

CONCEPTOS FÍSICOS DE LAS ONDAS SONORAS

Pablo Laforga Fernández.

Director-consultor de Ahuza Medio Ambiente S.L.

El estudio del sonido debe tener presente tanto la onda sonora (causa) como la sensación percibida (efecto). El comportamiento de la sensación sonora aconseja representar las propiedades físicas del sonido mediante la escala de nivel de una magnitud física.

El ruido, sonido indeseado, perjudica la salud física y psíquica; su solución exige actuar en distintos campos: legislación, control de los focos ruidosos, sensibilización ciudadana, acústica de los edificios, etc.

El sonido es una sensación producida en el oído por determinadas oscilaciones de la presión exterior. La sucesión de compresiones y enrarecimientos que provoca la onda acústica al desplazarse por el medio hace que la presión existente fluctúe en torno a su valor de equilibrio; estas variaciones de presión actúan sobre la membrana del oído y provocan en el tímpano vibraciones forzadas de idéntica frecuencia, originando la sensación de sonido. Un oído humano normal sólo puede convertir en sensación sonora variaciones de presión que oscilen con una frecuencia entre 16 y 20.000 Hz y cuya amplitud supere el denominado umbral de audición y no exceda el de sensación de dolor (los valores-umbral dependen de la frecuencia y, a su vez, el rango de frecuencias audibles depende de la amplitud de la variación de presión).

Para caracterizar físicamente el ruido se utiliza la presión acústica instantánea o diferencia entre la presión instantánea en un punto y la presión constante de equilibrio; la intensidad acústica o energía por unidad de tiempo que atraviesa la unidad de superficie normal a la dirección de propagación; y la potencia acústica de una fuente sonora o energía por unidad de tiempo emita por la fuente en todas direcciones. El valor medio de la presión acústica es aproximadamente nulo, por lo que es más conveniente utilizar otra magnitud, la presión acústica eficaz o raíz cuadrada del promedio temporal del cuadrado de la presión acústica instantánea, que está relacionada con la energía que transporta la onda.

La percepción subjetiva del sonido viene caracterizada por tres cualidades: la intensidad, el tono y el timbre. La intensidad distingue entre sonidos altos y bajos y está relacionada con la intensidad acústica o con la presión acústica eficaz. El tono o altura, diferencia los sonidos agudos de los graves y equivale a la frecuencia del sonido (cuanto más agudo es un sonido mayor es su frecuencia).

Los sonidos monotonales (un solo tono) están compuestos, en general, por un sonido principal que determina el tono (frecuencia fundamental) y por otros secundarios con frecuencia igual a un múltiplo entero de la fundamental (armónicos). La contribución relativa de cada armónico determina la calidad tonal del sonido o timbre del sonido.

Aparecen, pues, dos conceptos esencialmente distintos aunque íntimamente relacionados: por un lado, la onda sonora o ente físico capaz de producir la sensación de sonido; y por el otro, la sonoridad o sensación subjetiva producida por ciertas variaciones de presión en el oído.

El oído es muy sensible, responde a variaciones de presión extremadamente débiles (el umbral de dolor o sonido audible más alto representa solamente la diezmilésima parte de la presión atmosférica); a variaciones, además, que oscilan en un amplio rango de valores (el umbral de audición o sonido audible más bajo representa únicamente la millonésima parte del umbral de dolor). Sin embargo, no aprecia correctamente la intensidad de un sonido, el oído es incapaz de medir la intensidad acústica de dos sonidos de distinto tono, el sonido que oye más alto no tiene por qué ser el de mayor intensidad acústica; sólo es capaz de comparar con cierta precisión la intensidad de sonidos de la misma frecuencia.

El oído no responde de modo proporcional a los cambios en la intensidad acústica del sonido; si la intensidad del sonido se duplica, la sensación sonora no se multiplica por dos, no se oye el doble de alto. A diferencia de esto, la respuesta del oído tiene aproximadamente un comportamiento logarítmico, cuando la excitación física crece en progresión geométrica (multiplicando), la sensación subjetiva lo hace en progresión aritmética (sumando).

El comportamiento de la sensación sonora o sonoridad y el amplio rango de amplitudes que el oído humano percibe hacen aconsejable no representar los sonidos directamente con las magnitudes físicas indicadas, sino con los logaritmos de esas magnitudes o niveles de esas magnitudes: nivel de presión acústica, nivel de intensidad acústica, nivel de potencia acústica – la escala de nivel o escala logarítmica se asemeja más al comportamiento del oído, cuando multiplicamos dos valores de una magnitud física (crecimiento geométrico), los correspondientes niveles se suman (crecimiento aritmético)-. La unidad de medida en la escala de nivel es el decibelio.

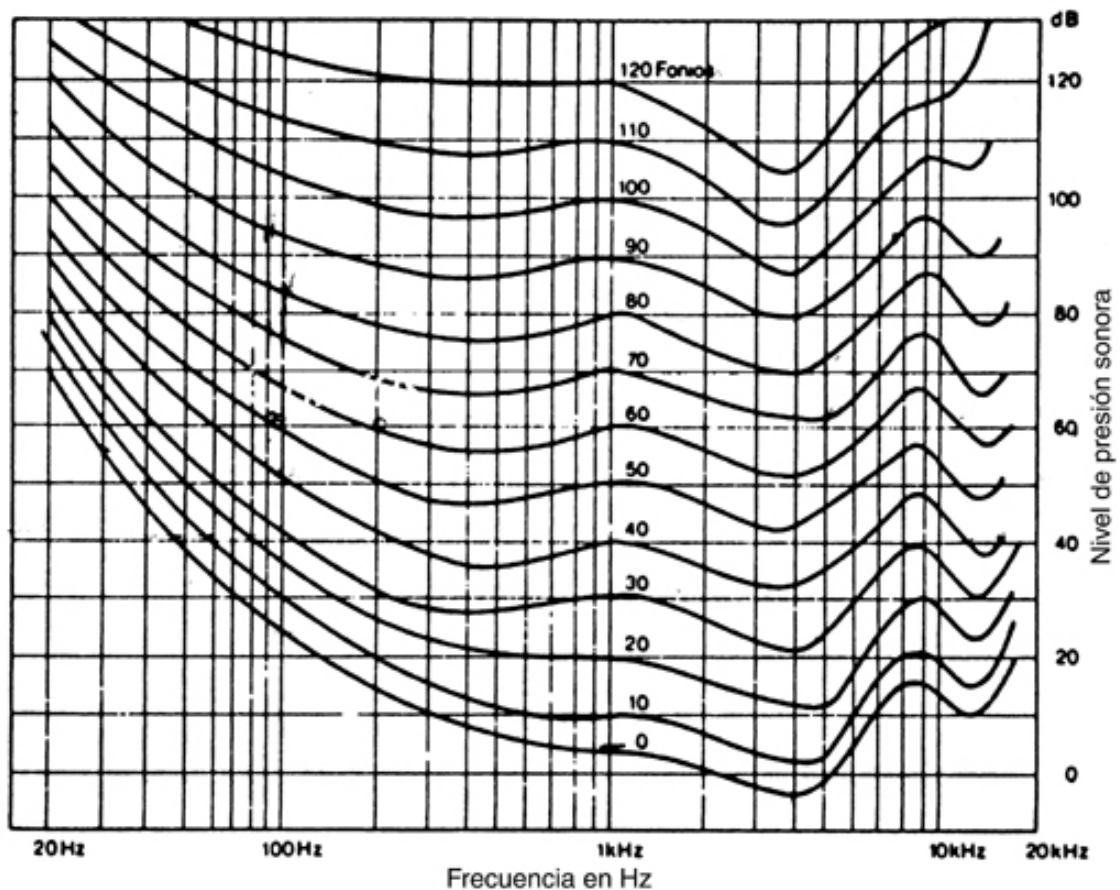
En general, los sonidos están formados por unión de componentes de distinta frecuencia, dependiendo su sonoridad de las contribuciones relativas de cada componente, es decir, de las frecuencias presentes y de las intensidades correspondientes. Físicamente, se representan mediante una curva cuyos puntos dan la intensidad en función de la frecuencia (espectro de frecuencia de un sonido).

La sonoridad es una característica subjetiva que no se puede apreciar con un equipo de medida. Estudios realizados sobre un gran número de oyentes normales ha permitido tabular un conjunto de curvas de igual sonoridad (curvas isofónicas) que indican, para cada nivel de sonoridad, el nivel sonoro de los distintos tonos puros que producen la misma sensación sonora (se comprueba que la corrección de nivel entre dos frecuencias distintas para que ofrezcan la misma sonoridad depende del valor de la sonoridad). Gracias a las curvas isofónicas puede establecerse, para una frecuencia dada, una relación entre el nivel sonoro objetivo y el nivel de sonoridad que transforman el espectro de frecuencias para niveles sonoros en un espectro de frecuencias en niveles de sonoridad, el cual indica directamente qué frecuencias del sonido complejo se oyen más. El nivel de sonoridad se mide en fonios: un sonido tiene un nivel de sonoridad de n fonios si, a juicio de un oyente normal, es igualmente intenso que un tono puro de 1 KHz cuyo nivel de presión sonora sea n decibelios.

LOS DECIBELIOS

Sin embargo, en vez de utilizar todas las curvas isofónicas, se ha dividido el rango de valores posibles del nivel de sonoridad en tres tramos y se ha asignado un conjunto de valores para cada uno, a modo de curva de ponderación, que corrigen el nivel sonoro de cada sonido a fin de que exprese la sonoridad o sensación sonora producida. Así, se definen la curva de ponderación A (para niveles de sonoridad de menos de 55 fonios), la B (entre 55 y 80 fonios), la C (más de 80 fonios) y que junto a la curva de ponderación D, para ruido de aviones, determinan, respectivamente, los decibelios con ponderación A, los B, los C y los D – dB (A), dB (B), dB (C) y dB (D), respectivamente -.

Para ciertos menesteres, el espectro de frecuencia resulta excesivamente complejo, no acorde con los objetivos (por ejemplo, limitar legalmente las emisiones sonoras), y para los que sería más conveniente disponer de un único número que caracterizara, al menos parcialmente, el sonido en cuestión. La composición de niveles, técnica aplicable en general a los ruidos, permite asociar un número a un conjunto de sonidos (nivel global). La operativa consiste, esencialmente, en sumar los valores que la magnitud física correspondiente tome para cada sonido a componer y calcular, a continuación, el nivel de esa suma. Así, la composición de dos focos del mismo nivel sonoro equivale a aumentar el nivel de uno de ellos únicamente en 3 dB.



La propagación de un sonido en fluidos o su transmisión a través de sólidos no es uniforme para todas las frecuencias, mientras algunas frecuencias se transmiten fácilmente otras quedan prácticamente suprimidas. El uso de bandas (octavas, tercios de octava) está a medio camino entre la completa información contenida en un espectro de frecuencias y la escasa de un nivel global. A cada banda, que suele referirse mediante su frecuencia central (tabulada) y que contiene todas las frecuencias existentes entre un límite inferior y uno superior, se le asigna el nivel resultante de componer todos los sonidos presentes cuya frecuencia pertenezca a esa banda.

ACCIONES CONTRA EL RUIDO

El sonido indeseado se denomina ruido. El ruido incide negativamente en la salud: pérdida de la capacidad auditiva, alteración de los ritmos cardíaco y respiratorio; estrés, inquietud, mal humor, etc. Un ruido de “sólo” 40 dB impide descansar adecuadamente. La contaminación sonora empieza a reconocerse igual de potencialmente peligrosa que la contaminación atmosférica. El problema del ruido debe acometerse simultáneamente en todos los frentes: mejora de las disposiciones legales, control más eficaz de las emisiones, concienciación y colaboración ciudadana, aumento del aislamiento acústico de los edificios, etc.

Los sistemas de tratamiento acústico pueden actuar en la emisión, en la transmisión y en la recepción. El tratamiento en la emisión consiste sencillamente en reducir el nivel de emisión y sus resultados inciden positivamente en todos los afectados. Los sistemas de tratamiento en la recepción actúan directamente sobre los afectados, individual o conjuntamente, evitando que los receptores oigan niveles indeseados de ruido (protectores auditivos, cabinas insonorizadas). Por último, los sistemas en la transmisión consisten esencialmente en interponer obstáculos que dificulten y limiten la propagación del sonido del emisor al receptor. Sin entrar en detalles, la eficacia de un sistema de tratamiento acústico se representa mediante su aislamiento acústico, el cual expresa la reducción que sufre el nivel de intensidad de un ruido debido al sistema acústico: un sistema que ofrece un aislamiento acústico al ruido aéreo de 20 dB reduce la intensidad acústica, pero de 20 dB en cuanto a la molestia asociada, ¡muy débil aislamiento!

Por último, recordemos que la potencia acústica de la mayor parte de los focos sonoros es extraordinariamente débil: 6 millones de personas, hablando simultáneamente, emiten una potencia apenas suficiente para encender una bombilla eléctrica de 60 W. Sin embargo, los efectos del ruido pueden ser muy perjudiciales para la salud y los son siempre para la calidad de vida.