,d}$), del nivel de pico (L_{pico}) y del nivel de exposición semanal equivalente ($LA_{eq,s}$), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

3. Entre los métodos de evaluación y medición utilizados podrá incluirse un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores.

La forma de realización de las mediciones, así como su número y duración se efectuará conforme a lo dispuesto en el anexo II. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en el anexo III, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

4. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con el artículo 6 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y, como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

Dichas evaluaciones y mediciones serán realizadas por personal con la debida cualificación, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 36 y 37 y en el Capítulo III del Real Decreto 39/1997, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

5. En el marco de lo dispuesto en los artículos 15 y 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos:
- a) el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos;
 - b) la existencia de equipos de sustitución concebidos para reducir la emisión de ruido;
 - c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 5;



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

- d) en la medida en que sea viable desde el punto de vista técnico, todos los efectos para la salud y seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo, y entre el ruido y las vibraciones;
- e) todos los efectos indirectos para la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las señales acústicas de alarma u otros sonidos a que deba atenderse para reducir el riesgo de accidentes;
- f) la información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa específica que sea de aplicación;



RD 286. Artículo 6: Evaluación de Riesgos

- g) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles a los que se refiere el artículo 25 de la Ley 31/1995;
- h) la prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario;
- i) la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible;
- j) la disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas.



RD 286. Artículo 7: Protección Individual.

1. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 17.2 de la Ley 31/1995 y en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, de no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido, se pondrán a disposición de los trabajadores, para que los usen, protectores auditivos individuales apropiados y correctamente ajustados, con arreglo a las siguientes condiciones:



RD 286. Artículo 7: Protección Individual.

- a) cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales;
- b) mientras se ejecuta el programa de medidas a que se refiere el artículo 4.2 y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales;
- c) los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.



RD 286. Artículo 7: Protección Individual.

- El empresario deberá hacer cuanto esté en su mano para que se utilicen protectores auditivos, fomentando su uso cuando éste no sea obligatorio y velando por que se utilicen cuando sea obligatorio de conformidad con lo previsto en el apartado 1.b) anterior; asimismo, incumbirá al empresario la responsabilidad de comprobar la eficacia de las medidas adoptadas de conformidad con este artículo.
- Cuando se recurra a la utilización de equipos de protección individual, las razones que justifican dicha utilización se harán constar en la documentación prevista en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.



RD 286. Art. 8: Limitación de la Exposición.

1. En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición.
2. Si, a pesar de las medidas adoptadas en aplicación de este real decreto, se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:
 - a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
 - b) determinar las razones de la sobreexposición,
 - c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
 - d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.



RD 286. Art 9: Información y Formación

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995, el empresario velará porque los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y/o sus representantes reciban información y formación relativas a los riesgos derivados de la exposición al ruido, en particular sobre:

- a) la naturaleza de tales riesgos;
- b) las medidas tomadas en aplicación del presente real decreto con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados del ruido, incluidas las circunstancias en que aquéllas son aplicables;



RD 286. Art 9: Información y Formación

- c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción establecidos en el artículo 5;
- d) los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido efectuadas en aplicación del artículo 6, junto con una explicación de su significado y riesgos potenciales;
- e) el uso y mantenimiento correctos de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación;
- f) la conveniencia y la forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva;
- g) las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta vigilancia de la salud, de conformidad con el artículo 11;
- h) las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición al ruido.



RD 286. Art 10: Consulta y Participación de los trabajadores

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto y, en particular, respecto a las indicadas a continuación, se realizarán de conformidad con lo Dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995:

- a) la evaluación de los riesgos y la determinación de las medidas que se han de tomar contempladas en el artículo 6;
- b) las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido contempladas en el artículo 4
- c) la elección de protectores auditivos individuales contemplados en el artículo 7.1.c).



RD 286. Art 11: Vigilancia de la Salud

1. Cuando la evaluación de riesgos prevista en el artículo 6.1 ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, y estos someterse a ésta, de conformidad con lo dispuesto en este artículo y en el artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997
2. Los trabajadores cuya exposición al ruido los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa, lleve a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción cuando la evaluación y la medición previstas en el artículo 6.1 indiquen que existe riesgo para su salud.



RD 286. Art 11: Vigilancia de la Salud

- Dichos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997 y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva. Su periodicidad será como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.



RD 286. Art 11: Vigilancia de la Salud

3. La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores sujetos a la misma con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en el artículo 22, apartados 2, 3 y 4, de la Ley 31/1995 y en el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.
4. Cuando el control de la función auditiva ponga de manifiesto que un trabajador padece una lesión auditiva diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si la lesión puede ser consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. En tal caso:



RD 286. Art 11: Vigilancia de la Salud

- a) el médico u otro personal sanitario competente comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente;
- b) por su parte, el empresario deberá:
 - 1.º) revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 6;
 - 2.º) revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto a que se refiere el apartado 1.a) del artículo 7, durante la revisión de aquellas medidas y hasta tanto se eliminan o reducen los riesgos;



RD 286. Art 11: Vigilancia de la Salud

- 3.º) tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesario para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición;

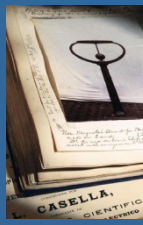
- 4.º) disponer una vigilancia sistemática de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.



RD 286. Resumen: Valores INFERIORES que dan lugar a una acción

Cuando $L_{Aeq, d} > 80 \text{ dB(A)}$ o $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$:

- Se pondrán Protectores auditivos a disposición de los trabajadores.
- Formación e Información sobre naturaleza del riesgo, valores límite, resultados de evaluaciones anteriores, uso y mantenimiento correcto de EPI's, etc.
- Derecho a control auditivo, con periodicidad mínima de 5 años.
- No se tiene en cuenta los efectos producidos por los protectores para el cálculo de la exposición real del trabajador al ruido.



RD 286. Resumen: Valores SUPERIORES que dan lugar a una acción

- Cuando $L_{Aeq,d} > 85$ dB(A) o $L_{pico} = 137$ dB (C):
- Se debe establecer y ejecutar un programa de reducción del ruido basado en medidas técnicas, actuación sobre el foco, y de organización integrado en la planificación preventiva.
- Se Utilizaran Protectores auditivos individuales, **Obligatorio**.
- Formación e Información sobre naturaleza del riesgo, valores limite, resultados de evaluaciones anteriores, uso y mantenimiento correcto de EPI's, etc.
- Derecho a control auditivo, con periodicidad mínima de 3 años.
- Señalización apropiada según RD 485.
- No se tiene en cuenta los efectos producidos por los protectores para el cálculo de la exposición real del trabajador al ruido.



RD 286. Resumen: Valores LIMITE de exposición

Cuando $L_{Aeq, d} > 87$ dB(A) o $L_{pico} = 140$ dB (C):

- En **NINGUN CASO** se deben superar los límites de exposición.
- Si se superan el empresario deberá:
 - Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los límites.
 - Determinar las razones de la sobre-exposición.
 - Corregir las medidas de prevención y protección para evitar una reincidencia.
 - Informar a los delegados de prevención de tales las circunstancias.
- **SI** se tiene en cuenta la atenuación producida por los protectores para el cálculo de la exposición real del trabajador al ruido.



RD 286. Disposiciones

- Comunicación a la Comisión Europea de la lista de excepciones.
- Elaboración y Actualización de la Guía Técnica por el INSHT, no vinculante. Incluirá un código de conducta.
- Normas transitorias: No será de aplicación en los sectores de la Música y el Ocio hasta 2008.
- Derogación del RD 1316
- Incorporación de la Directiva al derecho español. Facultad de desarrollo al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.

REQUERIMIENTO	REAL DECRETO 1316/1989	DIRECTIVA 2003/10/CE	OBSERVACIONES
Reducir los riesgos.	Al nivel más bajo técnica y razonablemente posible... en particular, en su origen...	Deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible.	En la nueva Directiva se establece la obligación de "eliminar los riesgos en el origen", matizando que se deben tener en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.
Proporcionar información y formación a los trabajadores.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA.	$L_{Aeq,d} \geq 80$ dBA o $L_{pico} \geq 135$ dBC.	Se refiere naturalmente a información y formación sobre aspectos concretos de la exposición al ruido (p.e., evaluación de su exposición al ruido, riesgos potenciales para su audición, medidas preventivas adoptadas, protectores auditivos, resultados del control médico de su audición, las prácticas de trabajo seguras, etc.) reforzando la obligación que de forma general ya se establece en el marco legal.
Tiempo de referencia para valoración.	Diario (8 horas) o semanal, cuando en el puesto haya variación de la exposición al ruido entre una jornada y otra.	Ídem.	
Vigilancia de la salud y exámenes audiométricos.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA, cada cinco años. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA, cada tres años. $L_{Aeq,d} > 90$ dBA, cada año.	No fija periodicidad. De acuerdo con la evaluación de riesgos: $L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC, derecho del trabajador a control audiométrico. $L_{Aeq,d} > 80$ dBA o $L_{pico} > 135$ dBC, control audiométrico preventivo.	La Directiva diferencia entre los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de acción de exposición, que tendrán derecho a controles de su función auditiva y aquellos cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, para los que se debe también llevar a cabo este tipo de control preventivo, cuando la evaluación indique que existe riesgo para la salud (es de suponer que se refiere a casos en los que la evaluación ambiental no es determinante y precisa ser complementada con el control audiométrico).
Disponibilidad de protectores auditivos.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA, a trabajadores que lo soliciten. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA, a todos los trabajadores.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA o $L_{pico} > 135$ dBC, a todos los trabajadores.	
Evaluación de los puestos de trabajo.	Evaluación de puestos existentes, puestos nuevos o si hay modificaciones importantes. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC anual. $L_{Aeq,d} > 80$ dBA, cada tres años.	No fija periodicidad. De acuerdo con la Directiva Marco 89/391/CEE. Actualización periódica si se han producido cambios significativos.	
Obligatoriedad de uso de protectores auditivos.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} \geq 85$ dBA o $L_{pico} \geq 137$ dBC.	Debe tenerse en cuenta que la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos está condicionada en el Real Decreto 1316/1989: "En los puestos de trabajo en los que no resulte técnica y razonablemente posible reducir el nivel diario equivalente o el nivel de pico por debajo de los límites mencionados en el apartado anterior, y, en todo caso, mientras esté en fase de desarrollo el programa de medidas concebido a tal fin ..." y también en la Directiva 2003/10/CE: "De no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido..."
Límite de exposición.	No explicitado.	Incluyendo la atenuación de los EPI $L_{Aeq,d} = 87$ dBA o $L_{pico} = 140$ dBC.	En la nueva Directiva se establece que, en la valoración de la exposición a ruido, al comparar con los valores límite, se tenga en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos. En cambio, no se tendrá en cuenta esta atenuación al comparar con los valores superiores e inferiores de exposición que dan lugar a una acción.
Programa de medidas técnicas o de organización.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC.	El R.D. 1316/1989 lo enunciaba así: "programa de medidas técnicas destinado a disminuir la generación o la propagación del ruido, u organizativas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido".
Señalización de lugares y limitación del acceso.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC.	Según la Directiva 2003/10/CE, si se sobrepasan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, deberá señalizarse adecuadamente y, si es viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifica, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a los mismos.

$L_{Aeq,d}$ = Nivel de presión sonora equivalente diario. - L_{pico} = Nivel de pico máximo.



Evaluación de la exposición al ruido

- **INICIAL** de los puestos de trabajo existentes.
- **ADICIONALES**, cada vez que se cree un nuevo puesto de trabajo o haya cambios significativos en las condiciones existentes.
- **PERIODICAS**, cada 3 años en los puestos de trabajo en los que el LAeq supere los 80 dBA y anualmente cuando se supere los 85 dBA o 90 dBA o 140 dB de nivel pico.



Evaluación de la exposición al ruido

- Identificación de cada puesto de trabajo. Con tiempo de exposición diario en cada tarea.
- Medición del **L_p**, para la actuación preventiva.
- Realizar las mediciones según recomendaciones descritas.
- Realizar las mediciones en ausencia del trabajador, con el micrófono a la altura del oído, y si no frente a su oído a 10 cm de distancia.
- Duración y Número de mediciones necesario para que la medición sea representativa



Medidas preventivas según R.D. 1316/1989

GRUPO	Nivel diario equivalente $L_{Aeq,d}$			
	INFERIOR A 80 dBA 140 dB Pico	80 dBA	85 dBA	SUPERIOR A 90 dBA ó 140 dB Pico
	1	2	2	3
Plan general	Reducción de la exposición al ruido			
Formación e información de los trabajadores	Evaluaciones, controles, etc.			
Evaluación de la exposición al ruido	CADA 3 AÑOS	ANUAL		
Suministrar protectores auditivos	A QUIEN LO SOLICITE	A TODO EL PERSONAL	USO OBLIGATORIO	
Señalizar los lugares con riesgo				OBLIGATORIO
Control médico auditivo	CADA 5 AÑOS	CADA 3 AÑOS	ANUAL	
Programa razonado de medidas para disminuir el ruido				ANUAL
Archivar	Evaluaciones y controles 30 años			
Solicitar información a los suministradores	$L_{Aeq,T}$ 80 dBA y/o L_{MAX} 140 dB			



RD 286 Artículo 2; Anexo I

- **Parámetros físicos utilizados para la evaluación de riesgos, según anexo I**

$$L_p = 10 \log \left[\frac{P_1}{P_0} \right]^2 \quad L_{pA} = 10 \log \left[\frac{P_A}{P_0} \right]^2 \quad L_{\max} = 10 \log \left[\frac{P_{\max}}{P_0} \right]^2$$

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(T)}{P_0} \right)^2 dT \right] \quad L_{Pico} = 10 \log \left[\frac{P_{Pico}}{P_0} \right]^2$$

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8} = 10 \log \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq,t}} \right]$$

$$L_{Aeq,S} = 10 \log \left[\frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} T_i \times 10^{0,1 L_{Aeq,d_i}} \right] \quad L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log (D \%)$$



RD 286. Artículo : 5 Valores Límite de Exposición y Valores de exposición que dan lugar a una acción

1. A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:
 - a) **Valores límite de exposición:**
 $LA_{eq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$,
 - b) **Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:** $LA_{eq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$,
 - c) **Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:** $LA_{eq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$.



RD 286. Resumen: Valores INFERIORES que dan lugar a una acción

- **Cuando $L_{Aeq, d} > 80$ dB(A) o $L_{pico} = 135$ dB (C):**
- Se pondrán Protectores auditivos a disposición de los trabajadores.
- Formación e Información sobre naturaleza del riesgo, valores límite, resultados de evaluaciones anteriores, uso y mantenimiento correcto de EPI's, etc.
- Derecho a control auditivo, con periodicidad mínima de 5 años.
- No se tiene en cuenta los efectos producidos por los protectores para el cálculo de la exposición real del trabajador al ruido.



RD 286. Resumen: Valores SUPERIORES que dan lugar a una acción

- Cuando $L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ o $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$:
 - Se debe establecer y ejecutar un programa de reducción del ruido basado en medidas técnicas, actuación sobre el foco, y de organización integrado en la planificación preventiva.
 - Se Utilizaran Protectores auditivos individuales, **Obligatorio**.
 - Formación e Información sobre naturaleza del riesgo, valores limite, resultados de evaluaciones anteriores, uso y mantenimiento correcto de EPI's, etc.
 - Derecho a control auditivo, con periodicidad mínima de 3 años.
 - Señalización apropiada según RD 485.
 - No se tiene en cuenta la atenuación de los protectores para el cálculo de la exposición real del trabajador al ruido.



RD 286. Resumen: Valores LÍMITE de exposición

- **Cuando $L_{Aeq, d} > 87 \text{ dB(A)}$ o $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$:**
- En **NINGUN CASO** se deben superar los límites de exposición.
- Si se superan el empresario deberá:
 - Tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los límites.
 - Determinar las razones de la sobre-exposición.
 - Corregir las medidas de prevención y protección para evitar una reincidencia.
 - Informar a los delegados de prevención de tales las circunstancias.
- **SI** se tiene en cuenta la atenuación de los protectores para el calculo de la exposición real del trabajador al ruido.

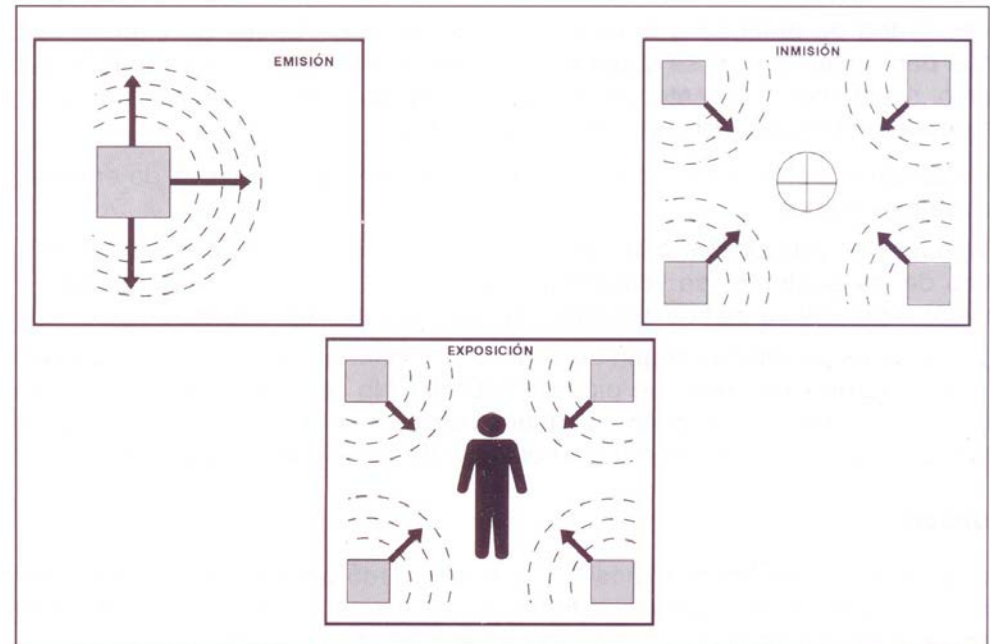
REQUERIMIENTO	REAL DECRETO 1316/1989	DIRECTIVA 2003/10/CE	OBSERVACIONES
Reducir los riesgos.	Al nivel más bajo técnica y razonablemente posible... en particular, en su origen...	Deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible.	En la nueva Directiva se establece la obligación de "eliminar los riesgos en el origen", matizando que se deben tener en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.
Proporcionar información y formación a los trabajadores.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA.	$L_{Aeq,d} \geq 80$ dBA o $L_{pico} \geq 135$ dBC.	Se refiere naturalmente a información y formación sobre aspectos concretos de la exposición al ruido (p.e., evaluación de su exposición al ruido, riesgos potenciales para su audición, medidas preventivas adoptadas, protectores auditivos, resultados del control médico de su audición, las prácticas de trabajo seguras, etc.) reforzando la obligación que de forma general ya se establece en el marco legal.
Tiempo de referencia para valoración.	Diario (8 horas) o semanal, cuando en el puesto haya variación de la exposición al ruido entre una jornada y otra.	Ídem.	
Vigilancia de la salud y exámenes audiométricos.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA, cada cinco años. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA, cada tres años. $L_{Aeq,d} > 90$ dBA, cada año.	No fija periodicidad. De acuerdo con la evaluación de riesgos: $L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC, derecho del trabajador a control audiométrico. $L_{Aeq,d} > 80$ dBA o $L_{pico} > 135$ dBC, control audiométrico preventivo.	La Directiva diferencia entre los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de acción de exposición, que tendrán derecho a controles de su función auditiva y aquéllos cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, para los que se debe también llevar a cabo este tipo de control preventivo, cuando la evaluación indique que existe riesgo para la salud (es de suponer que se refiere a casos en los que la evaluación ambiental no es determinante y precisa ser complementada con el control audiométrico).
Disponibilidad de protectores auditivos.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA, a trabajadores que lo soliciten. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA, a todos los trabajadores.	$L_{Aeq,d} > 80$ dBA o $L_{pico} > 135$ dBC, a todos los trabajadores.	
Evaluación de los puestos de trabajo.	Evaluación de puestos existentes, puestos nuevos o si hay modificaciones importantes. $L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC anual. $L_{Aeq,d} > 80$ dBA, cada tres años.	No fija periodicidad. De acuerdo con la Directiva Marco 89/391/CEE. Actualización periódica si se han producido cambios significativos.	
Obligatoriedad de uso de protectores auditivos.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} \geq 85$ dBA o $L_{pico} \geq 137$ dBC.	Debe tenerse en cuenta que la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos está condicionada en el Real Decreto 1316/1989: "En los puestos de trabajo en los que no resulte técnica y razonablemente posible reducir el nivel diario equivalente o el nivel de pico por debajo de los límites mencionados en el apartado anterior, y, en todo caso, mientras esté en fase de desarrollo el programa de medidas concebido a tal fin ..." y también en la Directiva 2003/10/CE: "De no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido..."
Límite de exposición.	No explicitado.	Incluyendo la atenuación de los EPI $L_{Aeq,d} = 87$ dBA o $L_{pico} = 140$ dBC.	En la nueva Directiva se establece que, en la valoración de la exposición a ruido, al comparar con los valores límite, se tenga en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos. En cambio, no se tendrá en cuenta esta atenuación al comparar con los valores superiores e inferiores de exposición que dan lugar a una acción.
Programa de medidas técnicas o de organización.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC.	El R.D. 1316/1989 lo enunciaba así: "programa de medidas técnicas destinado a disminuir la generación o la propagación del ruido, u organizativas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido".
Señalización de lugares y limitación del acceso.	$L_{Aeq,d} > 90$ dBA o $L_{pico} > 140$ dBC.	$L_{Aeq,d} > 85$ dBA o $L_{pico} > 137$ dBC.	Según la Directiva 2003/10/CE, si se sobrepasan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, deberá señalizarse adecuadamente y, si es viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifica, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a los mismos.

R.D. 1316/1989 VS R.D. 286/2006



Formas de exposición al ruido

- **Emisión:** Radiación sonora de una fuente
- **Inmisión de ruido:** Impacto del ruido en un punto específico. Puesto de trabajo.
- **Exposición:** Impacto del ruido sobre el trabajador



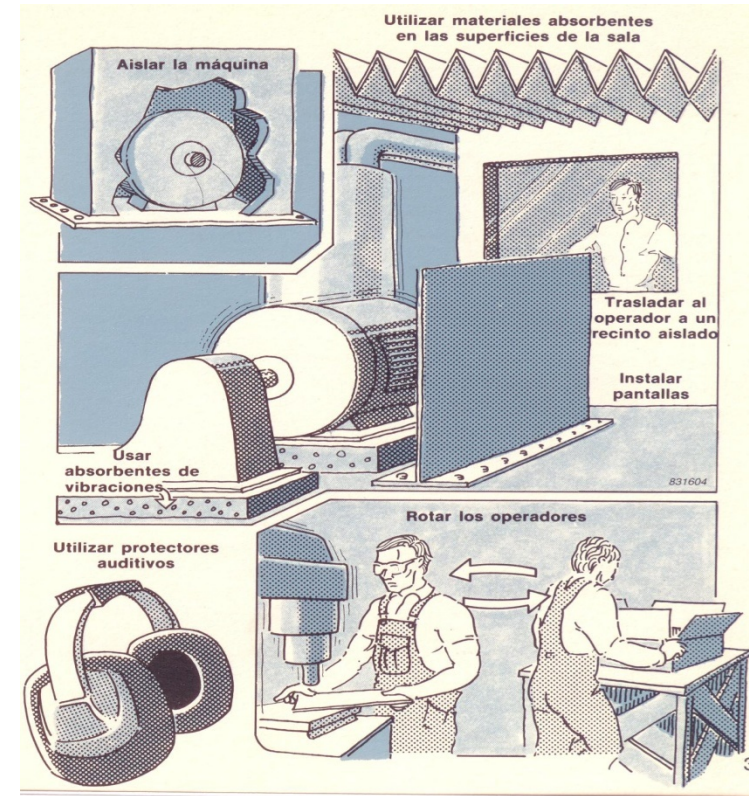


Medidas Preventivas

- **Carácter Técnico:** Reducen el riesgo disminuyendo la concentración de los contaminantes por debajo de los límites de exposición, aplicando prioridades:

- **En el Foco**
- **En el Medio**
- **En el Receptor**

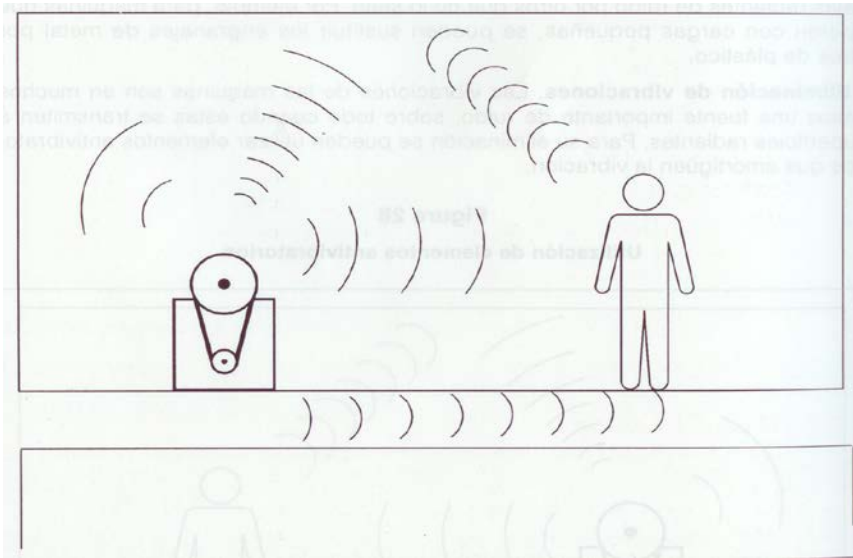
- **Carácter Administrativo:** No disminuyen el riesgo, pero si la Dosis



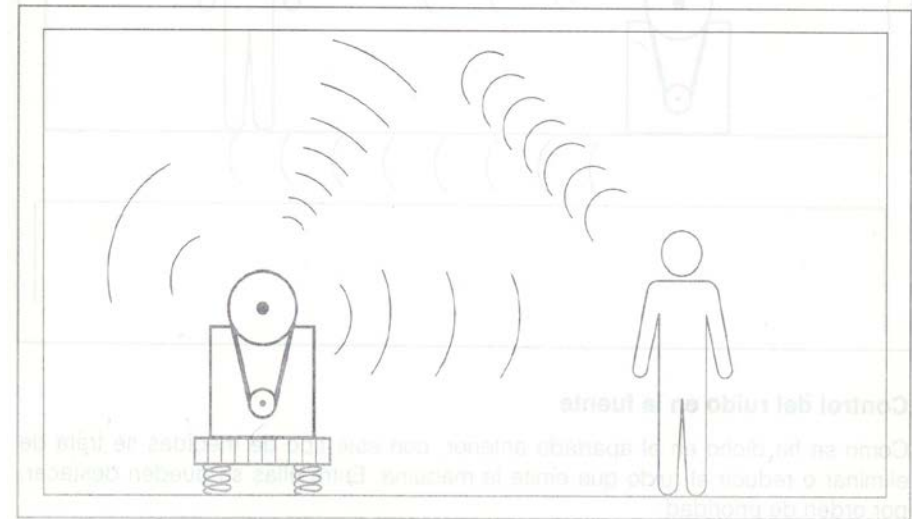


Situación sin Medidas de Control

Sin medidas de control



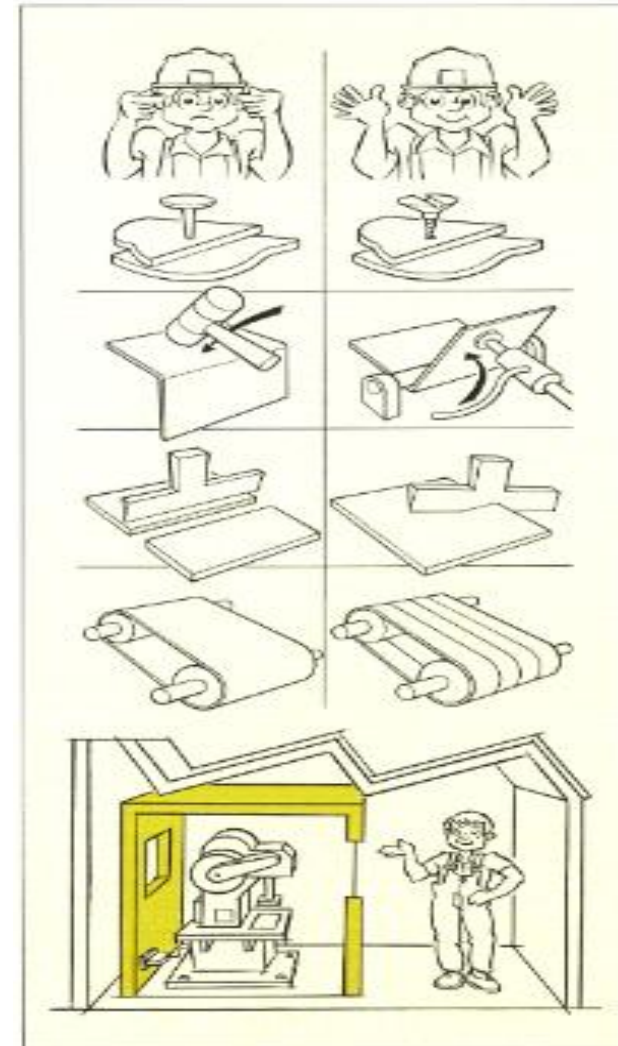
Utilizando elementos antivibratorios





Criterios de Valoración RD 1316/1989

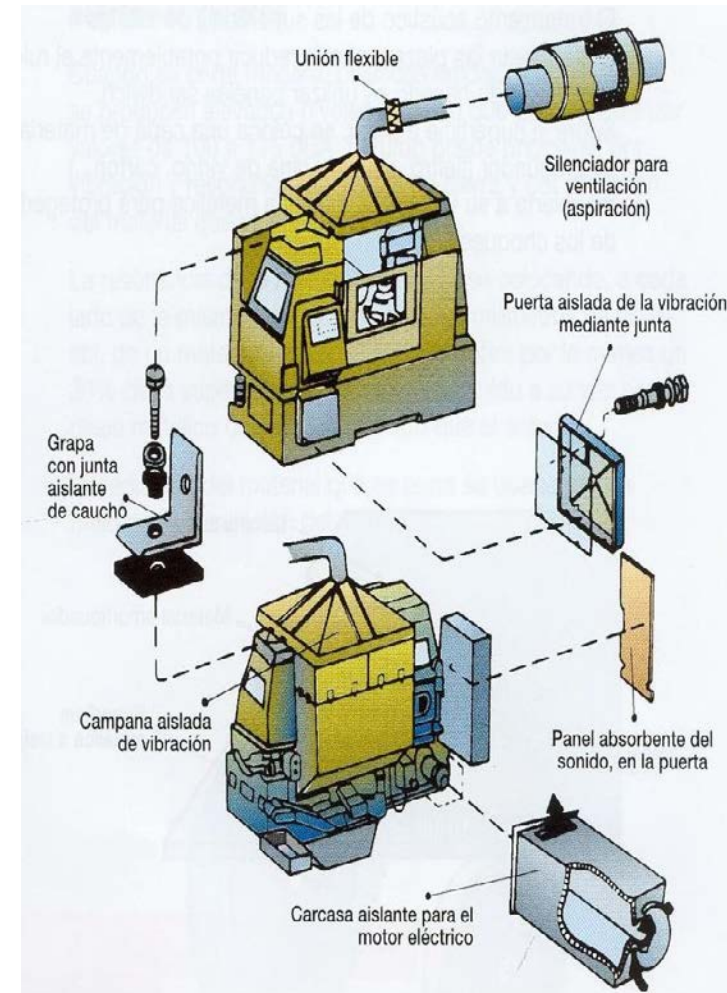
- **Corrección del ruido en origen**
- **Modificaciones en procesos**
- **Cerramiento de maquinas ruidosas**





Control del ruido

- Fase de diseño y construcción.
- Compra de equipos y maquinaria.
- Selección de métodos de trabajo.
- Distribución de la maquinaria en la planta
- Apantallamiento de la fuente de ruido.
- Evitar choques de piezas mediante revestimientos
- Mantenimiento de la maquinaria.

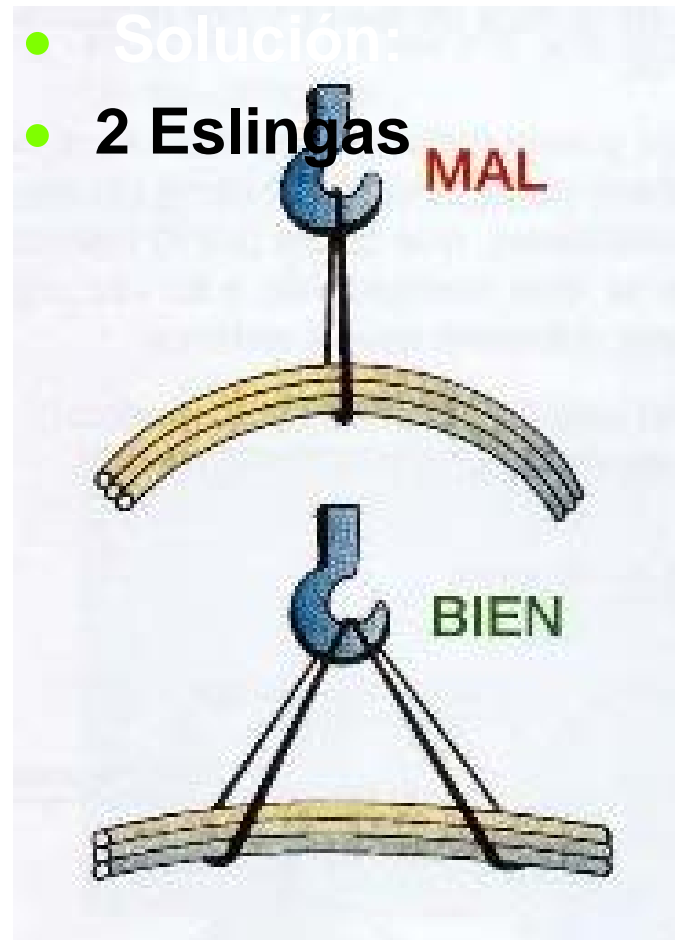




Control del ruido

Modificación del proceso de trabajo

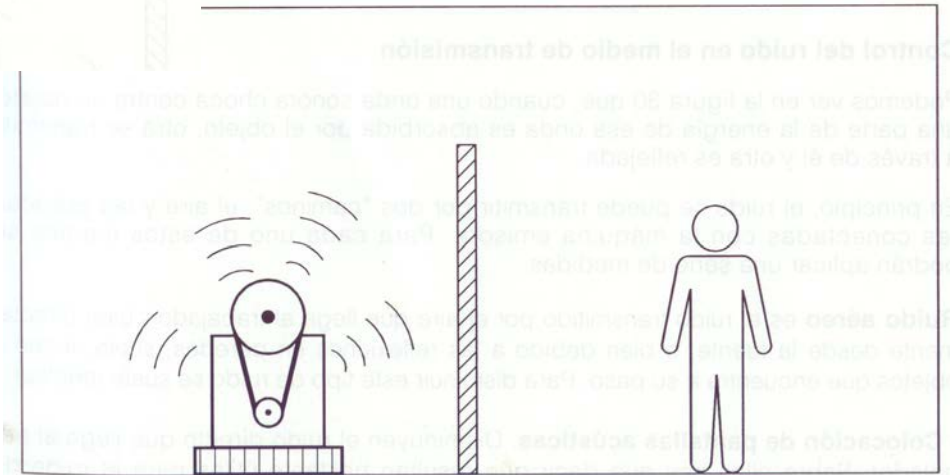
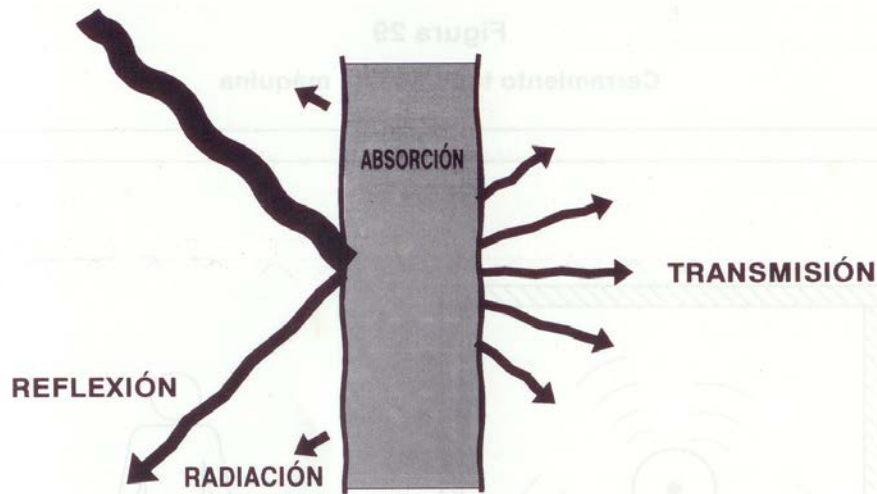
- Trabajo en una chapistería incluía 30 minutos diarios para enderezar los flejes que se curvaban en el traslado con la eslinga.
- Se generaba un ruido de impacto de 140 dB Pico, con un LAeqT de 100 dBA para las personas.





Corrección del ruido durante la transmisión

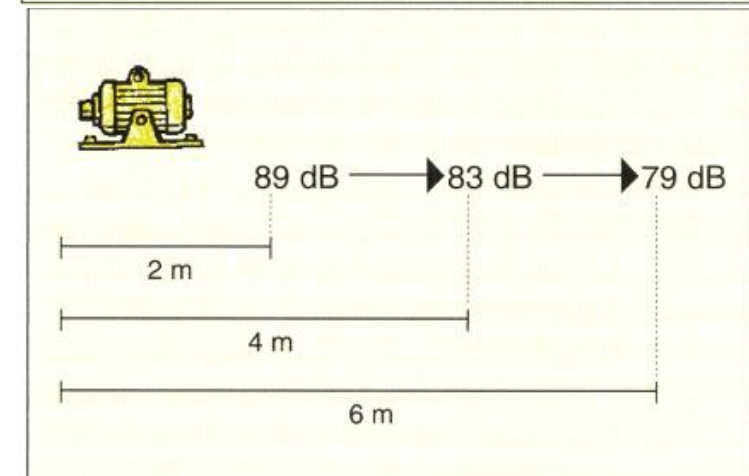
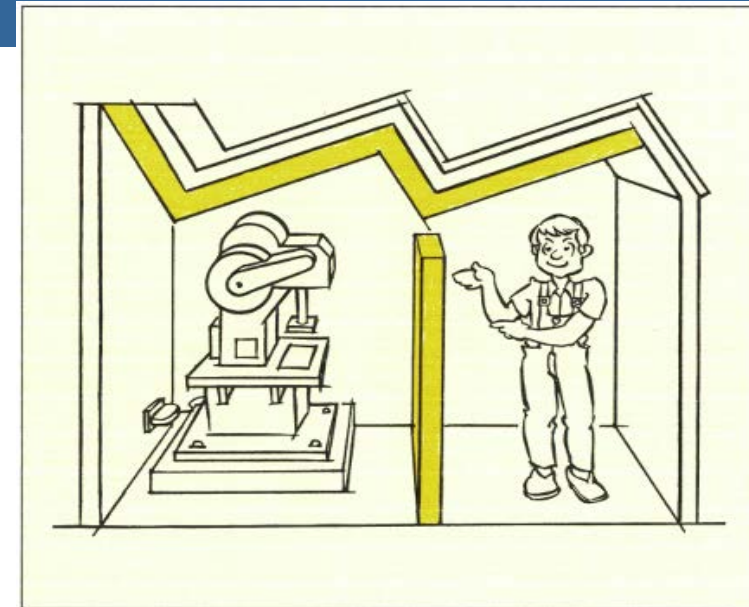
Distribución espacial del sonido





Criterios de valoración R. D. 1316/1989

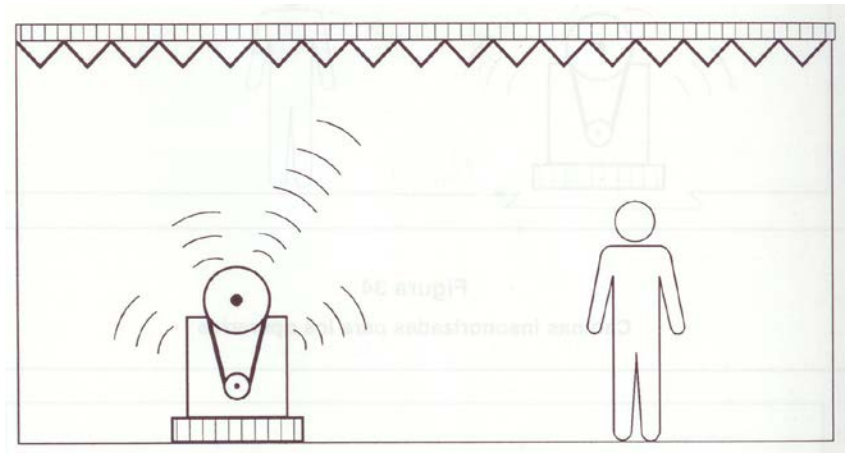
- **Corrección del ruido durante la transmisión**
- Interponiendo barreras absorbentes entre el foco y el receptor
- Separando el foco de ruido del receptor





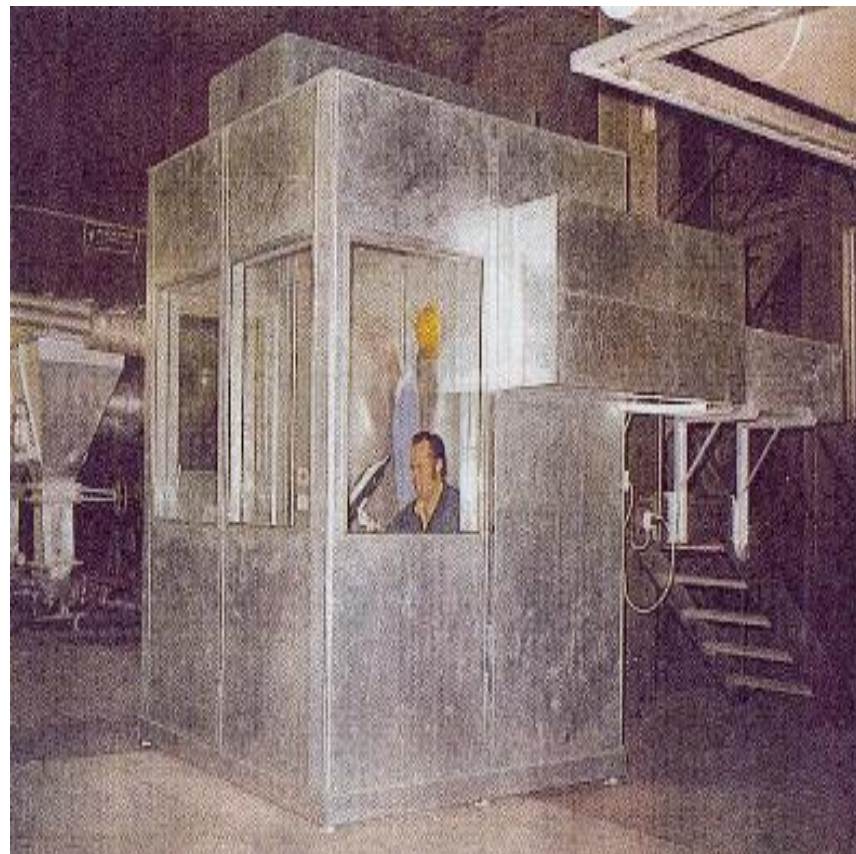
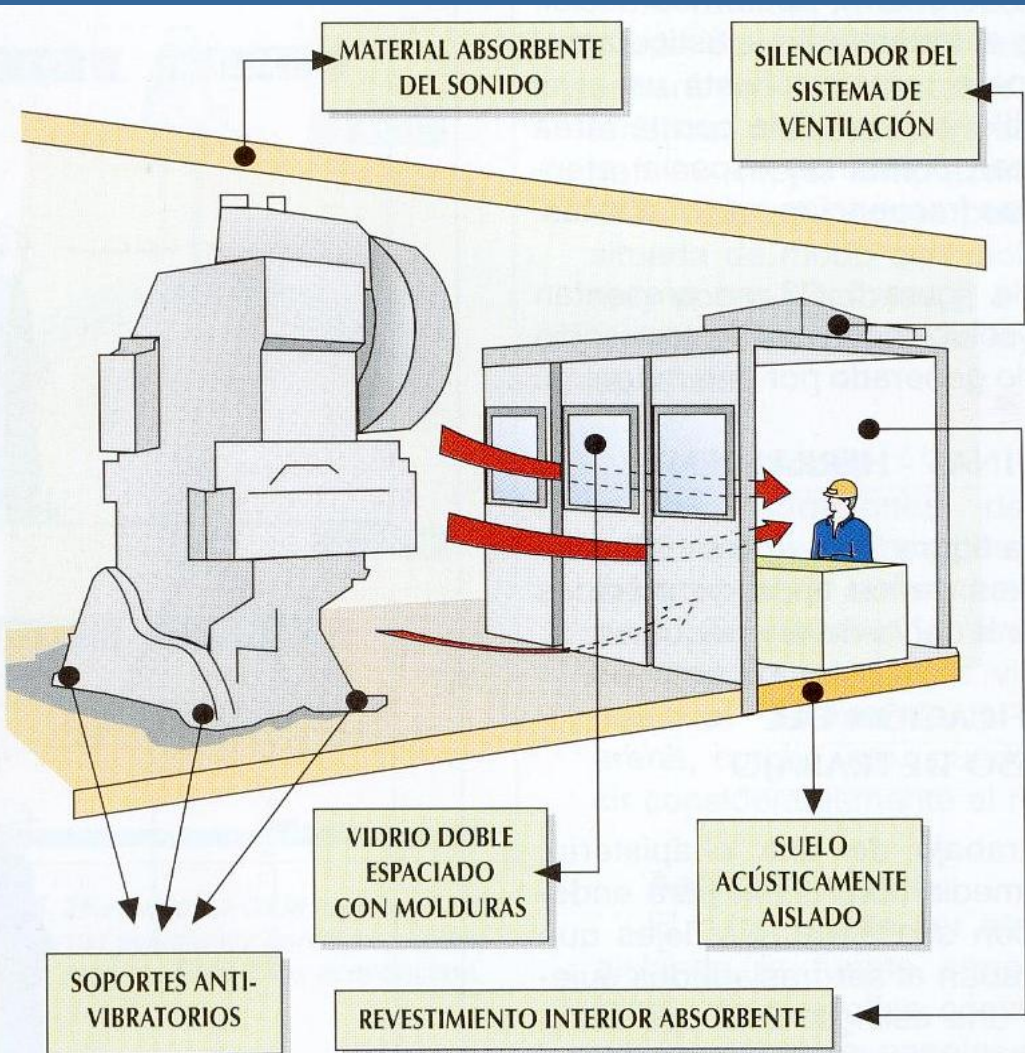
Corrección del ruido durante la transmisión

- Distribución adecuada de maquinas.
- Es conveniente alejar las maquinas de paredes y objetos reflectantes de ruido
- Colocación de materiales absorbente en paredes y techos.
- Aislamiento de estructuras mediante conexiones elásticas o flexibles.



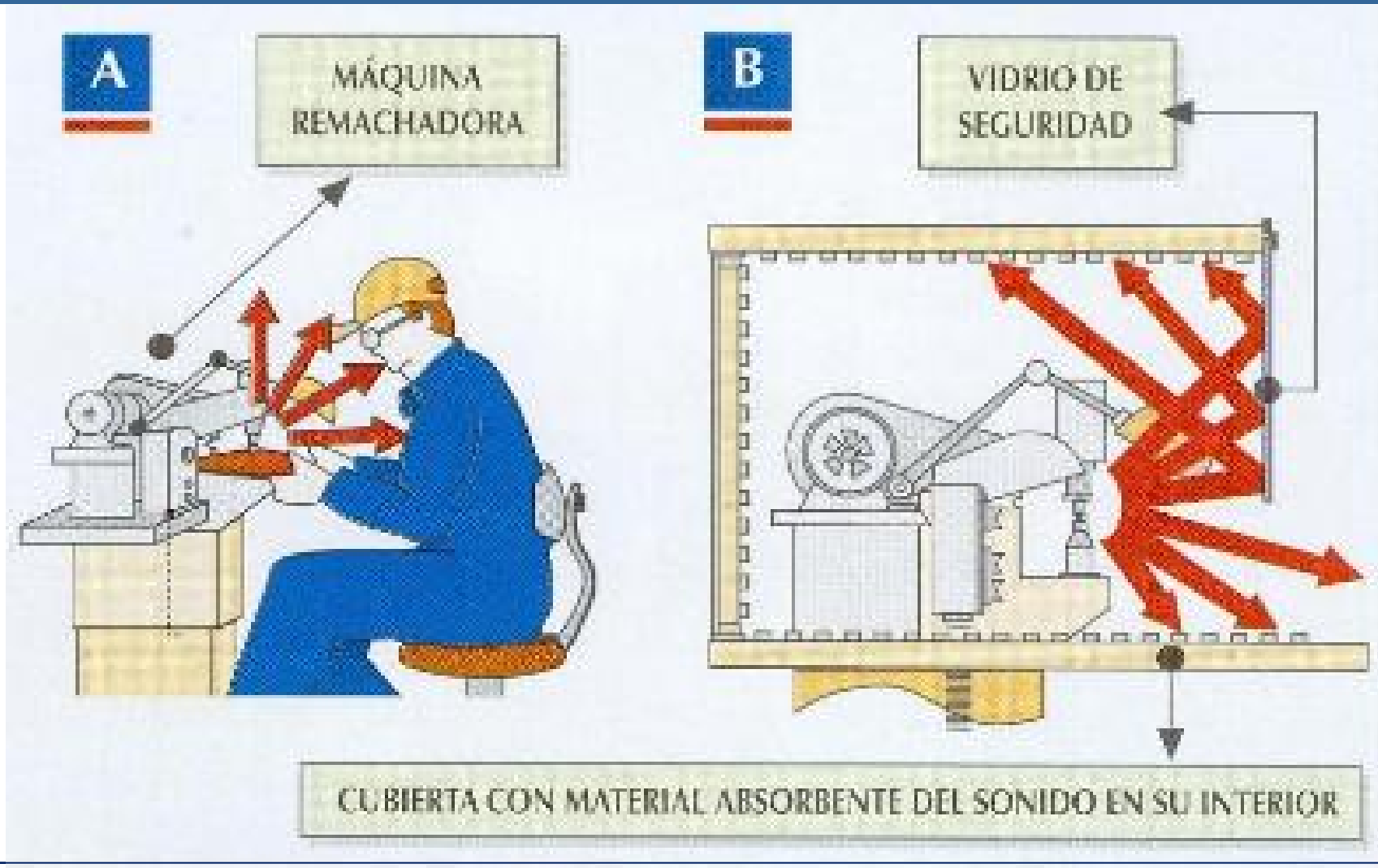


Aislamiento Acústico del Receptor



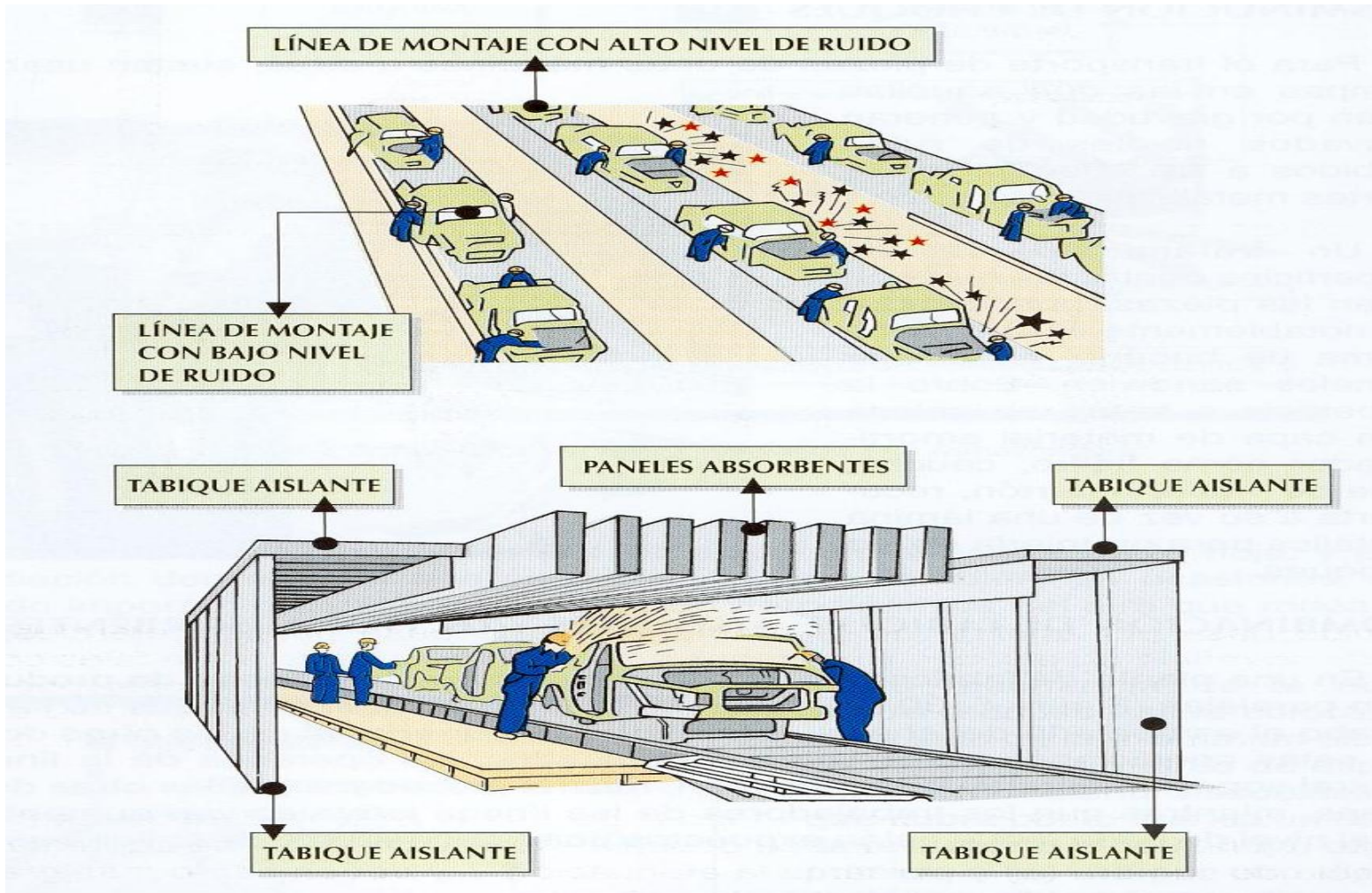


Aislamiento Acústico del Receptor





Aislamiento Acústico del Receptor





Actuación para Eliminar o Reducir los Riesgos Profesionales.

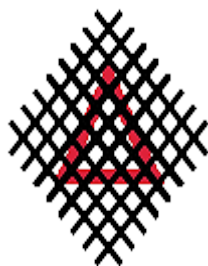
1. ELIMINACIÓN DEL RIESGO



2. AISLAMIENTO DEL RIESGO



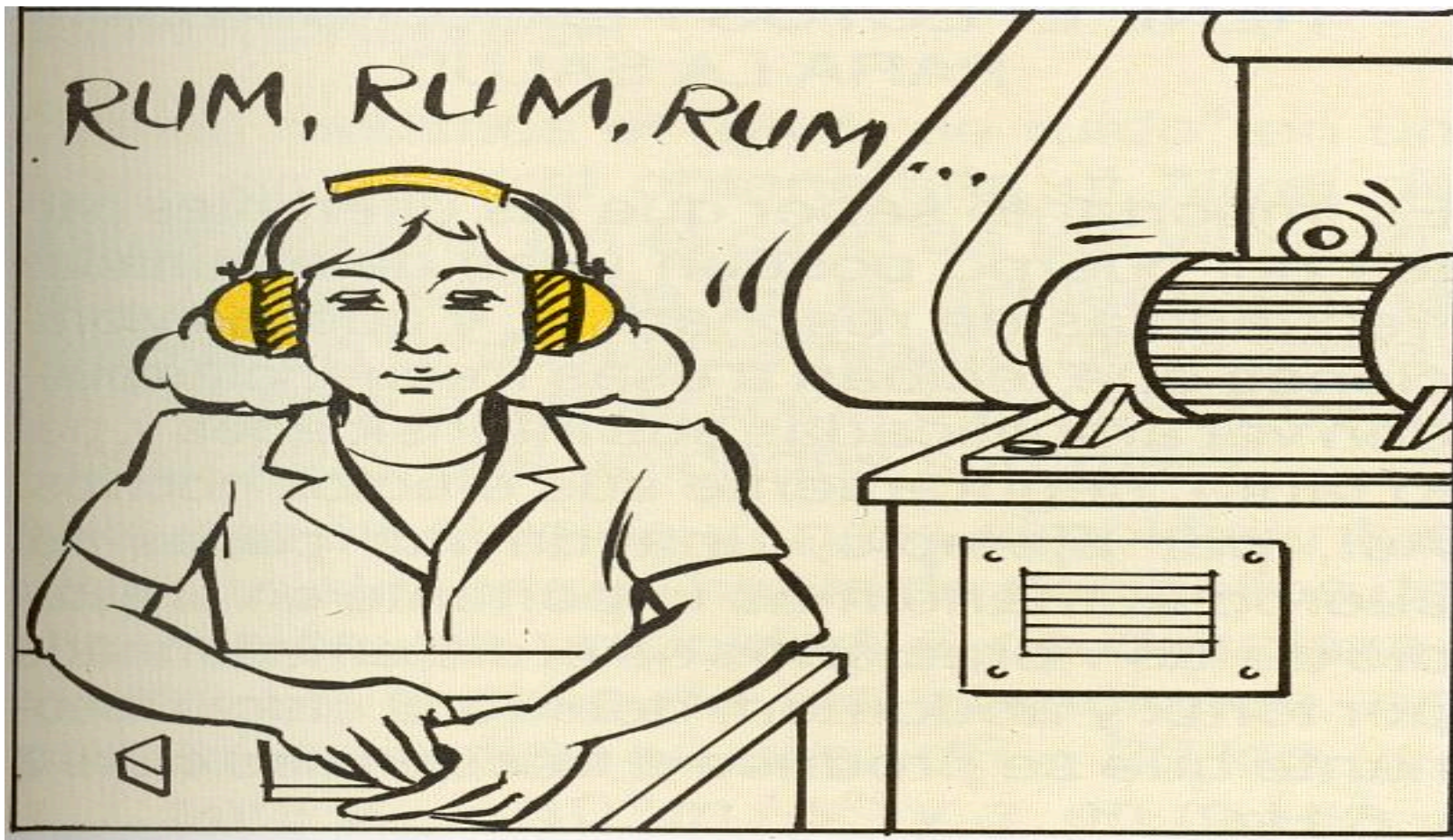
3. ALEJAMIENTO DEL TRABAJADOR. (PROTECCIÓN COLECTIVA)



4. PROTECCIÓN DEL TRABAJADOR (PROTECCIÓN PERSONAL)



Protectores Auditivos



Protectores Auditivos

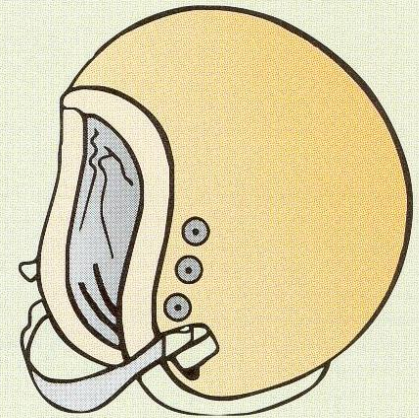


ATENUACIÓN ORIENTATIVA

TAPONES 10 dBA

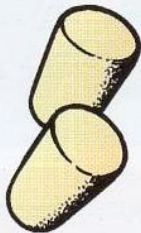
OREJERAS 15 dBA

CASCOS COMPLETOS 20 dBA



ATENUACIÓN ORIENTATIVA

Tapones 8 dBA

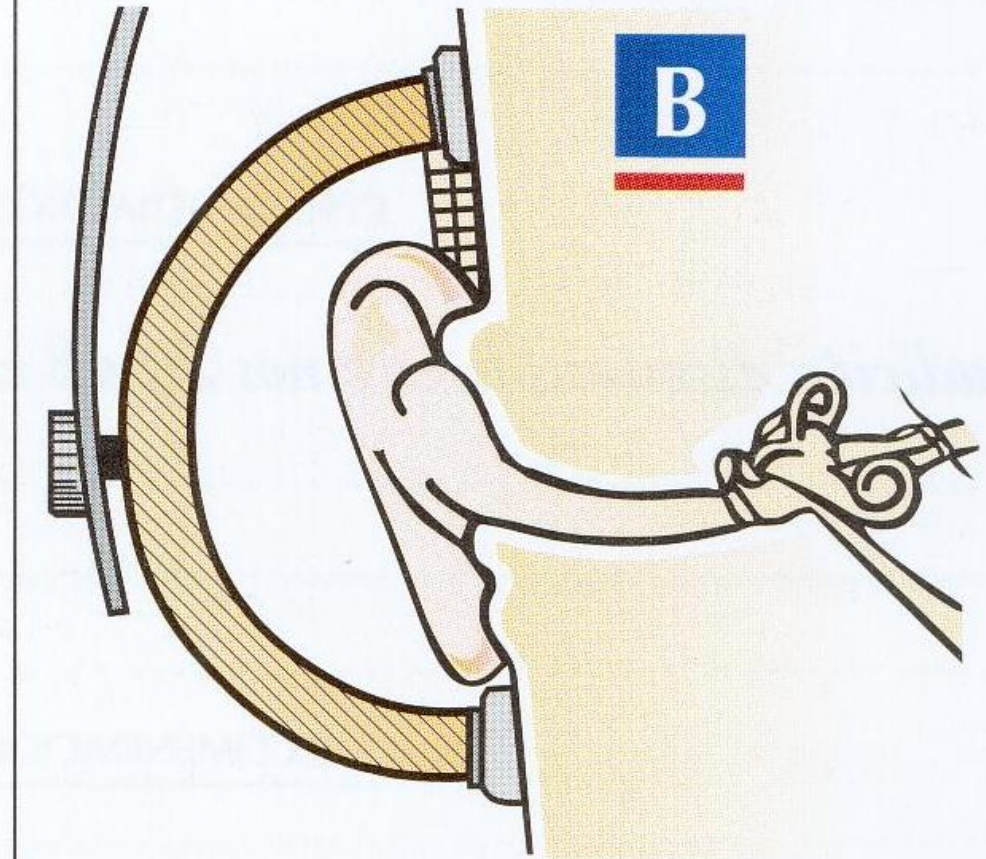
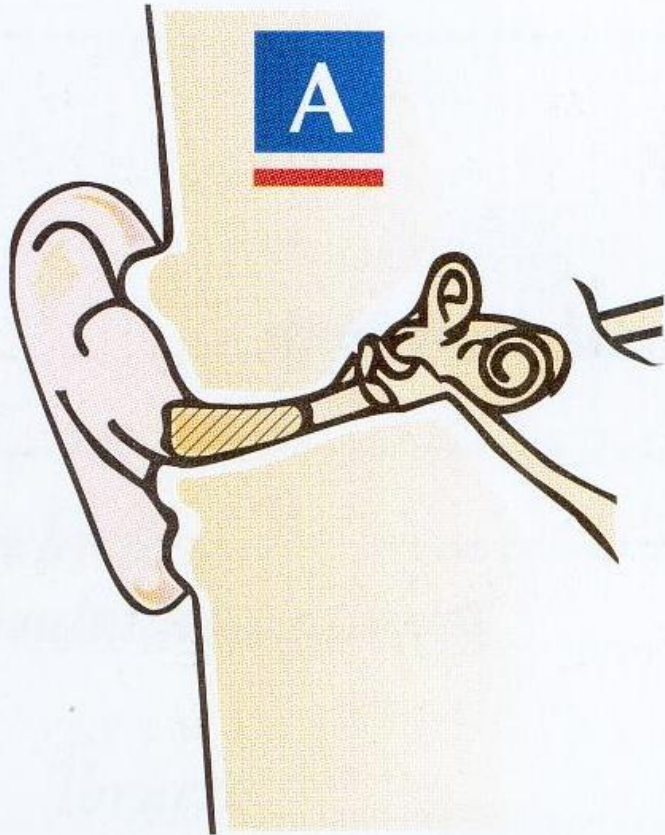


Orejeras 15 dBA





Colocación de Tapones





Protectores Auditivos

Para seleccionar el protector apropiado es necesario conocer el espectro de frecuencias del nivel de ruido.

Y el espectro de atenuación del protector



Protectores Auditivos

En un área con ruido de 100 dB(A):

Los protectores entregados dan una protección de 20 dB

El ruido que llega al oído es de 80 dB(A)

- Mientras se llevan colocados

de manera que:.....



Protectores Auditivos

Si el trabajador esta expuesto durante 8 horas y los protectores los lleva puestos continuamente :

El $L_{Aep,d}$ se reducirá desde:

100dB a 80dB

pero.....



Protectores Auditivos

Si los protectores auditivos solo se llevan puestos durante 4 horas, de las 8 horas de exposición al ruido :

$L_{Aep,d}$ la reducción solo será hasta **97 dB**:

porque....



Protectores Auditivos

La exposición total será la suma de :
las 4 horas de exposición a 80dB(A)
mas 4 horas de exposición a 100dB(A)

lo que supone una exposición total
de

$L_{Aep,d}$ de 97dB.



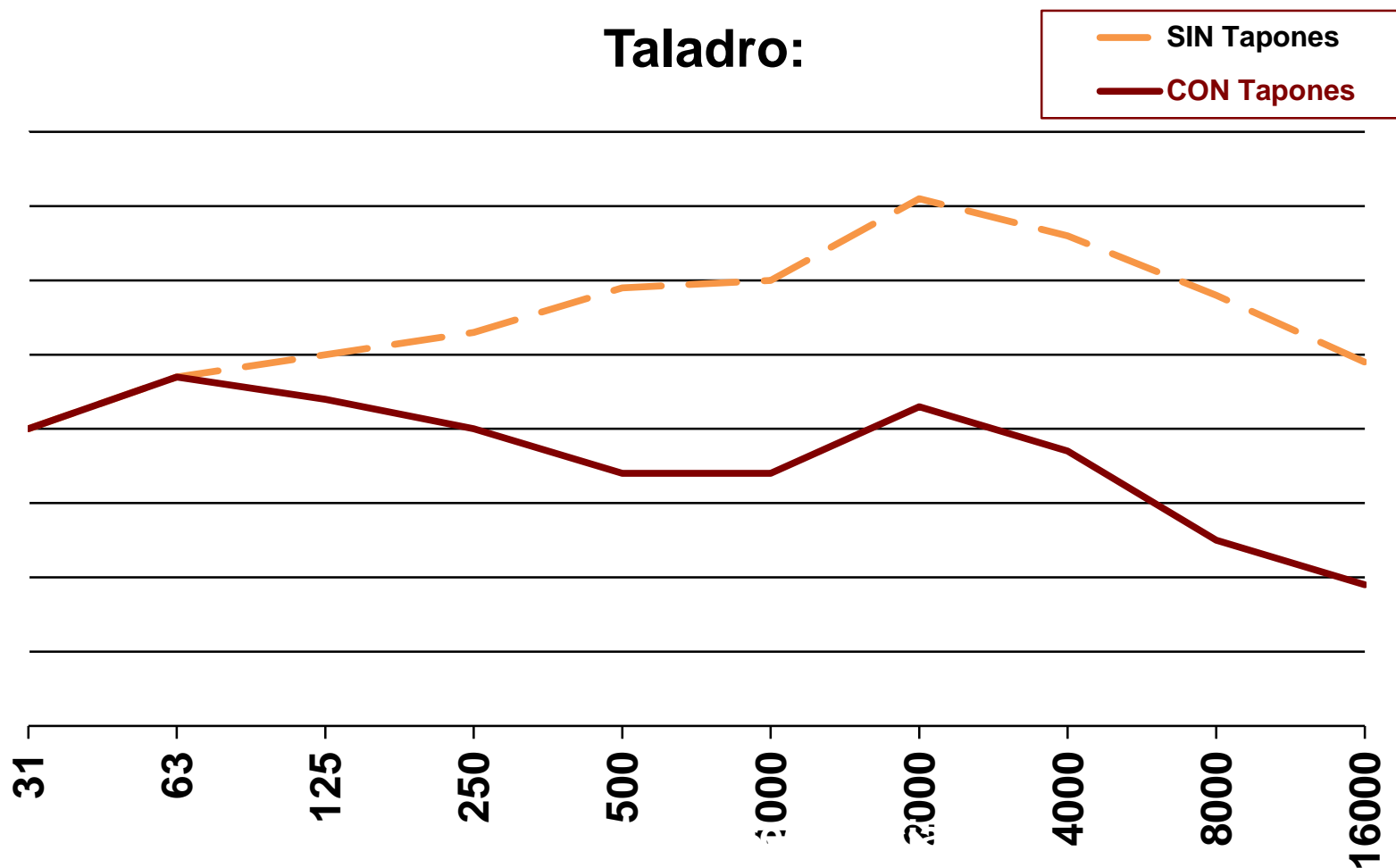
Protectores Auditivos

Reducción de la eficacia de tres protectores auditivos al disminuir el tiempo de utilización de los mismos

HORAS DE UTILIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA		8 h	7 h	6 h	5 h
ATENUACIÓN (dB)	TIPO A	30	9	6	4
	TIPO B	20	9	6	4
	TIPO C	10	7	5	3,5



Selección del protector apropiado:





Selección de Protectores Auditivos

Criterios:

- Que se ajuste a la normativa. RD 773/97
- Que proporciones atenuación suficiente
- Que se adapte a los trabajadores que deban usarlos y a las circunstancias particulares de su trabajo.



Selección de Protectores Auditivos

Acompañarlo de:

- Programa de información a los trabajadores de como usar los protectores.
- Instrucciones concretas sobre procedimientos de limpieza y conservación.
- Conocimiento de signos de deterioro que obliguen a la sustitución del protector.



Selección de Protectores Auditivos: UNE EN 485

- Propone procedimientos para calcular el nivel sonoro percibido por un trabajador que utilice protectores. A mayor atenuación, mas incomodidad
- Indica la información que el fabricante de P.A. debe incluir:
- Atenuación en Bandas de Octava.
- Atenuación a Frecuencias bajas (L), Medias (M) y altas (H)
- Índice SNR

Método de calculo	Información necesaria
Bandas de octava	Ruidos continuos: Niveles sonoros en bandas de octava
	Ruidos variables o impulsivos: Niveles equivalentes en bandas de octava
Método HML	Ruidos continuos: Niveles sonoros con ponderación A y C
	Ruidos variables o impulsivos: Niveles sonoros equivalentes con ponderación A y C
Método SNR	Igual que el anterior



Selección de Protectores Auditivos: Método de Bandas de Octava

- Se parte del nivel sonoro en cada banda de octava.
- Se resta la corrección en la escala A y el valor de la atenuación esperada del protector.
- Se obtiene el nivel ponderado en A que percibirá el trabajador.

Frec octava	63	125	250	500	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Global
Nivel sonoro	79	81	85	90	93	97	95	88	100 dBC
Ponder A	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1	
Nivel corregido	53	65	76	87	93	98	96	87	101 dBA
Atenuación del protector	2	2	8	14	21	26	31	25	
Nivel atenuado	51	63	68	73	72	72	65	62	78 dBA



Selección de Protectores Auditivos: Método HML

- No necesita conocer el espectro de ruido.
- Hay que conocer los valores del nivel sonoro con ponderación A y sin ponderación.
- Los valores H, M y L los proporciona el fabricante.
- Procedimiento de cálculo establecido en la UNE EN 4869-2 indican las atenuaciones a Altas, Media y Baja frecuencias.



Selección de Protectores Auditivos: Método HML

- Si la diferencia entre $\text{dB}(A) - \text{dB} \leq 2$
- Atenuación $\text{dB}(A) = M - (L_C - L_A - 2) * (H - M) / 4$
- Si la diferencia entre $\text{dB}(A) - \text{dB} \geq 2$
- Atenuación = nivel sin ponderar $\text{dB}(A) = M - (L_C - L_A - 2) * (M - L) / 8$
- L_C = nivel sin ponderar; L_A = nivel ponderado



Selección de Protectores Auditivos: Método HML

- Si $L_C - L_A = -1$; $H = 25$; $M = 19$; $L = 13$
- Atenuación = $19 - (-1 - 2) * (19 - 13) / 4 = 23,5$ dBA
- El nivel percibido sera $101 - 23,5 = 77,5$ dBA
- Si la diferencia entre dB(A) – dB ≥ 2



Selección de Protectores Auditivos: Método SNR

- 45654 El Índice SNR lo proporciona el fabricante de PA.
- Procedimiento de calculo establecido en la UNE EN 4869-2:
- Nivel atenuado dBA = $L_c - \text{SNR}$
- Ejemplo: Si $L_c = 100$ dB; $\text{SNR} = 21$ dB;
- Nivel atenuado dBA = $100 - 21 = 79$ dBA
- Puede tener un error de 2 a 3 dB.
- No se recomienda su aplicación en valores próximos a 80 dBA



Protectores Auditivos: Tapones y Orejeras



DATOS DE ATENUACION

SNR 26 dB

H = 31 dB

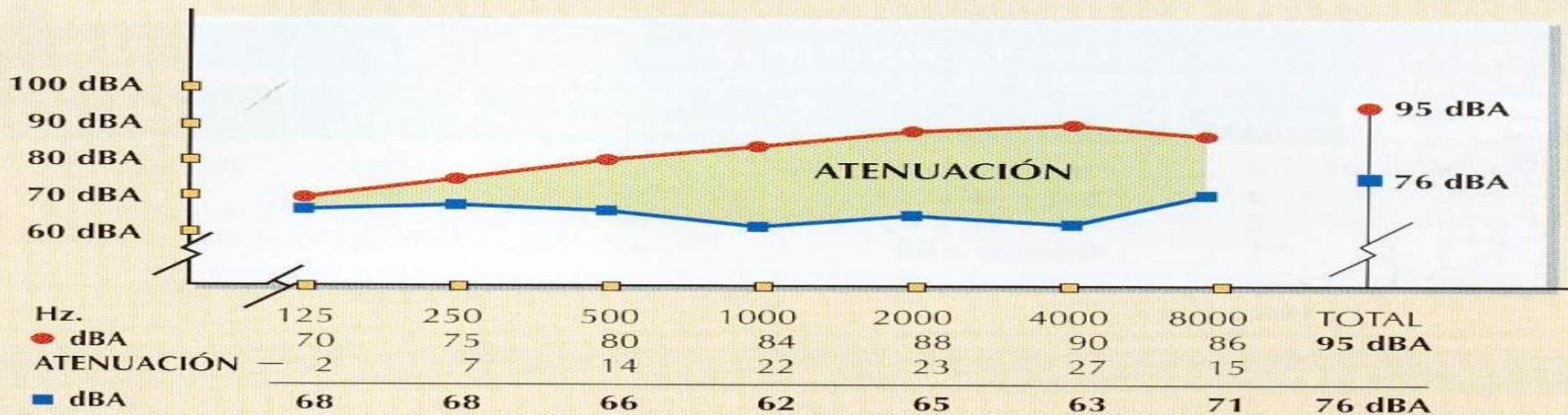
M = 23 dB

L = 15 dB

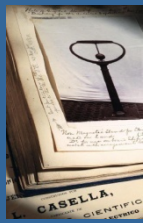
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación Media (dB)	14,3	13,7	13,8	24,2	31,8	33,0	36,2	35,4
Desviación Estándar (dB)	3,4	3,3	1,8	2,3	2,7	3,6	3,3	3,9
Protección Asumida (dB)	10,9	10,4	12,0	21,9	29,1	29,4	32,9	31,5

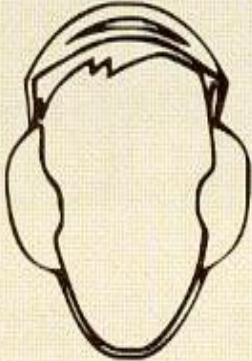


Atenuación del ruido con Protectores auditivos



Señalización



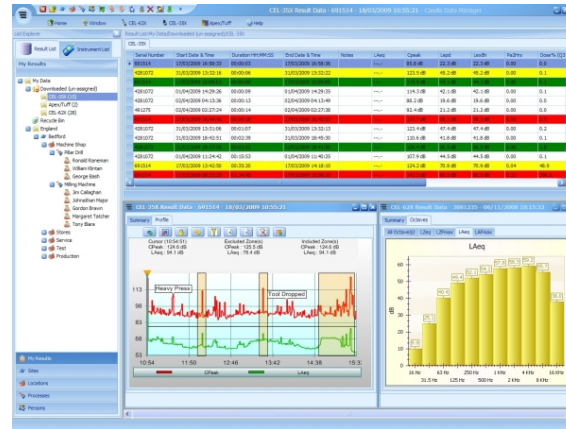
SEÑALES DE OBLIGACIÓN					
SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SÍMBOLO	C O L O R E S			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SÍMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCIÓN OBLIGATORIA DEL OÍDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	



Instrumentación para Medición de Ruido



**Dosímetro
CEL 352**



Software



Calibrador



**Sonómetro
CEL 620**



Dosímetros CEL 350

Características

- Rango de medición 30 – 140 dB.
- Rango dinámico 70 dB.
- Ponderaciones frecuencia: A, C.
- Ponderaciones temporales: Fast, slow, impulso.
- Funciones: %Dosis, Dosis proyectada, Laeq, Pa²h, Lepd, Máximo, Mínimo, Pico lineal, Ln.
- Memoria: 50 mediciones independientes.
- 6 configuraciones según normativa incluyendo ISO85 e ISO90.
- Hasta 10 perfiles por memoria en versión CEL 360.

Para medir exposiciones al ruido de individuos que se mueven en ambientes acústicos diversos





Dosímetro





CEL-300: Funcionamiento Básico



dB12 v2.4.Ink





Preparación del Dosímetro

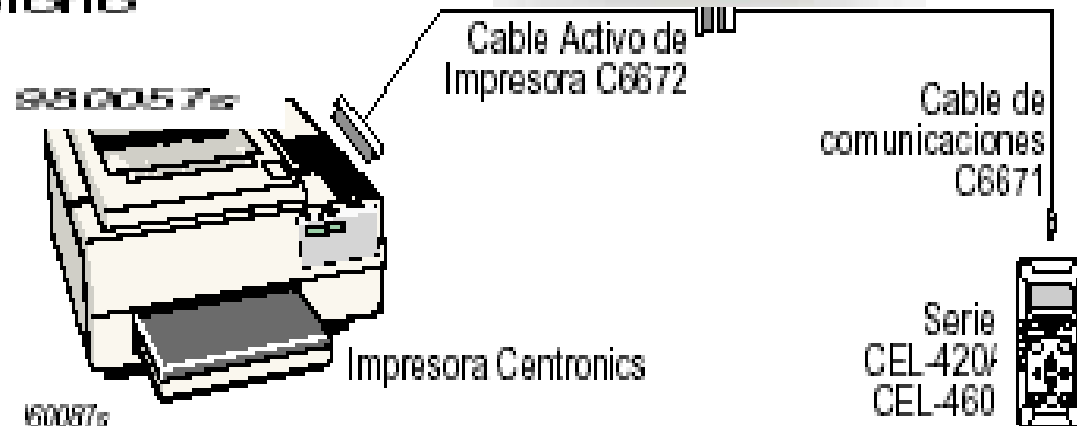
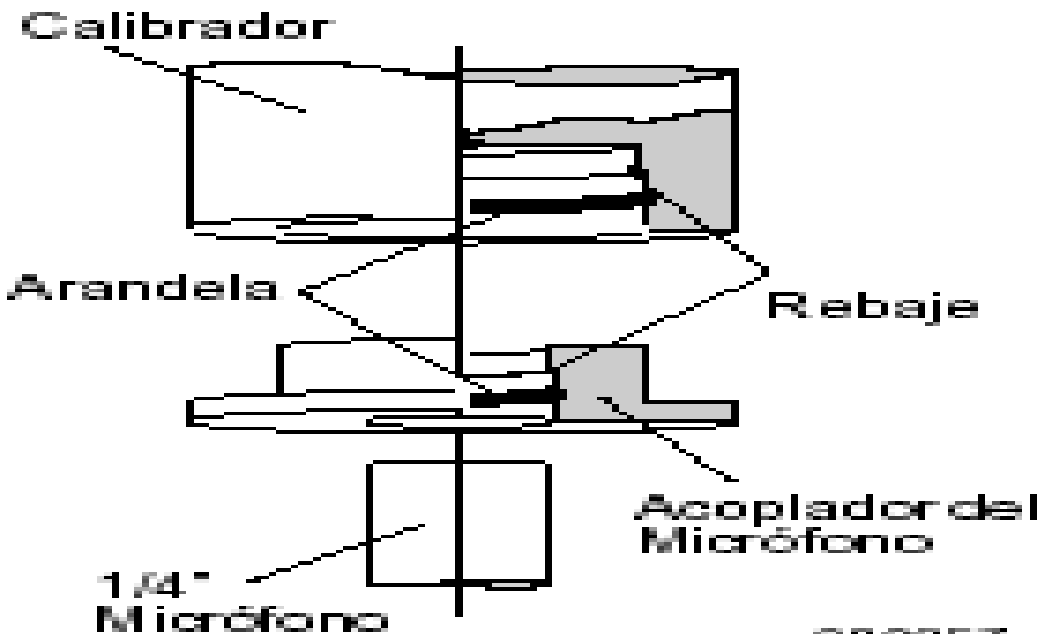
**Selección del
Estándar de Medición**

ISO 90

Calibrar el Dosímetro



Dosímetros: Calibración Acústica





DOSIS

Cantidad de ruido recibida por un trabajador, se expresa generalmente como un % de la DOSIS MAXIMA (100 %).

Según legislación española R.D.1316/1989), el 100 % de Dosis equivale a un Nivel Diario equivalente de 90 dBA ($L_{aeq,d} = 90$ dBA).

Se mide para calcular el Laeq.

El criterio utilizado en España es el ISO 90



DOSIS

La dosis engloba dos conceptos:

- *Nivel de ruido y*
- *Tiempo de exposición.*



DOSIS

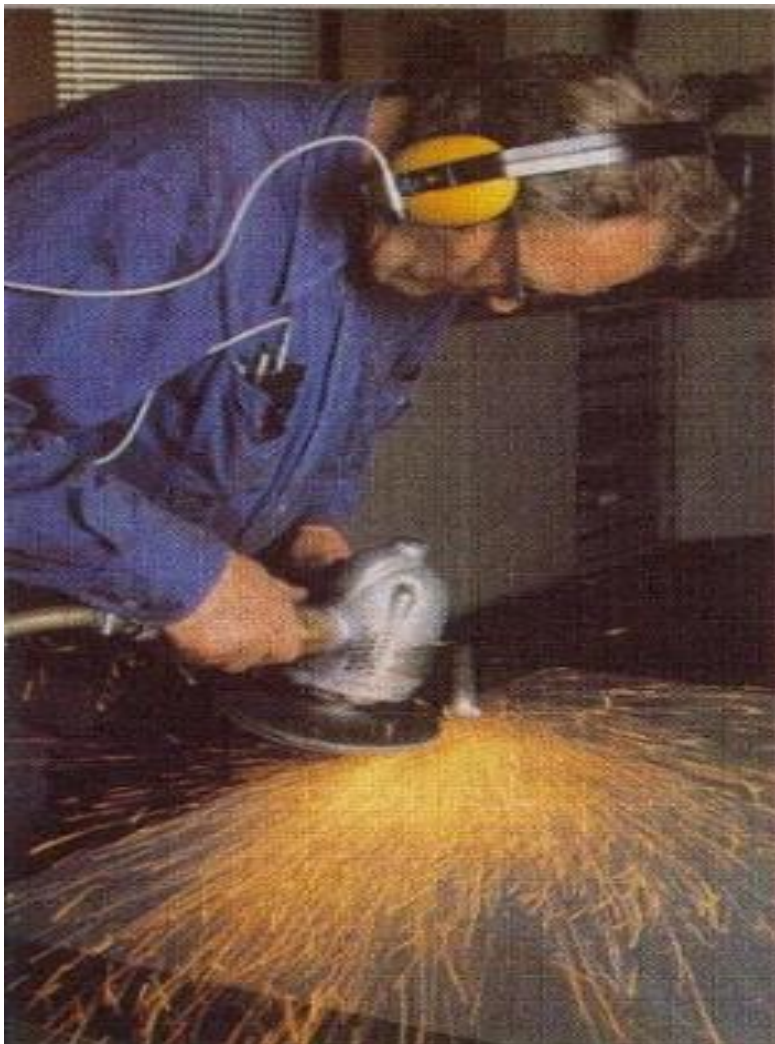
- La relación entre la dosis en % (D%) leída en un dosímetro y el Nivel diario equivalente, viene dada por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log \frac{D\%}{100}$$

$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log(D \%)$$



Colocación del DOSIMETRO





Sonómetros



- 1 – Paravientos (cubriendo el micrófono desmontable), 2 – Preamplificador fijo
3 – Tecla ENCENDER/APAGAR, 4 – Pantalla, 5 – Teclas Blandas, 6 – Teclas
Cursoras de navegación
7 – Tecla Operación/Parada



Sonómetros Casella-CEL Serie 600

Características

- Tres versiones
 - A = Banda ancha
 - B = Bandas de octava
 - C = Tercio de octava
- Dos tipos de micrófonos (precisión)
 - Clase 1
 - Clase 2





Sonómetros Casella-CEL Serie 600

Características:

- Ponderaciones de tiempo: Fast, Slow, Impulso.
- Ponderaciones de frecuencia: A, C y Z.
- Rango de medición: de 10 a 140 dB.
- Rango dinámico 140 dB.
- Funciones de medición: SPL, Laeq, Lavg, Lae, Lmax, Lmin, Ln, Lepd, Pico.



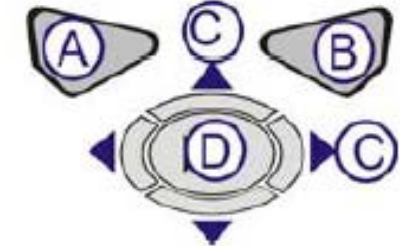
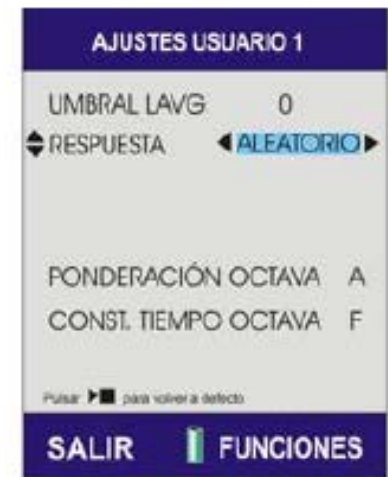
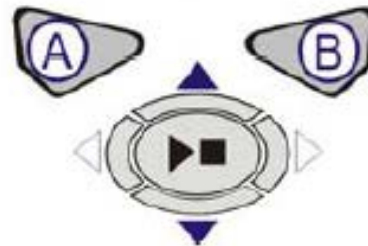
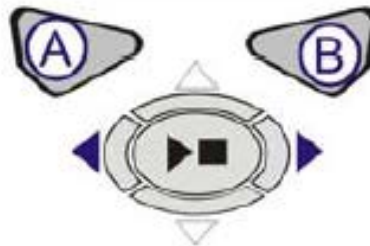
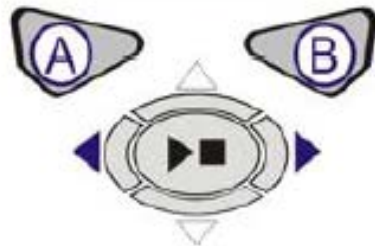


Preparación del Sonómetro CEL 600 (1)





Preparación del Sonómetro CEL 600 (2)





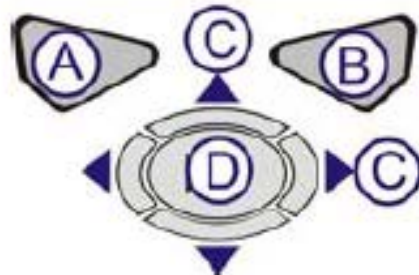
Selección de la Configuración

USUARIO 1 - FUNCIONES

SPL'S		
LA	LZ	LZF
LAS	LCS	LZS
LA	LCI	LZ
LEQ'S		
LAeq	Lceq	LZeq
L'Aeq	LC-Aeq	L'AeqT80

Pulsar ► para desplazar selección 
Sustar ► para configurar como valor principal 

SALIR 3/9 **MÁS**



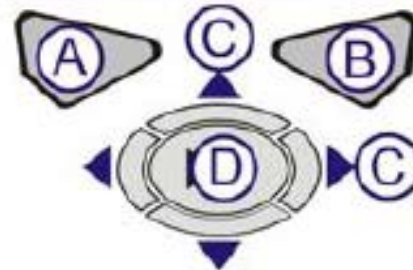
USUARIO 1 - FUNCIONES

SPLs MÁX/MIN

LAfmax	LCFmax	LZFmax
LASmax	LCSmax	LZSmax
LAlmax	LClmax	LZlmax
LAfmin	LCFmin	LZFmin
LASmin	LCSmin	LZSmin
LAlmin	LClmin	LZlmin

Pulsar ► para desplazar selección 
Sustar ► para configurar como valor principal 

SALIR 5/9 **MÁS**



USUARIO 1 - FUNCIONES

Picos

LApk	LCPk	LZpk
-------------	-------------	------

LAVG's

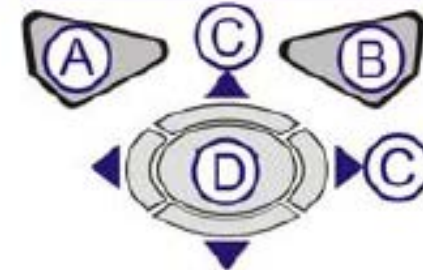
LAVg(Q4)	LAVg(Q5)
----------	----------

Otro

LAE	LIm3	LIm5
-----	------	------

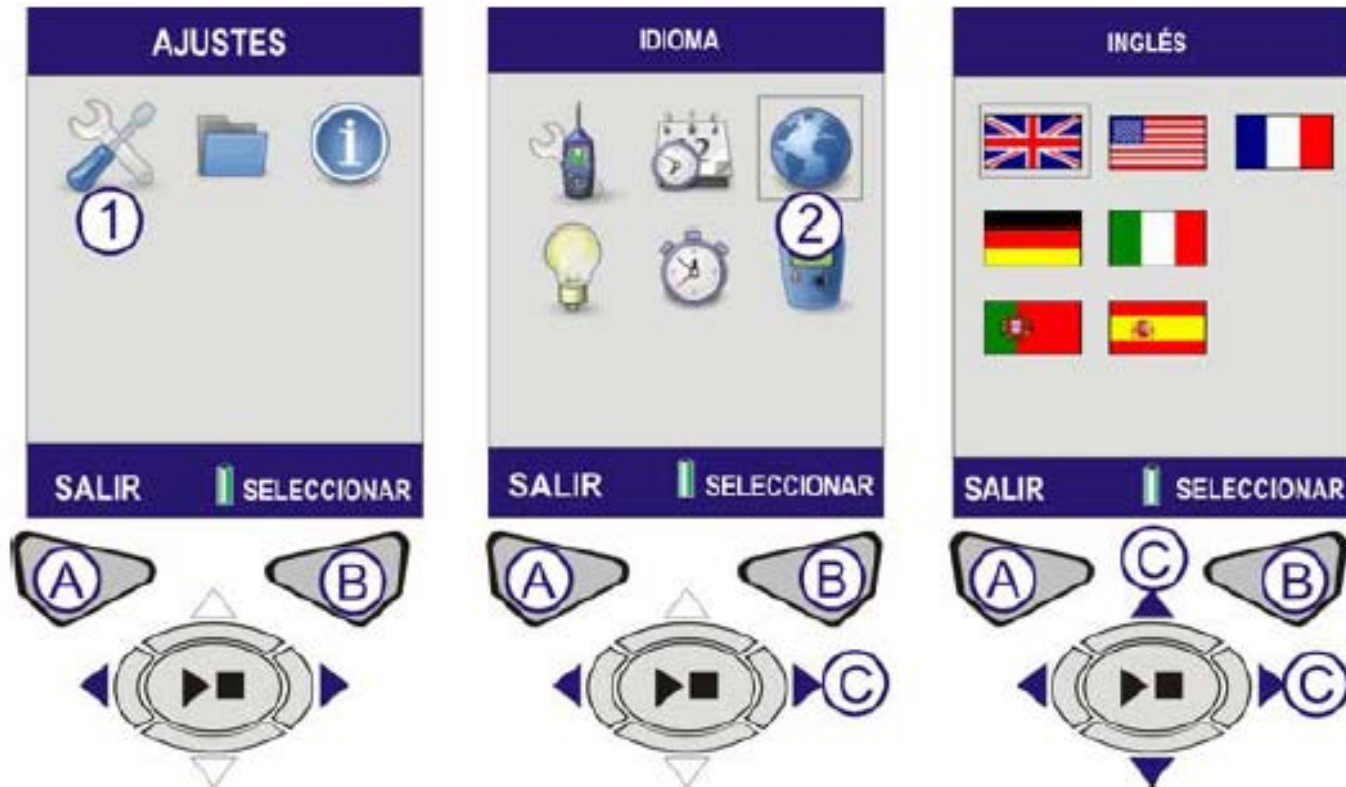
Pulsar ► para desplazar selección 
Sustar ► para configurar como valor principal 

SALIR 7/9 **MÁS**





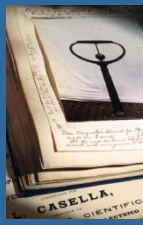
Preparación del Sonómetro CEL 600 (4)





Sonómetro CEL 600 en Medición (6)





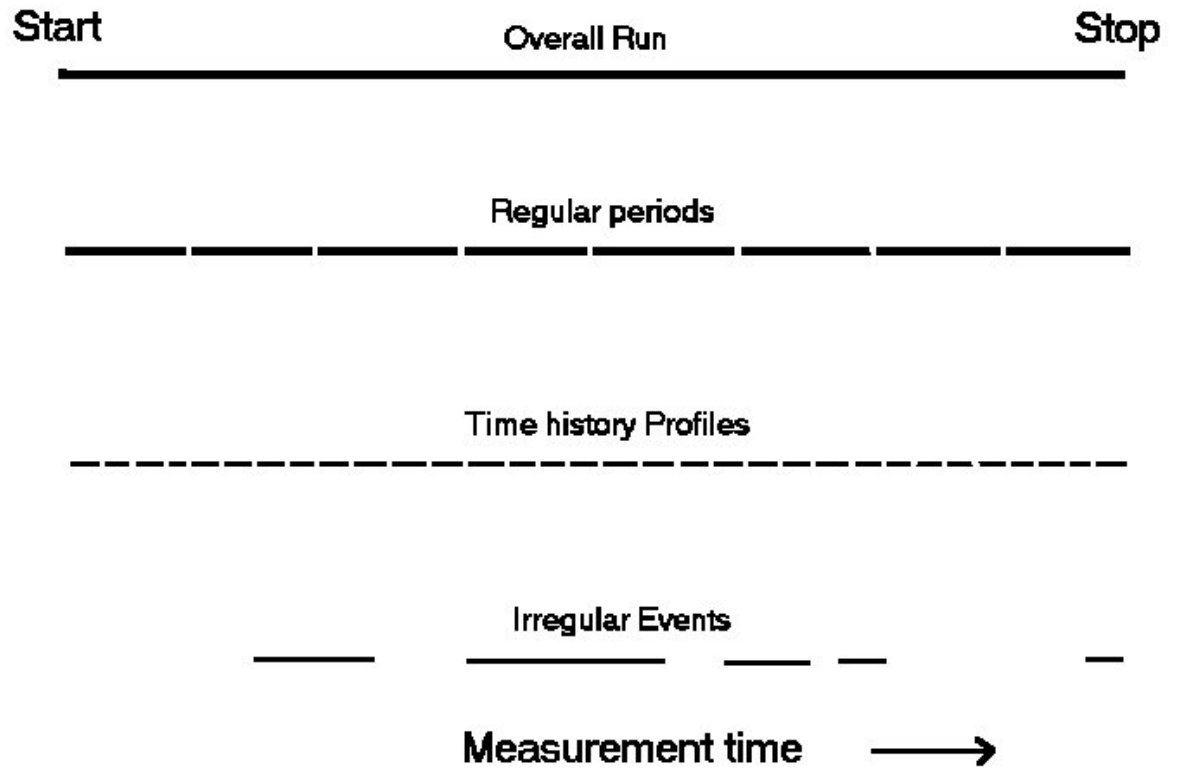
Memoria CEL

- Una “Medición=Run” contiene toda la información recogida durante el tiempo que ha durado.
- Un “Registro = Record” es un periodo de información a partir de un momento de la medición en intervalos de tiempo regulares.
- Un “Perfil=Profile” es un intervalo del histórico temporal durante la medición en intervalos mas cortos.
- Un “Suceso=Event” es una variable que ocurre durante un tiempo mas largo a periodos irregulares.



Memoria CEL

- Run
- Record
- Profile
- Event





Recomendaciones para medición de Ruido

- Tener siempre presente que el objetivo de la medición es reducir el nivel de ruido
- Documentarse sobre lugar de trabajo
- Solicitar colaboración de las personas objeto del estudio.
- Estimar nivel de ruido, elegir tipo de sonómetro
- Comprobar estado de las pilas del sonómetro



Recomendaciones para medición de Ruido

- Seleccionar ponderaciones de frecuencia, A, y tiempo: F-S-I
- Respuesta y funciones del sonómetro
- Utilizar pantalla antiviento durante la medición
- Documentar el informe.
- Controlar la coherencia de los resultados de las mediciones
- Recordar la necesidad de conservar los informes durante 30 años.



Evaluación de la exposición al ruido

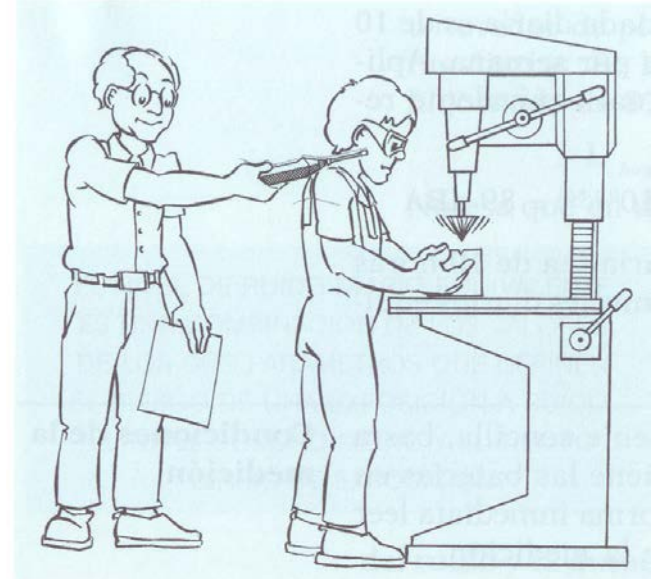
- Medición del **L_p**, para la actuación preventiva.
- Realizar las mediciones en ausencia del trabajador, generalmente en el área que ocupa su cabeza, con el micrófono a la altura del oído, y si no frente a su oído a 10 cm de distancia.
- Duración y Número de mediciones necesario para que la medición sea representativa.



Medición de Ruido: Posición del Micrófono

Medición en presencia del operario:

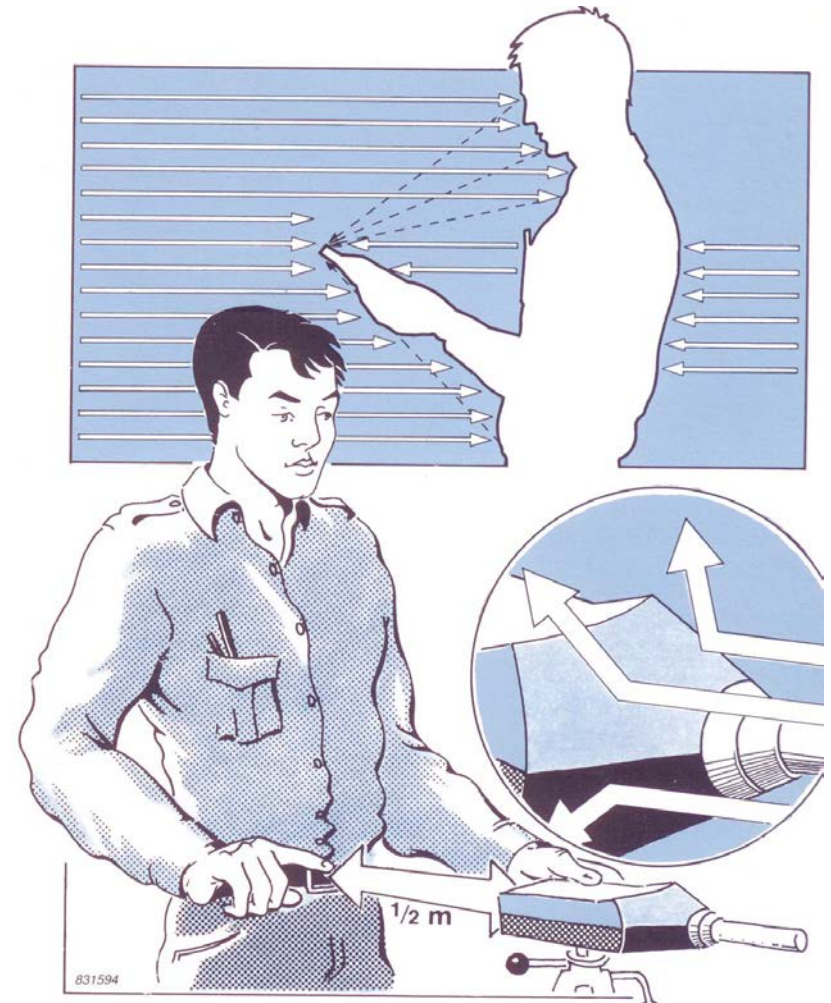
- El micrófono se ha de acercar a la cabeza del operario, pero evitando las reflexiones del ruido.
- Se debe colocar a unos 10 cm alejado del operario
- Se debe elegir el lado del operario que perciba más ruido.
- En *dosimetrías*, el micrófono se coloca en el cuello de la ropa de trabajo
- Con el micrófono se barre una distancia de 0,10 a 0,5m





Medición de Ruido: Influencia del Técnico

- Evitar interferencias en el sonido que llega al Sonómetro.
- Evitar reflexiones producidas por el cuerpo del técnico.





Medición de Ruido: Influencia del Ambiente

- Viento: Utilizar pantalla antiviento.
- Humedad: Efectos insignificantes. (Lluvia) Usar Pantalla Antiviento
- Temperatura: Evitar cambios bruscos que pueden generar condensación.
- Presión: A grandes altura o profundidades, puede afectar la lectura a altas frecuencias.
- Hacer corrección en la calibración.
- Vibraciones: Conviene aislarlos de vibraciones.
- Campos Eléctrico/Magnéticos: Efecto insignificante



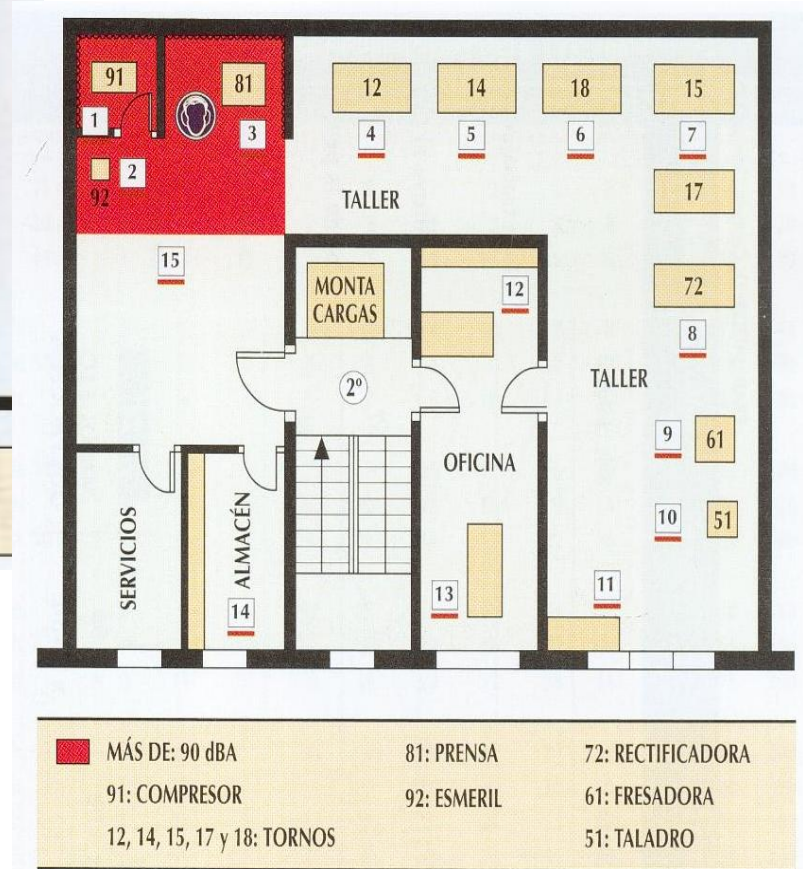


Medición de Ruido: Numero de mediciones

- No existe una estrategia única para determinar el numero de mediciones.
- El RD 286 considera:
 - Suponer que se superan los limites
 - Incrementar el numero de medidas tratando los resultados estadísticamente para lograr la reducción en el margen de error.
- Se basa en el objetivo del RD de “Posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que se debe aplicar cuando se superan los niveles de 80, 85, 87 dBA y 140 dB Pico en C.



Antes y Después de establecer correcciones





Solución: SONOMETRIA-1

Medidas Correctoras

- Establecer un plan de actuación contra el ruido
- Aislar el compresor nº 91
- Cambiar de emplazamiento la prensa nº 81 y la maquina de esmeril nº 92
- Apantallar acústicamente las maquinas citadas, una vez instaladas en su nuevo emplazamiento
- Acondicionar acústicamente el techo de la oficina.
- Formar al personal en los métodos de reducción del ruido



Acciones Generales contra el Ruido

- El ruido es un factor perjudicial para la salud, contra el que se debe luchar para evitar problemas de comunicación, agresividad, inseguridad, etc.
- Formar e informar al personal expuesto al ruido de sus peligros y prevención, con charlas, cursos, etc.
- Evaluar el LAeq,d de los trabajadores.
- Descomponer las fuentes de ruido hasta detectar las mas perjudiciales.
- Parar las máquinas e instalaciones que no se utilizan.



Acciones Generales contra el Ruido

- Procurar que cada persona se encuentre solo en el campo directo del sonido de la maquina con la que trabaja, evitando los efectos del resto.
- Asentar y aislar as maquinas e instalaciones para evitar la transmisión de las vibraciones.
- Romper la continuidad de los elementos sonoros, estructuras, cubiertas, tuberías, etc intercalando materiales absorbentes.
- Disminuir la radiación Acústica de las superficies vibratorias.



Acciones Generales contra el Ruido

- Realizar un correcto mantenimiento de maquinas e instalaciones, alinear, engrasar, equilibrar y regular sus elementos para que emitan menos ruido.
- Utilizar la Directividad sonora de las maquinas para situarlas con la menor repercusión sobre los trabajadores.
- Disminuir el numero e intensidad sonora de los ruidos de impacto.
- Conocer las características de los locales antes de realizar cualquier tratamiento acústico.



Acciones Generales contra el Ruido

- Emplear protectores auditivos adecuados al espectro y nivel de ruido.
- Solicitar a proveedores la mayor información posible
- Mantener la vigilancia a los ruidos que se producen, planteándose si son necesarios.
- No olvidar que el ruido es un Agente dañino



Prácticas: Sonometría -1

- Calcular el $L_{Aeq,d}$ de un taller que se dedica a la mecanización de piezas metálicas.
- Plantilla con 10 trabajadores, con jornada laboral de 8 horas, 30 minutos.
- Establecer medidas correctoras
- Material : Sonómetro integrador con bandas de octava.

Catalogo de protectores auditivos



PRÁCTICAS: SONOMETRÍA-1

Mapa de ruido antes de establecer correcciones






PRÁCTICAS: SONOMETRÍA-1

Después de aplicar las medidas correctoras



	MÁS DE: 90 dBA	81: PRENSA	72: RECTIFICADORA
	91: COMPRESOR	92: ESMERIL	61: FRESADORA
	12, 14, 15, 17 y 18: TORNOS		51: TALADRO



PRÁCTICAS

- Realizar un informe tipo para evaluaciones de ruido en un local de pública concurrencia o sala donde haya máquinas, considerando valores L_{eq} .
- Establecer conclusiones de acuerdo a normativas.
- Material : sonómetro integrador



Ejercicio práctico 1: Dosimetría

Un supervisor de una planta de producción está expuesto a diferentes niveles de ruido, por lo que se le hace una dosimetría cuya lectura registra un valor en dosis de 175%.

- a) Calcular el nivel diario equivalente.
- b) Cual sería el valor de la dosis proyectada, si su dosis fue registrada para un periodo de 3 horas de medición representativas de la jornada laboral completa y da un valor de 60%.
- c) Cual sería el tiempo máximo de exposición para no superar los 90 dBA.



Solución Ejercicio 1

- El cálculo del nivel diario equivalente partiendo del % de dosis viene dado por la expresión:

$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log \frac{D\%}{100}$$

$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log \frac{175}{100} = 92,4 \text{ dBA}$$



Solución Ejercicio 1

- Cuando la medición no cubre la totalidad de la jornada, sino que se ha medido durante un tiempo t que es representativo de la jornada o tiempo de exposición T , debe transformarse la dosis leída en el dosímetro d en la dosis total o proyectada D , que es el valor de dosis que se hubiera obtenido si hubiésemos realizado la medición durante el tiempo total de exposición (jornada laboral):

$$D\% = d\% \times \frac{T}{t} = 60 \times \frac{8}{3} = 160\%$$

$$L_{Aeq,d} = 87 + 10 \log \frac{D\%}{100} = 87 + 10 \log \frac{160}{100} = 89 \text{ dBA}$$



Solución Ejercicio 1

- c) El tiempo máximo de exposición se calculará considerando que si el dosímetro midiendo durante un tiempo t registra una dosis d , el T_{\max} será aquel en el que se registra una dosis del 100%:

$$T_{\max} = T \times 10^{\frac{87 - L_{Aeq,T}}{10}} = 8 \times 10^{\frac{87 - 89}{10}} = 5 \text{ horas}$$



Sonometría. Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

Existen tres métodos principales para calcular la atenuación producida por un protector auditivo:

- 1) Método APV o de las bandas de octava.
- 2) Método HML.
- 3) Método SRN.



Sonometría. Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método APV o de las bandas de octava.**
 - El dato de inicio es el del nivel sonoro de cada banda de octava.
 - A estos valores se le resta algebraicamente la corrección de la escala A y el valor de atenuación esperada del protector suministrado por el fabricante.
 - El nivel ponderado A que percibirá el usuario se obtiene mediante la suma logarítmica de los niveles obtenidos para cada banda de octava.



Sonometría. Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método APV o de las bandas de octava.**
 - Información que se precisa:
 - Análisis de banda de octava del ruido ambiental, N_i
 - Atenuaciones del protector auditivo en las bandas de octava, A_i
 - Atenuaciones del filtro A, A_A



Sonometría. Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método APV o de las bandas de octava.**
 - Determinación:
 - Se fijan los valores del ruido ambiental en dB(A) mediante la expresión $N_i \text{dB(A)} = N_i \text{dB} + A_A$
 - Se fija el valor de protección asumida APV del protector en cada una de las frecuencias de análisis para alcanzar una fiabilidad de 0,84, es decir, $APV_i = A_i - s_i$
 - Se calcula el nivel sonoro resultante en cada una de las bandas mediante $N_{i,R} \text{dB(A)} = N_{i,A} - APV_i$
 - Se calcula el nivel total de ruido recibido por el trabajador.



Sonometría. Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método APV o de las bandas de octava.**
 - Matemáticamente:

$$N_{125}^{8000} (dBA) = 10 \log \sum 10^{0,1(N_{i,R} dB + A_A - APV_i)}$$

Este procedimiento tiene en consideración la diferencia de atenuación que proporciona el EPI en cada frecuencia y eso hace que sea el más exacto y el más recomendable



Sonometría.

Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método HML**

- Se trata de un método de aproximación en el que a diferencia con el método APV no es necesario medir en bandas de octava.
- Es necesario conocer los valores del nivel sonoro con ponderación A y con ponderación C.
- El fabricante del protector debe proporcionar los valores H, M y L que representan aproximadamente las atenuaciones de alta, media y baja frecuencia y que se determinan a partir de las atenuaciones en cada octava mediante un procedimiento de cálculo descrito en la norma ISO 4689-2



Sonometría.

Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método HML**
 - Información que se precisa:
 - Nivel sonoro en dBA: L_A
 - Nivel sonoro en dBC: L_C
 - Atenuaciones del protector auditivo en los campos de altas, medias y bajas frecuencias.



Sonometría.

Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método HML**

- Determinación:

- Si $dB(C) - dB(A) < 2$

- Si
$$PNR = M - \frac{H - M}{4} \times [L_C dB(C) - L_A dB(A) - 2]$$

- Nivel c
$$PNR = M - \frac{H - L}{8} \times [L_C dB(C) - L_A dB(A) - 2]$$

$$N_{atenuado} = L_A dB(A) - PNR$$



Sonometría.

Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

- **Método SRN**

- Se trata de un método de aproximación simple que no requiere medir en bandas de octava.
- Es necesario conocer el valor del nivel sonoro con ponderación C.
- El fabricante del protector debe proporcionar el valor del índice SNR que se determina a partir de las atenuaciones en cada octava mediante un procedimiento de cálculo detallado en la norma ISO 4689-2



Sonometría.

Cálculo de la Atenuación Producida por un Protector Auditivo

3. Método SRN

- Información que se precisa:
 - Nivel sonoro en dBC: L_C
 - Valor de atenuación única del protector SNR
- Determinación:

Se trata del procedimiento más simple pero más impreciso (del

$$N_{atenuado}^{orc} = L_C dB(C) - SRN = L_A dB(A)$$



Ejercicio práctico 2: Sonometría. Protectores Auditivos

Una empresa dedicada a la fabricación de refrescos dispone de un modelo de protector auditivo con motivo de una compra efectuada con destino al departamento de producción. Se desea proporcionar uno de estos protectores auditivos a un trabajador de la línea de embotellado, con las siguientes características proporcionadas por el fabricante:



Tabla de atenuación – marcado CE (EN352-1)

F (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mf (dB)	13,7	11,2	19,1	25,7	29,2	32,0	36,8	39,0
Sf (dB)	3,9	3,2	2,2	2,7	3,1	2,3	2,7	3,7
APV(dB)	9,8	8,0	16,9	23,0	26,1	29,7	34,1	35,3

SNR=27dB H=31 M=24 L=16



Ejercicio práctico 2: Sonometría. Protectores Auditivos

Las mediciones de ruido realizadas en el puesto de trabajo dieron los siguientes resultados:

- Medición utilizando sonómetro de banda ancha:

$$L_A = 106 \text{ dB(A)}$$

$$L_C = 108 \text{ dB(C)}$$

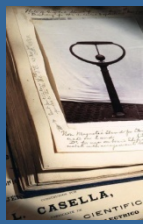
- Medición utilizando sonómetro analizador de bandas de octava:

ν (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L(dB)	100	102	90	92	91	80	75

Utilizando los métodos conocidos para el cálculo de la atenuación producida por un protector auditivo comprobar la eficacia e idoneidad del protector auditivo disponible.

Dato: Atenuación filtro de ponderación A

ν (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
A_A	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1



Solución Ejercicio 2

Método de Bandas de Octava

En primer lugar preparamos una tabla resumen que nos permita calcular el nivel que recibe el trabajador en cada banda de frecuencia si utilizara el protector auditivo:

v (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
AMBIENTE							
L(dB)	100	102	90	92	91	80	75
A _A	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1
L _A (dBA)	83,9	93,4	86,8	92	92,2	81	73,9
PROTECTOR							
APV(dB)	8,0	16,9	23,0	26,1	29,7	34,1	35,3
RECEPTOR							
L _{en oído} (dBA)	75,9	76,5	63,8	65,9	62,5	46,9	38,6



Solución Ejercicio 2

Método de Bandas de Octava

A continuación aplicamos la expresión:

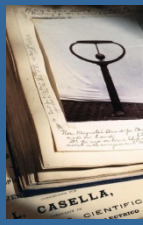
$$N_{125}^{8000} (dBA) = 10 \log \sum 10^{0,1(N_{i,R}dB + A_A - APV_i)}$$

Teniendo en cuenta que $N_{i,R}dB + A_A - APV_i$ corresponde con L_{en} oído (dBA).

Por tanto se obtiene:

$$N_{125}^{8000} (dBA) = 10 \log \left[10^{7,59} + 10^{7,65} + 10^{6,38} + 10^{6,59} + 10^{6,25} + 10^{4,69} + 10^{3,86} \right]$$

$$N_{125}^{8000} (dBA) = 79,6dBA$$

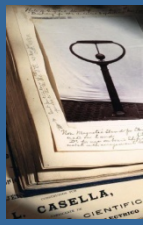


Solución Ejercicio 2

Método de Bandas de Octava

- A la vista de los resultados podemos afirmar que el protector auditivo se adecua perfectamente a las necesidades del puesto de trabajo ya que el nivel recibido por el trabajador de 79,6 dBA es inferior a 90 dBA, y además los resultados en cada banda de octava son muy inferiores a 90 dBA incluso en las bandas de frecuencia más problemáticas como son las de 250, 1000 y 2000 Hz.

$L_{\text{en oído}}$ (dBA)	75,9	76,5	63,8	65,9	62,5	46,9	38,6
-------------------------------	------	------	------	------	------	------	------



Solución Ejercicio 2

Método HML

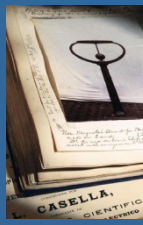
- De los resultados de la medición utilizando sonómetro en banda ancha se determina el valor de reducción predictivo PNR, teniendo en cuenta que $dB(C)-dB(A)=2$.
- Por tanto utilizamos la expresión:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} \times [L_C dB(C) - L_A dB(A) - 2] = 24 - \frac{31 - 24}{4} \times [108 - 106 - 2] = 24 dB$$

El nivel atenuado se obtiene a partir de la expresión:

$$N_{atenuado} = L_A dB(A) - PNR = 106 dB(A) - 24 dB = 82 dB(A)$$

Como el nivel obtenido está por debajo de 90dBA, es correcta la utilización del protector auditivo.



Solución Ejercicio 2

Método SNR

- El nivel atenuado se obtiene a partir de la expresión:

$$N_{atenuado} = L_C dB(C) - SRN$$

$$N_{atenuado} = L_C dB(C) - SRN = 108 - 27 = 81 dB(A)$$

Como el nivel obtenido está por debajo de 90dBA, es correcta la utilización del protector auditivo.



POTENCIA ACÚSTICA

- Cantidad de energía que emite una fuente sonora en la unidad de tiempo (W).
- La Energía se transmite inmediatamente y se reparte, teóricamente, según una superficie esférica envolvente de cada vez mayor diámetro.
- Explica la disminución del sonido según se aleja uno de la fuente sonora.









NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA

- Con el Nivel de Potencia Acústica se estima la agresividad del ruido emitido por fuentes.

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

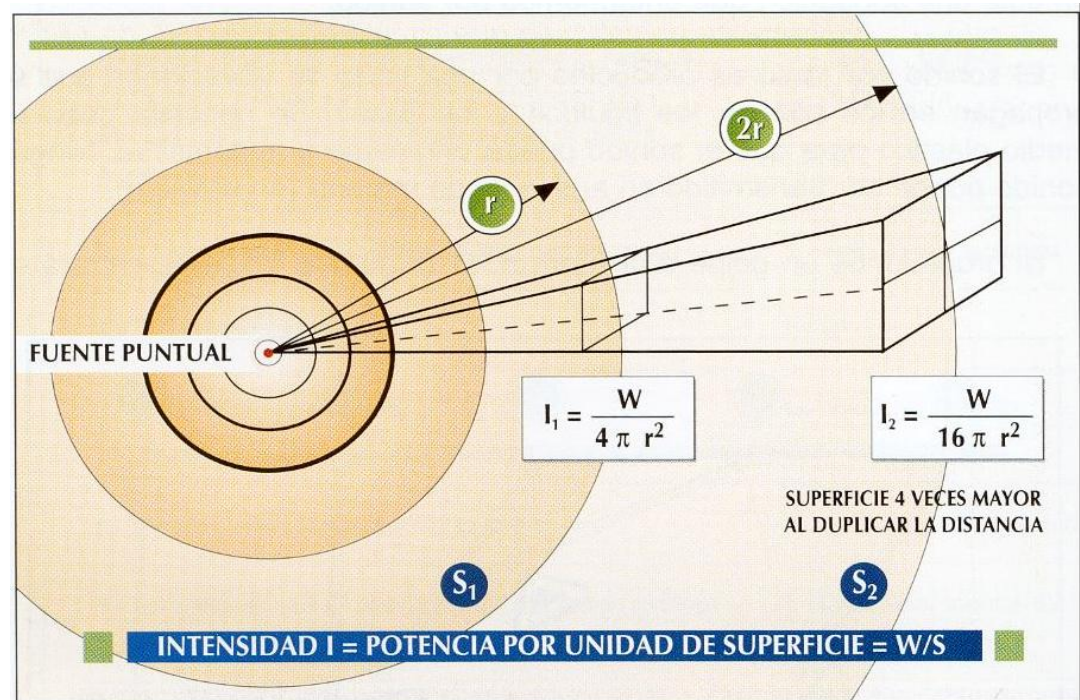
- Con el L_{WA} , se comparan diversas fuentes.
- L_w = Nivel de potencia en dB
- W = Potencia en Watios.
- $W_0 = 10^{-12}$ W. Potencia referencia, Picowatio = 0 dB.

POTENCIA ACÚSTICA EN WATIOS (W)	NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA L_{WA} EN dBA	FUENTE SONORA
10^{10}	220	 El mundo (?)
10^4	160	 Volcán en erupción
1000	150	 Tormenta con truenos
100	140	 Avión a reacción
10	130	 Fuegos de artificio
1	120	 Motocicleta sin silenciador
0,1	110	 Perforadora neumática
0,01	100	 20 metros de autovía
0,001	90	 Automóvil
10^{-4}	80	 Trituradora
10^{-5}	70	 Extractor
10^{-6}	60	 Conversación ordinaria
10^{-7}	50	 Lavadora
10^{-8}	40	 Frigorífico
10^{-9}	30	 1.000 relojes
10^{-10}	20	 100 relojes
10^{-11}	10	 10 relojes
10^{-12}	0	 reloj



INTENSIDAD ACÚSTICA

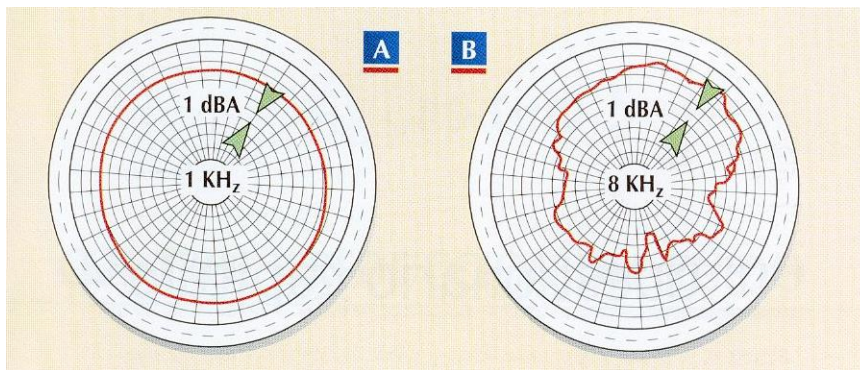
- Cantidad de energía que atraviesa una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras, en la unidad de tiempo.
- La intensidad disminuye al aumentar la distancia de la fuente
- Depende de la amplitud de la onda.



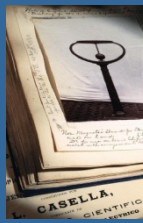


DIRECTIVIDAD

- Una fuente sonora emite la misma cantidad de energía pero no en todas las direcciones.
- Para determinar en que dirección emite mas energía y su magnitud, se utilizan dos parámetros:
- **Índice de Directividad (DI)** y
- **Factor de Directividad (Q)**



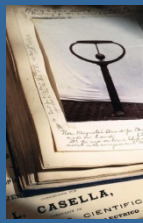
La posición y tipo de fuente sonora influye en la directividad.



DIRECTIVIDAD: Índice de Directividad (DI)

- En una determinada dirección, es la diferencia entre el nivel de presión acústica en un punto dado, L_{pA1} , y el nivel promedio que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera unidireccional, L_{pA} , es decir si tuviera una radiación esférica uniforme, en dB(A)

$$DI = L_{pA1} - L_{pA} \text{ (dB(A))}$$



DIRECTIVIDAD: Factor de Directividad (Q)

En una determinada dirección, es el cociente entre la energía acústica emitida en un punto dado, A_1 , y la energía que correspondería a ese punto si la fuente sonora fuera omnidireccional, L_{pA} , en cuyo caso $Q = 1$

$$Q = \text{anti log} \frac{L_{pA_1} - L_{pA}}{10} = \text{anti log} \frac{DI}{10} = 10^{0,1DI}$$

Q es función de DI: $Q = 10^{0,1DI}$

DI dB(A)	-10	-6	-3	0	3	5	6	8	9	10	13
Q	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,0	20,0



DIRECTIVIDAD: Factor de Directividad (Q)

Cuando la Energía es omnidireccional, $DI = 0$, el $Q = 1$

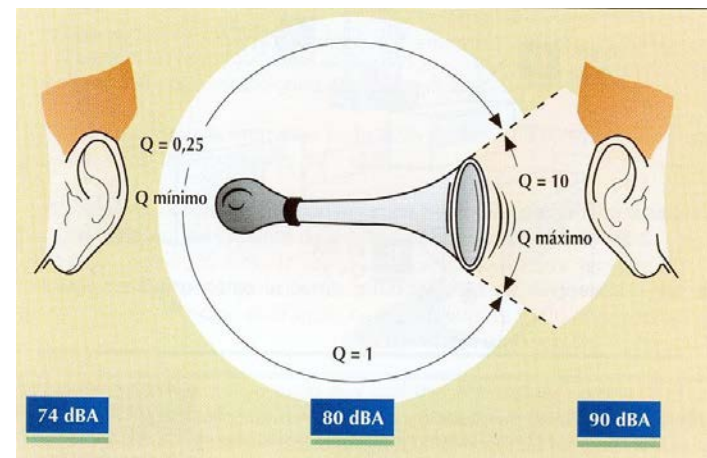
Si aumenta considerablemente LpA ,

Boca de la bocina, a $DI = 10$ dBA le corresponde $Q=10$

Y al resto de la superficie envolvente

Le corresponde un $Q = 0,25$

Q es función de DI: $Q = 10^{0,1 DI}$



DI dB(A)	-10	-6	-3	0	3	5	6	8	9	10	13
Q	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,0	20,0



DIRECTIVIDAD: Factor de Directividad (Q)

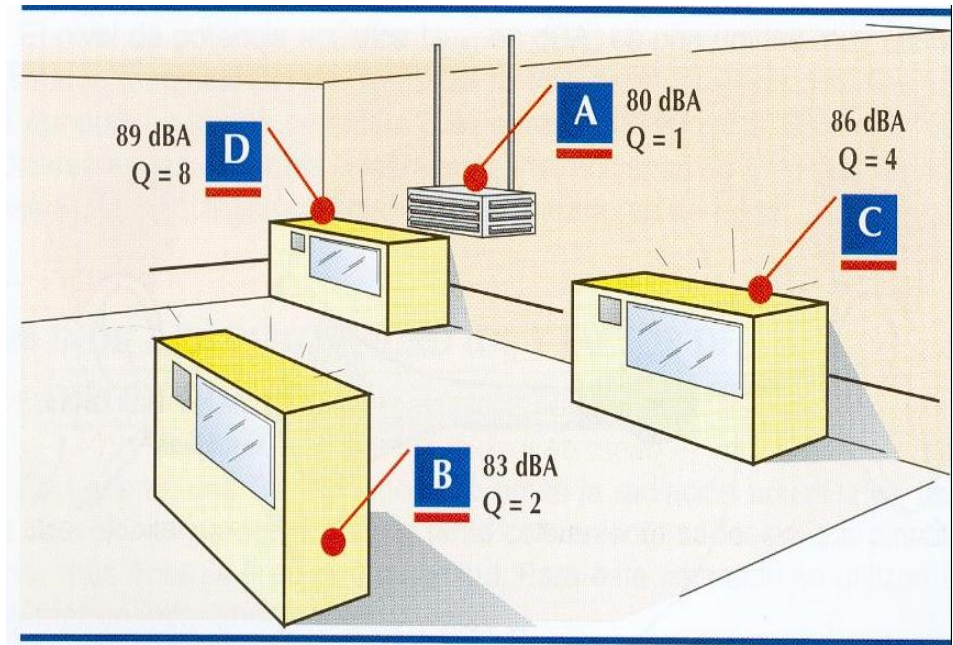
Q y aumento de LpA en un punto equidistante para la colocación de diversas fuentes sonoras.

A: Suspendeda en el aire: $Q=1$

B: Apoyada en el suelo.
Distribuye el ruido en semiesfera. $Q=2$

C: Apoyada en 2 planos: $Q=4$

D: Apoyada en 3 planos: $Q=8$
(Limita mucho la fuga y atenuación de ruido)



DI dB(A)	-10	-6	-3	0	3	5	6	8	9	10	13
Q	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,0	20,0

Nivel de Ruido

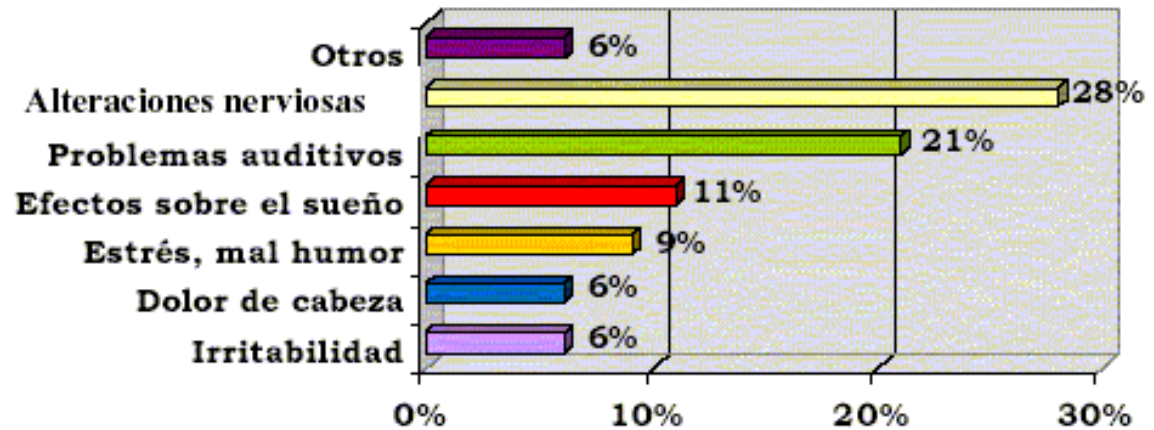


Para mantener una conversación a 1 m. de distancia, el nivel de ruido debe estar comprendido entre 60 y 70 dB. Si no se entiende la conversación, se puede sospechar que existe un nivel excesivo.

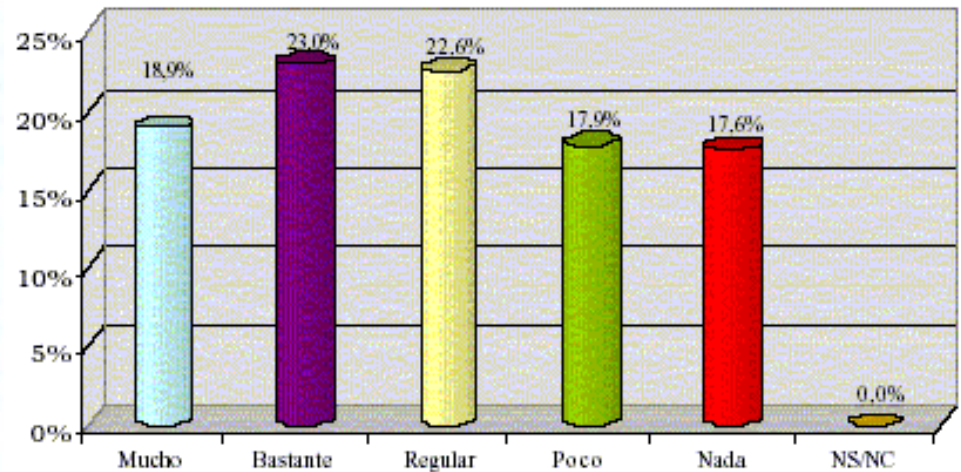




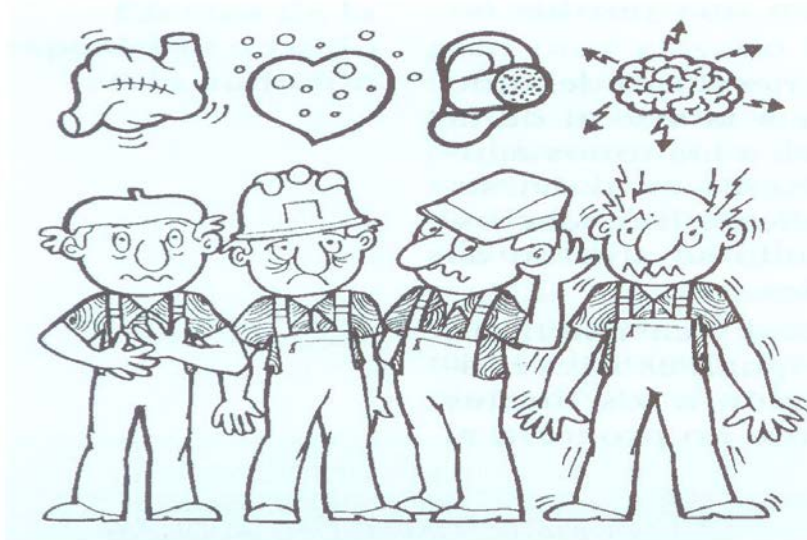
Efectos producidos por el Ruido



Efectos del ruido sobre la salud



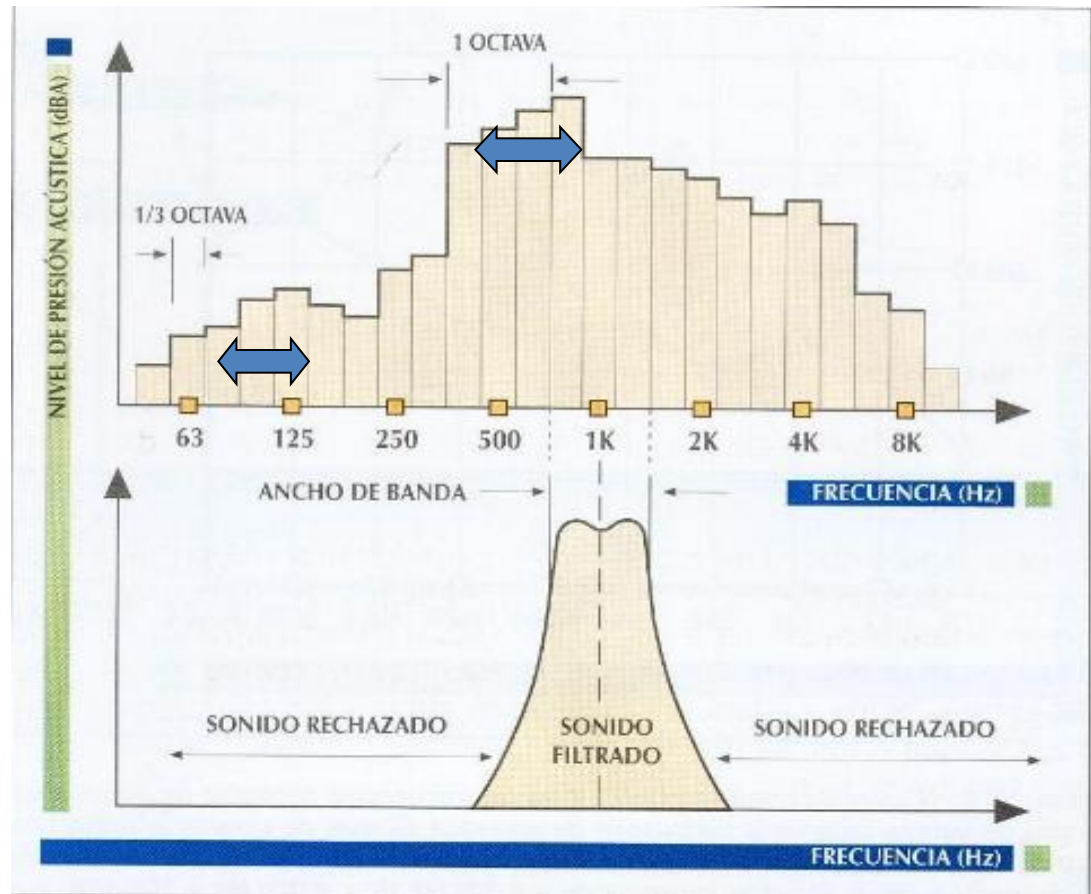
Grado de molestia generado por el tráfico rodado en general





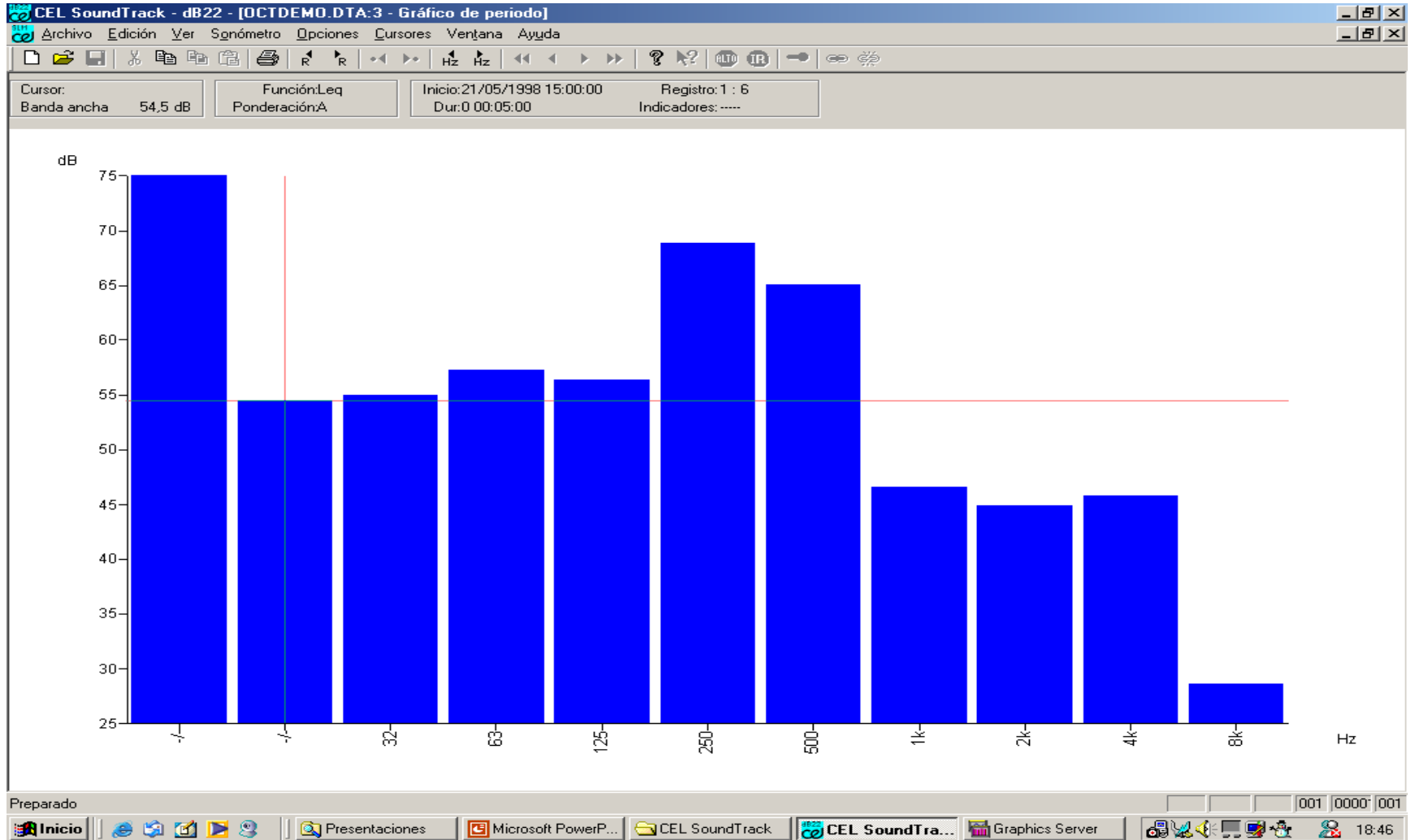
Análisis en Bandas de Frecuencia

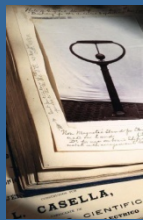
Se debe aplicar para establecer los riesgos de lesión auditiva y decidir las medidas de atenuación necesarias





Bandas de Octava: Presentación del espectro





CASELLA

ESPAÑA

EQUIPAMOS SOLUCIONES

/Higiene Laboral

/Seguridad Industrial

/Protección Respiratoria

/Medio Ambiente / Proceso

/Servicio Técnico

C / Belgrado, 4B. 28232 Las Rozas - Madrid
T: 91 640 75 19 E: online@casella-es.com

Consulte su Delegación Técnico-Comercial
en nuestra web www.casella-es.com

CASELLA 
ESPAÑA