

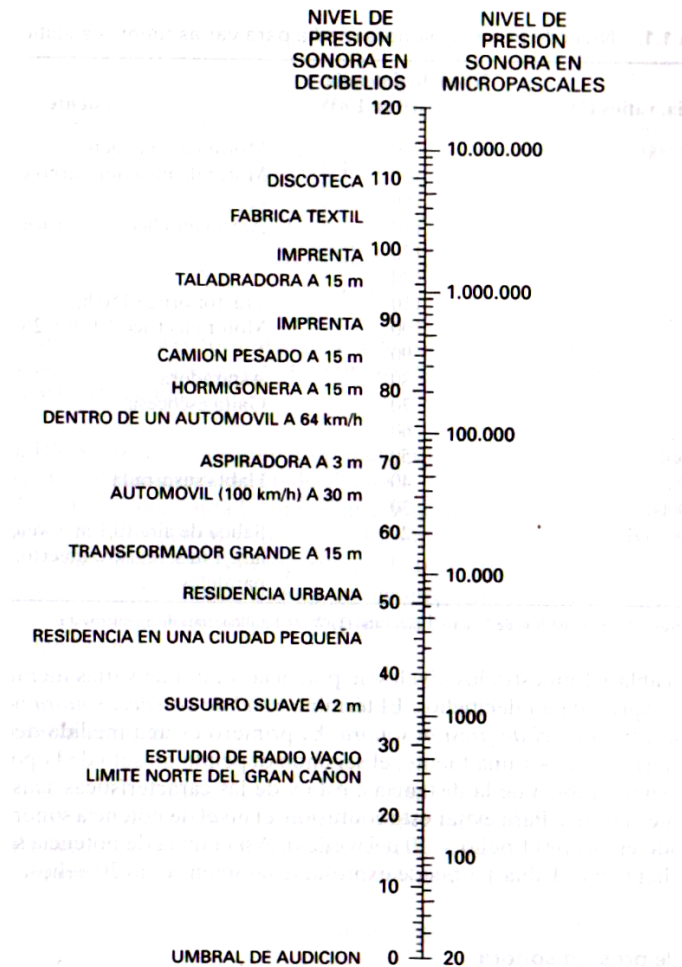
**c) VIBRACIONES Y ONDAS:****3. PERCEPCIÓN DEL SONIDO Y SU MEDIDA****3.1. INTRODUCCIÓN**

Como ya se ha indicado vamos a centrar nuestra atención en las ondas sonoras, ondas mecánicas longitudinales cuya velocidad de propagación depende de las propiedades del medio en el que se propagan. Los movimientos de un cuerpo vibrante, los remolinos de un escape de gas, el diafragma de un altavoz.... perturban la atmósfera que les rodea. Estas perturbaciones se traducen en contracciones y dilataciones de volúmenes de aire elementales a las que corresponde una modificación de la presión, que en reposo es la presión atmosférica.

En ciertas condiciones estas perturbaciones o alteraciones físicas impresionan el sentido del oído, en cuyo caso nos encontraremos ante un sonido o un ruido. Al sonido no deseado o desagradable se le denomina ruido, la sensación de ruido generalmente está asociada a una variación aleatoria de la presión, por ejemplo, la circulación de automóviles, aviones... El rango de frecuencias audibles está entre 20 Hz y 20 KHz. La Acústica es la ciencia que trata de los métodos de producción, transmisión y recepción del sonido.

**3.2. NIVELES ACÚSTICOS**

En Acústica, para medir o caracterizar un sonido no se suelen usar las magnitudes estudiadas anteriormente, presión, intensidad y potencia sonoras directamente con sus unidades en el sistemas internacionales. Por ejemplo, la presión acústica es la magnitud física más utilizada en Acústica y la más sencilla de medir. Sin embargo, el rango de presiones sonoras que hallamos en el campo del control del ruido es tan amplio que es más cómodo emplear el nivel de presión sonora, una cantidad que es proporcional al logaritmo de la presión sonora. En la siguiente tabla aparece la presión sonora en términos de una escala lineal, y el nivel de presión sonora que describiremos a continuación.



Otra razón para escoger la escala logarítmica es que nuestra percepción de la sonoridad no es proporcional a la intensidad sino que varía logarítmicamente. El oído humano responde de forma aproximadamente proporcional al logaritmo decimal de los cambios de presión sonora.

¿Qué significa esto? Las sensaciones humanas no son medibles directamente, sin embargo si lo son las magnitudes físicas que las producen, por ello es necesario conocer la relación entre la magnitud física y la sensación. En primer lugar, las sensaciones no se perciben hasta que el excitante no alcanza un cierto valor umbral de sensación y por otro lado se aprecian variaciones en la intensidad del excitante hasta que este ha modificado su intensidad en un cierto porcentaje. Si la presión acústica de un tono puro de 1000 Hz se duplica, la sensación percibida por el oído humano no se duplica. Para duplicar la sensación percibida habría que multiplicar la presión por un número superior a 2.

Los intervalos aproximados en los que el oído humano joven y sano puede percibir un sonido son:

- frecuencias: 20 – 20.000 Hz
- presiones:  $2 \times 10^{-5}$  –  $10^3$  Pa
- intensidades:  $10^{-12}$  –  $200$  W/m<sup>2</sup>

Por todo lo expuesto, en Acústica las magnitudes que se miden se denominan niveles porque se comparan con un valor de referencia escogido por convenio: el nivel de intensidad, el nivel de presión y el nivel de potencia... Por definición, el nivel es el logaritmo de la razón de una cantidad dada respecto de una cantidad de referencia del mismo tipo. Hay que indicar la base del logaritmo, la cantidad de referencia y el tipo de nivel. La utilización de un nivel de referencia supone también que todos los sonidos audibles sean representados por valores positivos de las magnitudes acústicas.

Los niveles más habituales que se definen en acústica son los siguientes:

**1) Nivel de intensidad acústica.** El paso de las ondas sonoras se acompaña de un flujo de energía acústica. La intensidad del sonido  $I$  en una dirección específica en un punto del campo sonoro es igual al flujo de energía sonora a través de una unidad de área en ese punto, siendo la unidad de área perpendicular a la dirección especificada. En este sentido, el nivel de intensidad acústica está definido por la expresión:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

siendo  $I$  la intensidad acústica medida en  $W/m^2$  e  $I_0$  la intensidad de referencia establecida en  $10^{-12} W/m^2$ . Y la unidad adimensional de medida es el decibelio (dB). Por definición dos cantidades de energía están en relación de un Belio cuando su cociente es 10 y de  $n$  belio cuando es  $10^n$ , entonces  $n = \log \frac{E_1}{E_2}$ . Con el fin de evitar decimales en Acústica se utiliza el decibelio o décima parte del belio por ello la expresión aparece multiplicada por 10. Conocido el nivel de intensidad acústica se puede conocer el nivel de intensidad mediante la expresión:

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{L_I}{10}}$$

**2) Nivel de presión acústica.** Es la magnitud física más utilizada en Acústica y la más sencilla de medir. Se mide mediante el sonómetro:

$$L_I = 10 \log \frac{p_{ef}^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p_{ef}}{p_0}$$

en la que  $p_{ef}$  es la presión eficaz del sonido o ruido considerado y  $p_0$  es la presión eficaz de referencia escogida por convenio igual a  $2 \times 10^{-5}$  Pa. Cuando un sonido o ruido tiene una presión acústica igual a  $p_0$  su nivel es igual a 0 dB. Se puede también escribir:

$$L_p = 20 \log p_{ef} + 94$$

¿Por qué se utiliza el valor eficaz? El valor medio de la presión sonora  $p(t)$  es aproximadamente nulo, ya que toma tantos valores positivos como negativos. Por ello, no es un indicador adecuado.

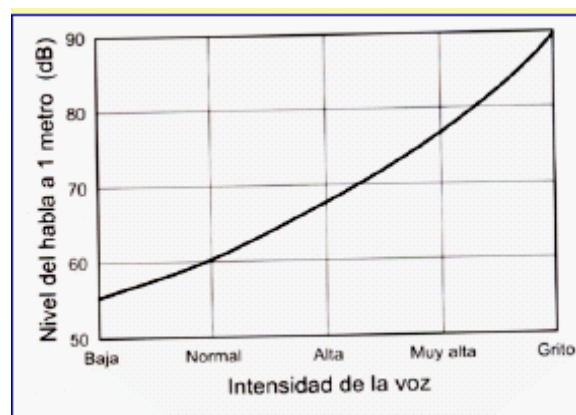
Interesa otro indicador que éste relacionado con la energía que transporta la onda y ese indicador es la presión acústica eficaz.

Igual que en el caso de las intensidades, se puede conocer la presión sonora eficaz conociendo el nivel de presión de la siguiente manera:

$$P_{ef} = P_0 \cdot 10^{\frac{L_p}{20}}$$

Con la definición de nivel de presión acústica la escala de niveles de presiones acústica que representan los umbrales de audición y de dolor, se reducen al rango de 0 a 140 dB a la frecuencia de 1KHz.

FUENTE SONORA	NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dB)	VALORACIÓN SUBJETIVA DEL NIVEL
Despegue avión (a 60 m)	120	Muy elevado
Edificio en construcción	110	
Martillo neumático	100	Elevado
Camión pesado (a 15 m)	90	
Calle (ciudad)	80	
Interior automóvil	70	Moderado
Conversación normal (a 1 m)	60	
Oficina, aula	50	
Sala de estar	40	Bajo
Dormitorio (noche)	30	
Estudio de radiodifusión	20	



Algunos otros ejemplos de niveles de presión acústica:

**Umbral de dolor:** 130 dB

**Voz en conversación normal:** 70 dB

**Cambio de nivel claramente perceptible:** 5 dB

**La sensación sonora se duplica:** 10 dB

**3) Nivel de potencia acústica.** La potencia acústica de una fuente, en una banda de frecuencia, es la energía sonora irradiada por la fuente en la unidad de tiempo. También es útil la potencia acústica de una fuente en una escala logarítmica, el nivel de potencia acústica se define por:

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \Rightarrow L_W = 10 \log W + 120$$

siendo  $W$  la potencia acústica de la fuente expresada en vatios y  $W_0$  una potencia de referencia igual a  $10^{-12}$  vatios. Y conocido el nivel de potencia acústica la potencia se obtiene mediante la expresión:

$$W = W_0 \cdot 10^{\frac{L_W}{10}}$$

El término nivel de potencia sonora no debe confundirse con el nivel de presión sonora. El nivel de potencia acústica es característico de las fuentes sonoras y es independiente del lugar donde coloquemos estas y de las condiciones ambientales. Sin embargo, los niveles acústicos de presión e intensidad dependen de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar donde esté colocada la misma.

#### **Relación entre los niveles acústicos de presión, intensidad y potencia:**

En este apartado vamos a determinar las relaciones entre los niveles de presión, intensidad y potencia acústica en las condiciones de campo acústico libre:

Se dice que un **campo acústico es libre o directo** cuando los contornos del medio no tienen influencia sobre las ondas acústicas. El medio está libre de dispersión y reflexión, las ondas emitidas por la fuente sonora nunca vuelven a las mismas. En un recinto esto se consigue en las llamadas **cámaras anecoicas** diseñadas de manera que sus superficies límites absorben todas las ondas acústicas que inciden sobre ellas. El **campo acústico es difuso o cerrado** cuando está compuesto por las ondas directas y las reflejadas en los contornos del medio.

##### **a) Relación entre los niveles de presión e intensidad acústica:**

La intensidad y la presión de la energía acústica están relacionadas en un punto de un campo libre y un tono puro mediante la expresión:

$$I = \frac{p_{ef}^2}{\rho c}$$

Sustituyendo este resultado en la definición del nivel de intensidad se obtiene:

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log \frac{p_{ef}^2}{\rho c I_{ref}} = 10 \log \frac{p_{ef}}{p_0} + 10 \log \frac{p_0^2}{\rho c I_{ref}}$$

Expresión que podemos escribir de la siguiente manera:

$$L_I = L_p + 10 \log K$$

La cantidad  $10 \log K$  será nula si  $K = 1$ , y esto se cumple cuando:

$$\frac{p_0^2}{\rho c I_{ref}} = 1 \Rightarrow \rho c = \frac{p_0^2}{I_{ref}} = \frac{(2 \times 10^{-5})^2}{10^{-12}} = 400 N \times s / m^3$$

La resistencia del aire es aproximadamente  $410 N \times s / m^3$  a la temperatura de  $22^\circ C$  y presión de una atmósfera, por lo que las medidas acústicas de  $L_I$  y  $L_p$  se pueden considerar aproximadamente iguales. En otras situaciones, estos dos niveles no coinciden.

#### b) Relación entre los niveles de intensidad y de potencia acústica:

Si la intensidad acústica es uniforme sobre una superficie  $S$ , la potencia y la intensidad acústicas están relacionadas por  $W = I \cdot S$ . Sustituyendo esta expresión en la expresión de nivel de potencia:

$$L_W = 10 \log \frac{W}{10^{-12}} = 10 \log \frac{I \cdot S}{10^{-12}} = 10 \log \frac{I}{10^{-12}} + 10 \log S = L_I + 10 \log S$$

Se entiende por **fente omnidireccional** aquella fuente que emite igual de energía en todas direcciones y **fente direccional** la que emite más cantidad de energía en unas determinadas direcciones. Para fuentes direccionales se define el **factor de directividad o direccionalidad  $Q$**  de una fuente sonora en una determinada dirección como la relación entre la intensidad acústica que llega a un punto producida por la fuente sonora y la producida por una fuente omnidireccional que emitiese con igual potencia.

La direccionalidad de la radiación sonora puede producirse porque la fuente sea intrínsecamente direccional, por ejemplo una máquina que emite más ruido por la parte frontal que por la parte posterior, o puede ocurrir que fuentes omnidireccionales lleguen a ser direccionales si su emisión sonora está restringida por la posición de la fuente respecto a las paredes, techos, suelos.... Si la fuente es direccional se cumple que  $I_d = Q \cdot I$ , entonces  $W_d = I \cdot Q \cdot S$ , y sustituyendo esta expresión en la expresión del nivel de potencia:

$$L_W = L_I + 10 \log(Q \cdot S)$$

### 3.3. COMPOSICIÓN O COMBINACIÓN DE NIVELES ACÚSTICOS

El nivel de presión acústica resultante en un punto muchas veces no proviene de una sola fuente, y es de gran importancia el conocer la forma en que cada fuente influye en el resultado global. Esto es, a menudo es necesario combinar niveles, por ejemplo:

1. Para calcular el nivel sonoro que resulta de la combinación de fuentes de ruido
2. Para determinar el nivel sonoro combinado de una fuente más el ruido de fondo
3. Para calcular el nivel de presión sonora de dos o más fuentes de sonido

Cuando varias fuentes sonoras producen en un punto del espacio presiones acústicas instantáneas  $p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)$ , la presión acústica resultante es la suma de las presiones acústicas instantáneas de cada una de las fuentes:

$$p(t) = \sum_i p_i(t)$$

De nuevo el valor medio de la presión sonora es  $p(t)$  es aproximadamente nulo, ya que toma tantos valores positivos como negativos. Por ello el nivel de presión acústica se va a medir a partir de su valor eficaz definido entre dos instantes de tiempo  $t_1$  y  $t_2$  de la siguiente manera:

$$p_{ef}^2 = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_n(t))^2 dt$$

Cuando los sonidos que se superponen son de frecuencias distintas, y proceden de fuentes incoherentes, las integrales de los productos  $p_i(t) \cdot p_j(t)$  son nulas. En ese caso, el cuadrado de la presión acústica eficaz es la suma de los cuadrados de las presiones acústicas eficaces producidas por cada una de las fuentes:

$$p_{ef}^2 = p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{nef}^2$$

En este caso, se dice que la composición de los sonidos se hace de **manera energética**, y la intensidad acústica resultante en un punto se puede escribir como la suma de las intensidades de cada una de las fuentes incoherentes en ese punto:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Hay situaciones en las que los sonidos no son incoherentes y la composición de ellos no puede hacerse de forma energética. Por ejemplo, la interferencia de un ruido directo y su reflejado en un obstáculo, tal es el caso de la propagación del sonido al aire libre al tener en cuenta el efecto del suelo.

Por tanto, el nivel de presión acústica resultante es:

$$L_p = 10 \log \left[ \frac{p_{ef}}{p_0} \right]^2 = 10 \log \frac{p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{nef}^2}{p_0^2} = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n \frac{p_{i,ef}^2}{p_0^2} \right]$$

Teniendo en cuenta el nivel de presión acústica para una fuente  $i$ , podemos escribir:

$$L_{p,i} = 10 \log \left[ \frac{p_{i,ef}}{p_0} \right]^2 \Rightarrow \left[ \frac{p_{i,ef}}{p_0} \right]^2 = 10^{0,1L_{p,i}}$$

Sustituyendo el nivel de presión sonora debido a todas las fuentes es:

$$L_p = L_1 \oplus L_2 \oplus \dots \oplus L_n = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{p,i}} \right]$$

### 3.4. ANÁLISIS ESPECTRAL DEL SONIDO

Generalmente el sonido tiene una estructura compleja e incluye gran parte de las frecuencias del rango audible. El análisis espectral del sonido consiste en la determinación la presión sonora, en función de la frecuencia. El comportamiento acústico de los materiales depende del espectro de sonido que incide

sobre ellos. La medida de estos parámetros se realiza mediante analizadores espectrales o sonómetros que miden dichas magnitudes para intervalos de frecuencias predeterminados llamados **bandas de frecuencias**. Cuando dos sonidos tienen como frecuencias respectivas  $f_1$  y  $f_2$  se dicen que están separados por el intervalo  $\frac{f_2}{f_1}$  y que definen un banda de frecuencias de anchura  $f_2 - f_1$  siendo  $f_2$  la mayor de las dos frecuencias. En Acústica arquitectónica se da el valor de la presión sonora para un conjunto de bandas normalizadas cuyo ancho de banda es proporcional (anchuras cada vez más grandes y proporcionales entre sí). Las más utilizadas son las bandas de ancho de octava o bandas de octava y a las bandas de tercio de octava.

**a) BANDAS DE OCTAVA:**

Entre las frecuencias superior e inferior que limita la banda de frecuencias existe la relación

$$\frac{f_2}{f_1} = 2. \text{ Cada banda se denomina por el valor de su frecuencia central } f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2} = f_1 \sqrt{2} \text{ y}$$

$\Delta f = 0.7 f_c$  Un criterio habitual en Acústica está basado en tomar la frecuencia de 1000 Hz como patrón de frecuencias, de manera que la expresión para ir generando la frecuencia central de cada intervalo sería:

$$f_{C2} = 2 \cdot f_{C1} = 2 \cdot 1000 \text{ Hz}$$

$$f_{C3} = 2(2 \cdot f_{C1}) = 2^2 \cdot 1000 \text{ Hz}$$

$$f_{C4} = 2f_{C3} = 2(2(2 \cdot f_{C1})) = 2^3 \cdot 1000 \text{ Hz}$$

y en general  $f_c = 1000 \cdot 2^n$  con  $-6 \leq n \leq 4$ . En la tabla siguiente se dan los parámetros de estas bandas de octava:

$n$	$f_c$ (Hz)	$f_1$ (Hz)	$f_2$ (Hz)	$f_2 - f_1$ (Hz)
-6	15.6	11	22	11
-5	31.5	22.3	44.6	22.3
-4	63	44.5	89	44.5
-3	125	88.4	176.8	88.4
-2	250	176.8	353.6	176.8
-1	500	353.6	707.1	353.5
0	1000	707.1	1414.2	707.1
1	2000	1414.2	2828.5	1414.3
2	4000	2828.6	5656.9	2828.3
3	8000	5656.9	11313.8	5656.9
4	16000	11313.8	22627.6	11313.8

En las Acústica de la edificación las frecuencias centrales preferentes en bandas de octava son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.



**b) BANDAS DE TERCIOS DE OCTAVA:**

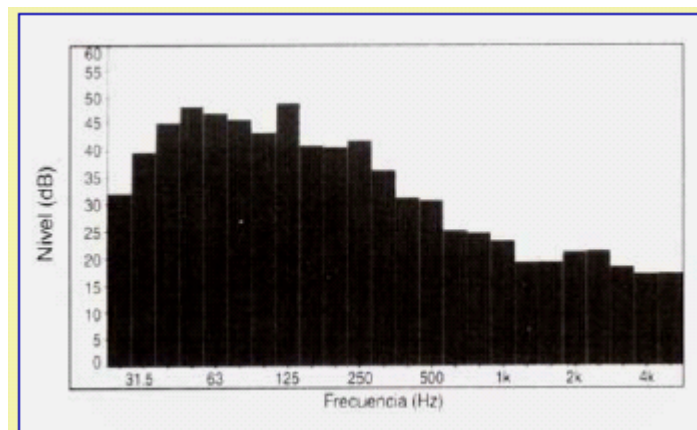
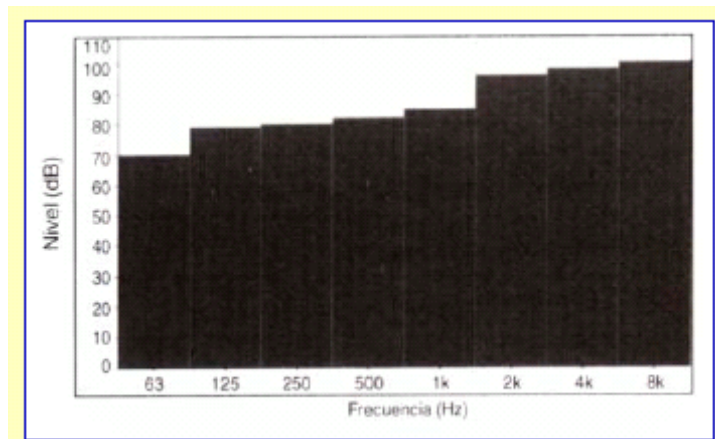
Corresponden a los tres intervalos en que se puede dividir una octava:

$$f_2 = f_1 \sqrt[3]{2} = 1.26f_1 \quad f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad \Delta f = 0.23f_c$$

Los tercios de octava se denominan igualmente por el valor de su frecuencia central. Las frecuencias centrales de las bandas de tercios de octava en el intervalo audible son 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000 y 10000 Hz. En Acústica de la edificación las frecuencias centrales preferentes en tercios de octava son 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 y 5000 Hz.

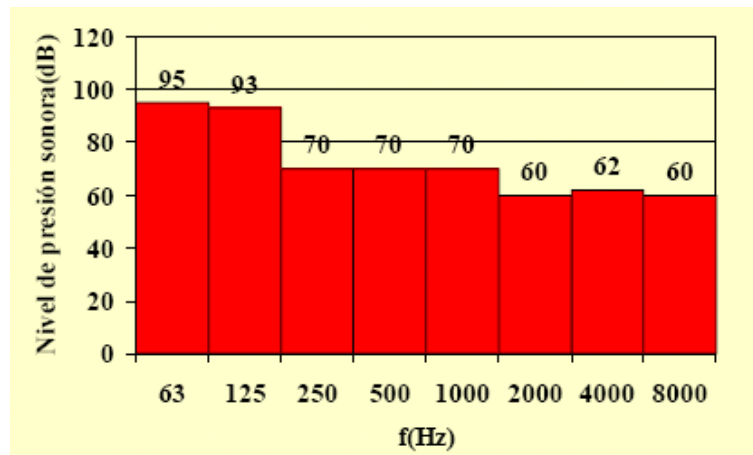
La medida de un sonido por bandas conduce a los niveles de presión o intensidad acústica ya descritos, pero limitando el valor de la banda correspondiente a dB/octava o dB/(tercio de octava). El análisis en tercios de octava proporciona resultados más precisos que en octavas. Incluso para mayor precisión determinados aparatos de medida permiten analizar la señal en bandas de  $\frac{1}{12}$  y  $\frac{1}{24}$  de octava.

Dentro de cada octava o cada tercio de octava la presión sonora se considera que es la misma:



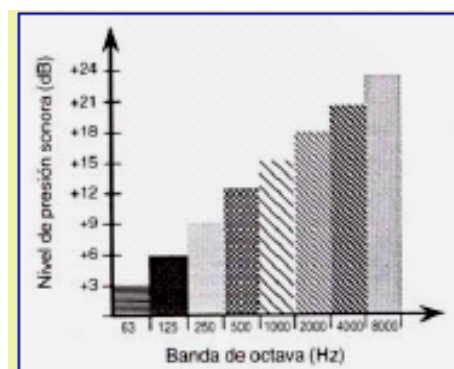
Se denomina **nivel global** a la suma de los niveles en bandas de octava o tercios de octava que componen el sonido según la expresión:  $L_{GLOBAL} = L_1 \oplus L_2 \oplus \dots \oplus L_n = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{p,i}} \right]$ .

$$L_{GLOBAL} = 10 \log \left( 10^{\frac{95}{10}} + 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{60}{10}} + 10^{\frac{62}{10}} + 10^{\frac{60}{10}} \right) \cong 10 \log \left( 10^{\frac{95}{10}} + 10^{\frac{93}{10}} \right) = 97 \text{ dB}$$

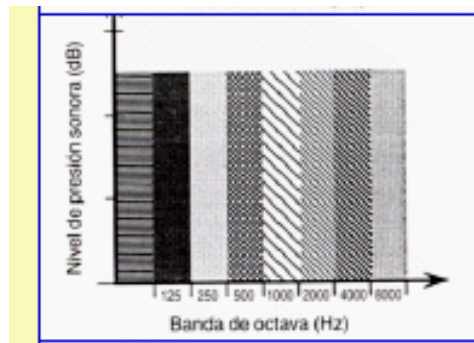


Tomando también como referencia el análisis espectral, se definen dos tipos de ruidos muy usuales el **ruido blanco** y el **ruido rosa**.

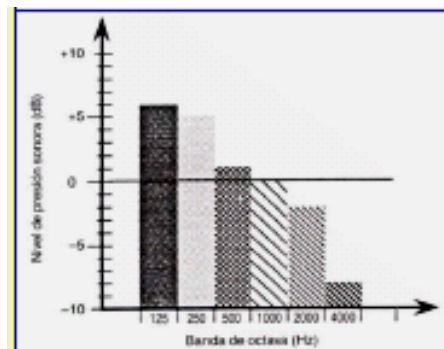
**Ruido blanco:** se denomina así a un ruido de espectro continuo, es decir, que contiene todas las frecuencias del espectro y con el mismo nivel (por ejemplo, nivel de presión acústica). En una representación gráfica del nivel en función de la frecuencia, su representación será una recta paralela al eje de abscisas. Sin embargo, si lo representamos en bandas de octava, su recta será una recta ascendente de pendiente 3dB/octava ya que en cada banda hay el doble de frecuencias del anterior ( $10 \log 2 = 3$ ).



**Ruido rosa:** se denomina así a un ruido de espectro continuo, cuyo nivel por bandas de octava es constante. En una representación gráfica en función de la frecuencia dB/Hz la gráfica es una recta descendente de pendiente 3 dB/octava pues cada banda tiene la mitad de frecuencias que la siguiente ( $10 \log \frac{1}{2} = -3$ ).



**Ruido de tráfico:** su presión sonora es más importante en las frecuencias graves que en las agudas.

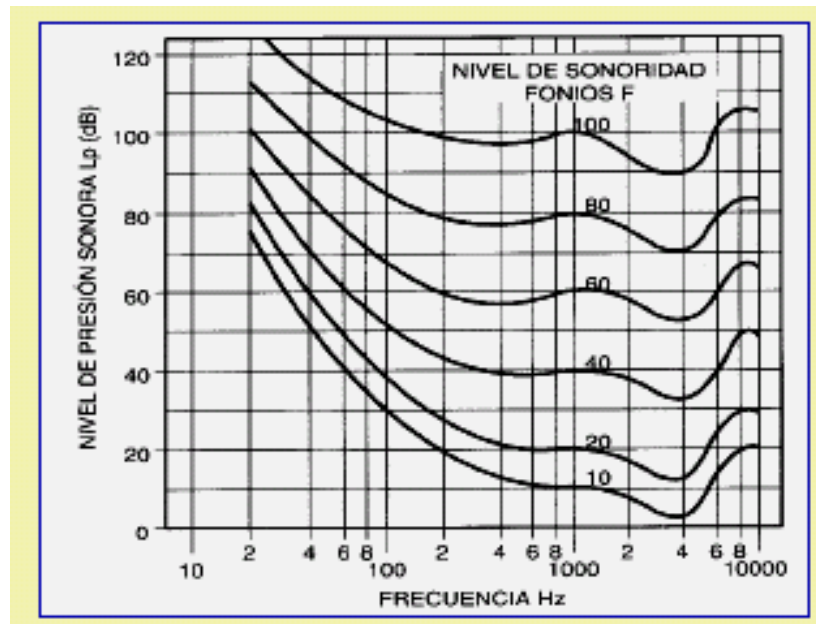


### 3.5. REDES DE PONDERACIÓN

La psicoacústica estudia la relación entre los estímulos provocados por las ondas sonoras y la interpretación que de ellos hace el cerebro. Los primeros trabajos en este campo de la Acústica fueron realizados por Fechnery Weber alrededor de 1860. El funcionamiento mecánico del oído se conoce bastante bien, sin embargo la percepción del sonido implica un complicado proceso neurológico de información que aún no se conoce perfectamente.

La **sonoridad o intensidad subjetiva** se define como la propiedad de los sonidos que produce en el oyente una sensación que permite ordenar de forma subjetiva su valor sobre una escala de débiles a fuertes. La sensibilidad del oído depende de la frecuencia, por ejemplo, mientras que un sonido de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz. Hasta ahora hemos visto que para medir la magnitud del sonido se usa el nivel de presión sonora. Este nivel es totalmente físico y no incorpora aspectos fisiológicos con la diferente sensibilidad del oído a distintas frecuencias, es decir, no tiene en cuenta la sonoridad del sonido. Para que la medida realizada sea representativa de la sonoridad asociada a un sonido cualquiera, los sistemas de medida llevan incorporada lo que se denomina **red de ponderación**.

La siguiente gráfica muestra las curvas de igual sonoridad, muestran la relación que debe existir entre las frecuencias e intensidades (o presión sonora) de dos sonidos senoidales para ser percibidos igual de fuertes, es decir, con la misma sonoridad:



El nivel de sonoridad se mide en *fonios* y las líneas de igual nivel de sonoridad reciben el nombre de *líneas isofónicas*. La dependencia en frecuencia que muestran las líneas isofónicas estaría dada principalmente por las características de transferencia del oído externo y el medio. También debe notarse que a medida que aumenta el nivel de presión sonora las curvas se hacen más planas, es decir, la dependencia de la frecuencia es menor a medida que aumenta el nivel de presión sonora.

#### Ejemplos:

- 1) Un sonido de 20 Hz con 75 dB tiene la misma sonoridad que otro de 1kHz y 10 dB. Sonoridad: 10 fonios.
- 2) Un sonido de 1 kHz con 60 dB tiene la misma sonoridad que otro de 52 dB a 4 KHz y otro de 68 db a 100 Hz. Sonoridad: 60 fonios.

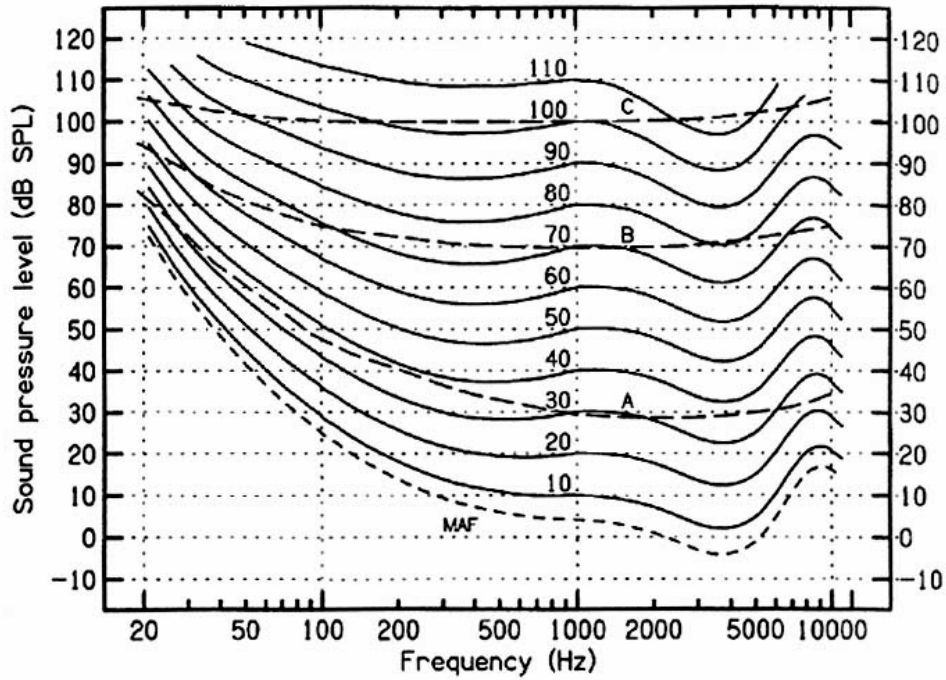
Las conclusiones más importantes que se pueden extraer de estos gráficos son las siguientes:

- a) El oído humano es mucho más sensible a medias y altas frecuencias que a bajas frecuencias
- b) A niveles bajos de presión, el oído es muy sensible a las bajas frecuencias
- c) A niveles altos de presión, el oído tiene a responder de una manera más homogénea en todo el rango de frecuencias

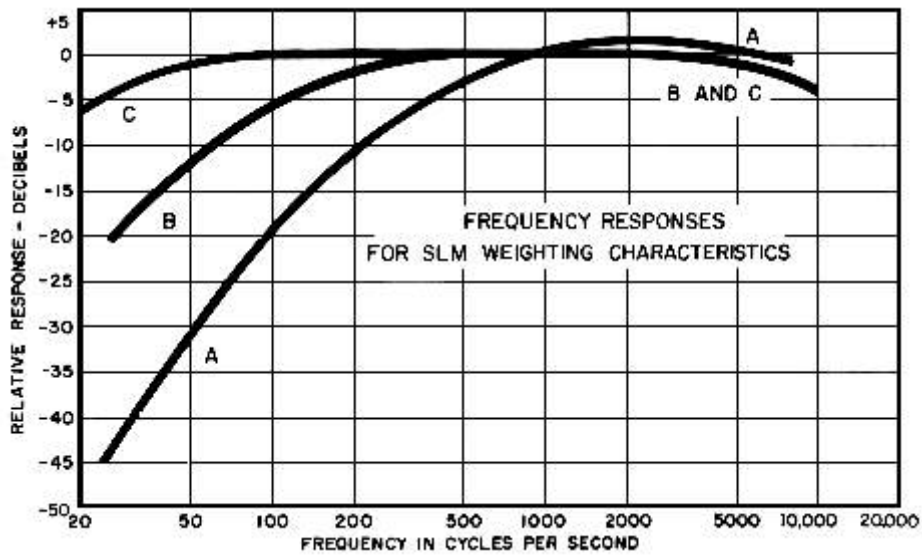
Estas curvas fueron utilizadas para diseñar medidores de nivel de presión (sonómetros) que respondan a las características de nuestro sistema auditivo, es decir, para indicar tanto la molestia como la peligrosidad para el órgano de audición. Una **red de ponderación** es un sistema de corrección de los niveles de presión sonora por frecuencias mediante unos factores de compensación fijos en decibelios a semejanza de lo que hace el oído humano

Para ello se introducen una serie de filtros electrónicos (redes de ponderación) similares a la curva de respuesta de nuestro sistema auditivo. Se usan los filtros de ponderación con curvas A, B y C

que dan lugar a las escalas de decibelios dBA, dBB y dBC. Un sonómetro altera un nivel determinado de presión sonora de entrada dependiendo de su frecuencia y de la ponderación de frecuencia seleccionada.



Las inversas de aproximadamente las líneas isofónicas marcadas como A, B y C son las llamadas redes de ponderación:



En la figura se puede observar que la curva A está basada de manera general en la curva de nivel de sonoridad de 30 fonios, la curva B en la de 70 fonios y la curva C a la de 100 fonios. Esto indica que el tipo de curva a usar en una medición debe depender del nivel de presión del sonido mismo que se pretende medir. Muchos años de estudio y experiencia práctica han demostrado que los niveles sonoros con ponderación A ofrecen una correlación adecuada con varias respuestas humanas para distintos tipos de fuentes de ruido.



La respuesta relativa con ponderación de frecuencia A decrece a frecuencias por debajo de 1000 Hz, de manera que las frecuencias medias y altas reciben mayor énfasis (son menos ponderadas). La característica de la ponderación A es que tiene en cuenta la sensibilidad reducida de la audición humana normal para frecuencias bajas, comparada con la respuesta frente a frecuencias altas.

Frecuencia central, Hz	Corrección, dB		
	A	B	C
25	-44	-20,4	-4,4
31,5	-39,4	-17,1	-3,0
40	-34,6	-14,2	-2,0
50	-30,2	-11,6	-1,3
63	-26,2	-9,3	-0,8
80	-22,5	-7,4	-0,5
100	-19,1	-5,6	-0,3
125	-16,1	-4,2	-0,2
160	-13,4	-3,0	-0,1
200	-10,9	-2,0	0
250	-8,6	-1,3	0
315	-6,6	-0,8	0
400	-4,8	-0,5	0
500	-3,2	-0,3	0
630	-1,9	-0,1	0
800	-0,8	0	0
1000	0	0	0
1250	+0,6	0	0
1600	+1,0	0	-0,1
2000	+1,2	-0,1	-0,2
2500	+1,3	-0,2	-0,3
3150	+1,2	-0,4	-0,5
4000	+1,0	-0,7	-0,8
5000	+0,5	-1,2	-1,3
6000	-0,1	-1,9	-2,0
8000	-1,1	-2,9	-3,0
10000	-2,5	-4,3	-4,4
12500	-4,3	-6,1	-6,2
16000	-6,6	-8,4	-8,5
20000	-9,3	-11,1	-11,2

Respuestas normalizadas A, B y C de filtros de frecuencias

**Procedimiento para el cálculo de niveles globales ponderados A:** En cada banda de frecuencia se aplica la corrección correspondiente a la red de ponderación A y se componen los resultados obtenidos en todas las bandas, según la expresión ya deducida anteriormente para la superposición de sonidos de distintas frecuencias:

$$L_{pA} = 10 \log \left[ \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{p,i} + A_i)} \right]$$

