

	<p>DIEGO PABLO RUIZ PADILLO Profesor del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Granada. Coordinador del Laboratorio de Acústica y Física Ambiental de la Universidad de Granada. Tel: 958 249096 e-mail: druiz@ugr.es</p>	
<h2>Unidad didáctica 6: Instrumentación</h2>		
	<h3>ACÚSTICA AMBIENTAL</h3>	

	<h3>ACÚSTICA AMBIENTAL</h3>	

SONÓMETRO: Oído electrónico

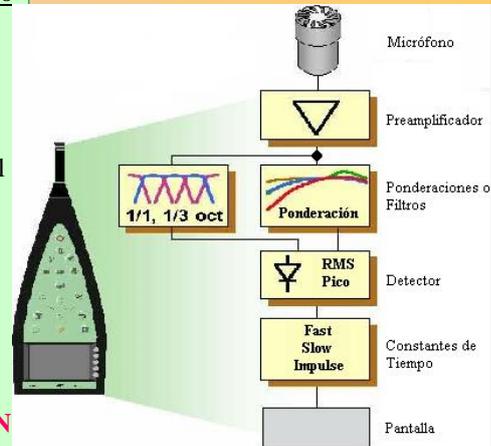
Para una evaluación completa del fenómeno sonoro, es necesario contemplar dos aspectos fundamentales del mismo:

a) **Espectro de frecuencias**, mediante la ponderación en frecuencias (empleo de filtros entre la señal sonora detectada por el micrófono y el indicador final del instrumento de medida)

b) **Tiempo**, mediante la ponderación temporal (empleo de filtros que generan diferente respuesta temporal del instrumento)

Empleo de REDES DE PONDERACIÓN

En ocasiones, es importante también el tipo de incidencia del sonido.



ACÚSTICA AMBIENTAL



MICRÓFONO

El micrófono consiste en un transductor que convierte una señal mecánica debido a una sobrepresión en una señal eléctrica.



CLASIFICACIÓN

TAMAÑO: Los micrófonos grandes de 1" son más sensibles y tienen mayor rango dinámico pero son menos omnidireccionales que los más pequeños de 1/2", 1/4", y 1/8".

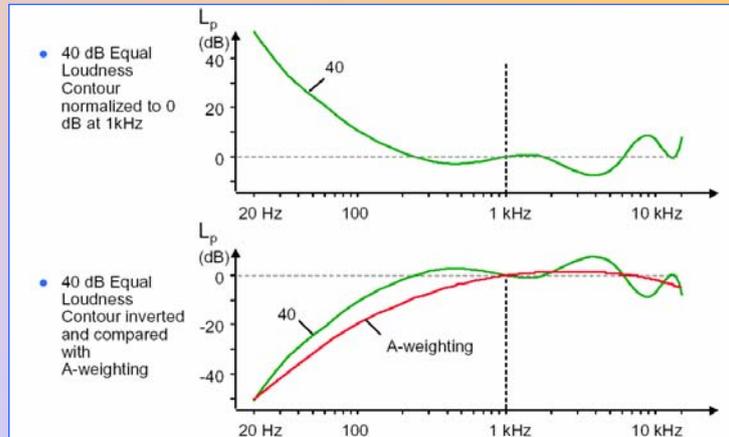
RESPUESTA FRENTE A UN CAMPO SONORO:

- Micrófonos de campo libre. Corrigen los aumentos de presión debidos a la propia presencia del sonómetro. Son recomendados por las normas Europeas (IEC)
- Micrófonos de presión. Son aquellos que no están diseñados con esta compensación anterior, se suelen utilizar para la calibración de audímetros.
- Micrófonos de incidencia aleatoria. Para uso en campo difuso. Recomendados por las normas Americanas (ANSI).

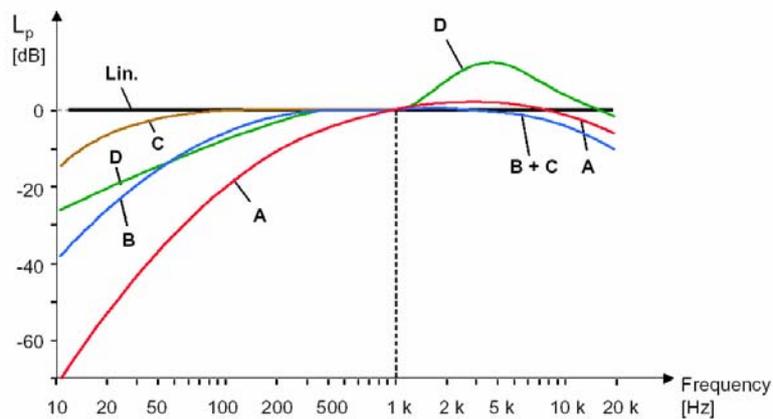


ACÚSTICA

PONDERACIÓN EN FRECUENCIA



ACÚSTICA AMBIENTAL



Red A : diseño sobre la curva de 40 fones (actúa sobre las bajas frecuencias)

Red B : diseño sobre la curva de 70 fones

Red C : diseño sobre la curva de 100 fones (casi plana)

Red D: diseñada para el sobrevuelo de aviones (penaliza las altas frecuencias)



ACÚSTICA AMBIENTAL



Center Frequency Hz	A-Weighting Correction dB	C-Weighting Correction -dB	D-Weighting Correction -dB
10	-70.4	-14.3	
12.5	-63.4	-11.2	
16	-56.7	-8.5	
20	-50.5	-6.2	
25	-44.7	-4.4	
31.5	-39.4	-3.0	
40	-34.6	-2.0	
50	-30.2	-1.3	-12.8
63	-26.2	-0.8	-10.9
80	-22.5	-0.5	-9.0
100	-19.1	-0.3	-7.2
125	-16.1	-0.2	-5.5
160	-13.4	-0.1	-4.0
200	-10.9	0	-2.6
250	-8.6	0	-1.6
315	-6.6	0	-0.8
400	-4.8	0	-0.4
500	-3.2	0	-0.3
630	-1.9	0	-0.5
800	-0.8	0	-0.6
1000	0	0	0
1250	0.6	0	2.0
1600	1.0	-0.1	4.9
2000	1.2	-0.2	7.9
2500	1.3	-0.3	10.6
3150	1.2	-0.5	11.5
4000	1.0	-0.8	11.1
5000	0.5	-1.3	9.6
6300	-0.1	-2.0	7.6
8000	-1.1	-3.0	5.5
10000	-2.5	-4.4	3.4
12500	-4.3	-6.2	-1.4
16000	-6.6	-8.5	
20000	-9.3	-11.2	

Consideraciones importantes sobre la red A de ponderación en frecuencias:

- ⇒ Está calculada a partir de la curva de los 40 fonos y por ello es sólo válida para niveles medios de ruido (40-60 dB) y para tonos puros.
- ⇒ Sería más correcto, aunque nunca se hace, emplear la red B o C para niveles sonoros más elevados.
- ⇒ Los db(A) no son una buena medida del grado de molestia debido a sonidos complejos, ya que dos sonidos con los mismos db(A) pueden presentar grados muy distintos de molestia.
- ⇒ Los niveles ponderados A no ofrecen ninguna información sobre el contenido espectral de un ruido complejo y, por ello, es un dato de escaso valor en el diseño de sistemas de control.



ACÚSTICA AMBIENTAL



PONDERACIÓN TEMPORAL: *Fast* y *Slow*

Las dos ponderaciones de tiempo normalizadas más ampliamente utilizadas son **de tipo exponencial** y se identifican mediante los nombres de **lenta (*Slow*)** y **rápida (*Fast*)**

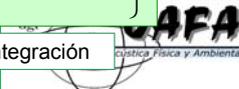
Ponderación lenta: aporta una mayor amortiguación del nivel sonoro que muestra el sonómetro y hace más fácil para un sonido inestable la determinación de un nivel sonoro promediado en el tiempo (*que la ponderación rápida*)

$$L_A(t) = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\left[\left(\frac{1}{\tau} \right) \int_{t_s}^t p_A^2(\xi) e^{-\frac{(t-\xi)}{\tau}} d\xi \right]}{p_{ref}^2} \right\}$$



ACÚSTICA AM

ξ : variable muda de integración



τ es el tiempo requerido para que una cantidad que varía exponencialmente con el tiempo aumente en un factor $[1 - (1/e)]$ o decrezca un factor $1/e$ ($e \approx 2,71828$)

Ponderación lenta $\Rightarrow \tau = 1$ segundo

Los sonidos que se producen hasta 4 segundos antes del tiempo de medición pueden tener una contribución significativa al nivel sonoro observado.

Ponderación rápida $\Rightarrow \tau = 0,125$ segundos

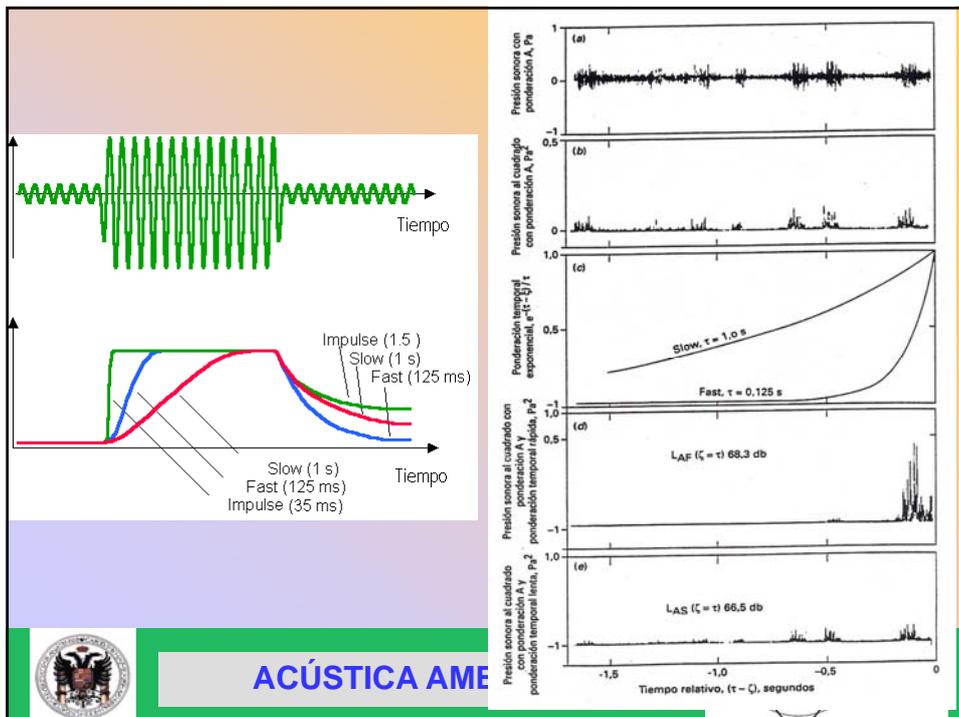
Los sonidos que se produjeron 1 segundo antes del tiempo de observación se ponderan con el factor $3,5 \times 10^{-4}$. Por tanto, la presión sonora al cuadrado 1 segundo antes del tiempo de observación ha de ser mucho mayor que la del momento de observación para contribuir de forma significativa al nivel sonoro registrado.

Ponderación impulsiva $\Rightarrow \tau = 35$ ms

Reservado para casos especiales (ruido de impactos).



ACÚSTICA AMBIENTAL



ACÚSTICA AME

SONÓMETRO INTEGRADOR:

El sonómetro integrador, además de realizar lo anterior es capaz de realizar promedios lineales sobre tiempos de medida largos y variables. Por tanto, estos aparatos calculan el Nivel Equivalente Continuo L_{eq} , indicador muy utilizado en acústica ambiental.

También, en muchos casos pueden ofrecer el Nivel de Exposición Sonora (SEL).

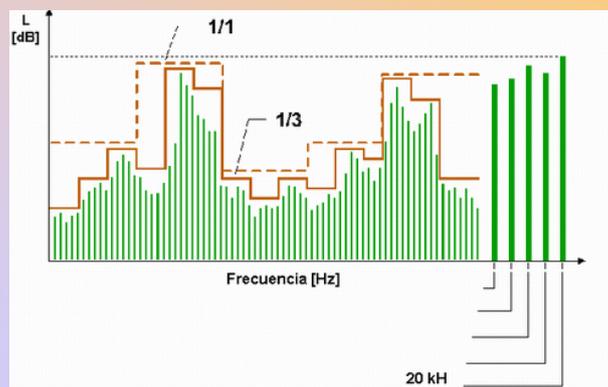


ACÚSTICA AMBIENTAL



ANALIZADORES DE ESPECTRO

Se emplean cuando es necesario conocer la distribución en frecuencias de la presión sonora cuadrática media de un sonido



ACÚSTICA AMBIENTAL



ANALIZADORES DE ESPECTRO: USOS

- Identificación de fuentes de ruido.
- Evaluación del resultado de un tratamiento acústico.
- Evaluación del efecto de determinados tipos de ruido.
- Determinación del grado de transmisión a través de una estructura.
- Para selección de métodos, materiales y estructuras para resolver determinados problemas acústicos.
- Para aplicar criterios de aceptabilidad cualitativa y cuantitativa de un ruido.
- Para la evaluación de la sonoridad de un sonido complejo.
- Cuando es necesario ecualizar un sistema de audio para compensar irregularidades acústicas de una sala, parlantes o cajas acústicas.

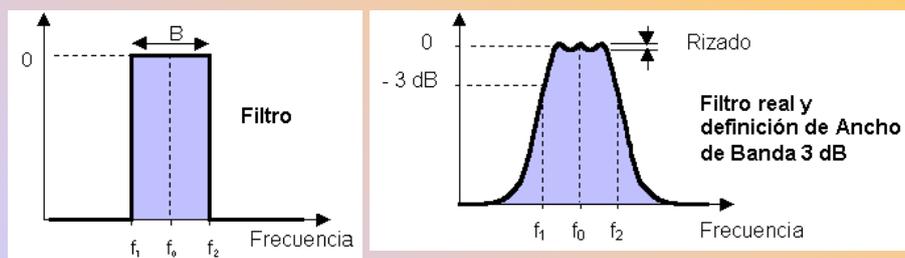


ACÚSTICA AMBIENTAL



ANALIZADORES DE ESPECTRO: MÉTODO DE ANÁLISIS

FILTROS PASO BANDA



Sólo deja pasar la señal comprendida entre una frecuencia inferior f_1 , y otra frecuencia superior f_2 .
A la diferencia entre la frecuencia superior e inferior se le conoce como ancho de banda B .
A f_0 se le conoce como frecuencia central



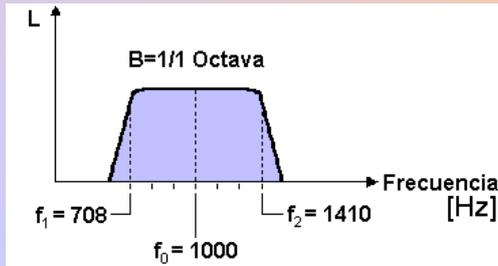
ACÚSTICA AMBIENTAL



ANALIZADORES DE ESPECTRO: FILTROS MÁS COMUNES

FILTROS DE OCTAVAS

Una octava es una anchura de banda cuya frecuencia inferior es la mitad de la superior, de forma que el margen audible (20 Hz-20kHz) está dividido en 10 bandas de octavas



1/1 Oct.

$$f_2 = 2 \times f_1$$

$$B = 0.7 \times f_0 \approx 70\%$$



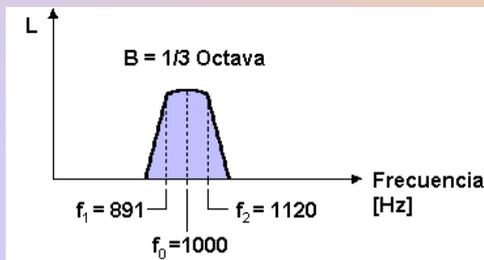
ACÚSTICA AMBIENTAL



ANALIZADORES DE ESPECTRO: FILTROS MÁS COMUNES

FILTROS DE TERCIO DE OCTAVAS

Resultado de dividir cada octava en 3 bandas, dando como resultado que el rango audible está dividido en este caso en 30 bandas



1/3 Oct.

$$f_2 = \sqrt[3]{2} \times f_1 = 1.25 \times f_1$$

$$B = 0.23 \times f_0 \approx 23\%$$



ACÚSTICA AMBIENTAL



OCTAVA			TERCIO OCTAVA		
Frecuencia inferior	Frecuencia central	Frecuencia superior	Frecuencia inferior	Frecuencia central	Frecuencia superior
			17,8	20	22,4
			22,4	25	28,2
22	31,5	44	28,2	31,5	35,5
			35,5	40	44,7
			44,7	50	56,2
44	63	88	56,2	63	70,8
			70,8	80	89,1
			89,1	100	112
88	125	177	112	125	141
			141	160	178
			178	200	224
177	250	355	224	250	282
			282	315	355
			355	400	447
355	500	710	447	500	562
			562	630	708
			708	800	891
710	1.000	1.420	891	1.000	1.122
			1.122	1.250	1.413
			1.413	1.600	1.778
1.420	2.000	2.840	1.778	2.000	2.239
			2.239	2.500	2.818
			2.818	3.150	3.548
2.840	4.000	5.680	3.548	4.000	4.467
			4.467	5.000	5.623
			5.623	6.300	7.089
5.680	8.000	11.360	7.079	8.000	8.913
			8.913	10.000	11.220
			11.220	12.500	14.130
11.360	16.000	22.720	14.130	16.000	17.780
			17.780	20000	22.390



ACÚSTICA AMBIENTAL



CALIBRADOR

El calibrador es una fuente sonora capaz de emitir un nivel de presión sonora a una frecuencia o varias frecuencias de forma estable.

Esta señal se aplica sobre el micrófono del sonómetro, y comparando con la lectura de la pantalla permite verificar si el sonómetro está calibrado.



ACÚSTICA AMBIENTAL

