

LA NATURALEZA DEL SONIDO

[Federico Miyara](#)

Ondas Sonoras

El sonido es el resultado de una perturbación que se propaga en un medio elástico. Por ejemplo cuando en alguna región del aire se produce una perturbación de presión, por ejemplo en la forma de una compresión, dicha región tiende a expandirse hacia las regiones vecinas. Esto produce a su vez una compresión en dichas regiones, que volverán a expandirse creando una compresión más lejos todavía. Este proceso se desarrolla en forma continua haciendo que la perturbación original se propague a través del aire alcanzando en algún momento la posición que ocupa algún receptor (por ejemplo un micrófono o un oído). El exceso de presión característico de la perturbación descrita se denomina **presión sonora**.

Este tipo de movimiento en el cual no es el medio en si mismo sino alguna perturbación lo que se desplaza se denomina **onda**. Existen muchos otros tipos de ondas, tales como las ondas de radio, la luz, la radiación del calor, las ondas sobre la superficie de un lago, los tsunamis, los movimientos sísmicos, etc. Cuando la onda tiene lugar en un medio líquido o gaseoso se denomina **onda acústica**. Cuando resulta audible, se llama **onda sonora**.

Una cuestión importante relativa a las ondas es que en las mismas hay algunas características o cualidades que se mantienen prácticamente constantes a lo largo del camino de propagación de las mismas. Entre estas características se encuentra la forma de onda y la energía total (siempre y cuando el medio sea no disipativo).

Las ondas acústicas viajan habitualmente a velocidad constante, que depende del medio y de las condiciones ambientales tales como la temperatura. A temperatura ambiente la velocidad del sonido en el aire es

$$c = 345 \text{ m/s} .$$

Esto significa que para recorrer una distancia de 345 m el sonido demora 1 s. En el agua el sonido viaja más de 4 veces más rápido que en el aire. Cuando hay gradientes de temperatura (variaciones de temperatura entre dos zonas), tal como sucede entre puntos distantes algunos cientos de metros, o que se encuentran a diferentes alturas, el camino que sigue el sonido es curvilíneo en lugar de recto. Esta es la razón por la cual nuestra percepción se confunde al intentar determinar auditivamente por dónde está pasando un avión.

Ondas periódicas

Introdujimos el concepto de propagación de las ondas mediante una única perturbación en un medio. En realidad, la mayoría de las ondas son el resultado de muchas perturbaciones sucesivas del medio, y no sólo una. Cuando dichas perturbaciones se producen a intervalos regulares y son todas de la misma forma, estamos en presencia de una **onda periódica**, y el número de perturbaciones por segundo se denomina **frecuencia** de la onda. Se expresa en **Hertz (Hz)**, es decir ciclos por segundo (un ciclo es todo lo que sucede durante una perturbación completa). En el caso de las ondas sonoras la frecuencia está entre 20 Hz y 20000 Hz. Las ondas acústicas de menos de 20 Hz se denominan **infrasonidos**, y los de más de 20000 Hz se llaman **ultrasonidos**. Por lo general, ni unos ni otros son audibles por el ser humano. Algunos animales (por ejemplo el perro) pueden escuchar sonidos de muy baja frecuencia, tales como los creados por las ondas sísmicas durante un terremoto. Por esta

razón los animales se muestran inquietos en los instantes previos a los terremotos: pueden escuchar la señal de advertencia que resulta inaudible para el ser humano. En forma similar, algunos animales escuchan ultrasonidos. El murciélago es un caso notable, ya que escucha sonidos de más de 100000 Hz, que le permite orientarse por medio de señales acústicas según el principio del **sonar** (semejante al conocido radar).

Ondas aperiódicas

Aun cuando muchos sonidos son aproximadamente periódicos, como los sonidos producidos por los instrumentos musicales de altura determinada (guitarra, flauta, piano), la vasta mayoría de los sonidos naturales son **aperiódicos**, es decir que las sucesivas perturbaciones no se producen a intervalos regulares y no mantienen constante su forma de onda. Esto es lo que técnicamente se denomina **ruido**. Las ondas aperiódicas en general no producen sensación de altura. Algunos ejemplos son el ruido urbano, las consonantes, el ruido del mar y del mar, y el sonido de muchos instrumentos de percusión tales como los tambores o los platillos.

Espectro

El concepto de **espectro** es de importancia capital en Acústica. Cuando introducimos el concepto de frecuencia, dijimos que las ondas periódicas tienen asociada una frecuencia. Sin embargo, esto es sólo parte de la verdad, ya que por lo general dichas ondas contienen varias frecuencias a la vez. Esto se debe a un notable teorema matemático denominado Teorema de Fourier (en honor a su descubridor, el matemático francés Fourier), que afirma que cualquier forma de onda periódica puede descomponerse en una serie de ondas de una forma particular denominada **onda senoidal** (o **senoide**, o **sinusoide**), cada una de las cuales tiene una frecuencia que es múltiplo de la frecuencia de la onda original (**frecuencia fundamental**). Así, cuando escuchamos un sonido de 100 Hz, realmente estamos escuchando ondas senoidales de frecuencias 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, etc. Estas ondas senoidales se denominan **armónicos** del sonido original, y en muchos instrumentos musicales (como la guitarra) son claramente audibles.

¿Qué sucede con un sonido original cuya forma de onda ya es senoidal? Cuando uno intenta aplicar el teorema de Fourier a una senoide, el resultado es que tiene *un solo armónico*, de la misma frecuencia que la senoide original, por supuesto. (Nótese que el Teorema de Fourier no dice que *todas* las formas de ondas deban tener *varios* armónicos, sino más bien que cualquier forma de onda puede obtenerse por superposición de cierta cantidad de senoides, cantidad que puede reducirse a una sola, que es lo que ocurre con las ondas senoidales.) El hecho de que cada onda senoidal tiene una única frecuencia ha llevado a llamar también **tonos puros** a las ondas senoidales.

La descripción de las ondas senoidales que componen un sonido dado se denomina espectro del **sonido**. El espectro es importante debido a varias razones. Primero porque permite una descripción de las ondas sonoras que está íntimamente vinculada con el efecto de diferentes dispositivos y modificadores físicos del sonido. En otras palabras, si se conoce el espectro de un sonido dado, es posible determinar cómo se verá afectado por las propiedades absorbentes de una alfombra, por ejemplo. No puede decirse lo mismo en el caso en que se conozca sólo la forma de onda.

En segundo lugar, el espectro es importante porque la percepción auditiva del sonido es de naturaleza predominantemente espectral. En efecto, antes de llevar a cabo ningún otro procesamiento de la señal acústica, el oído descompone el sonido recibido en sus componentes frecuenciales, es decir en las ondas senoidales que, según el teorema de Fourier, conforman ese sonido. Por ese motivo, con algo de práctica es posible por ejemplo reconocer las notas de un acorde.

¿Qué puede decirse del espectro de los sonidos aperiódicos? El teorema de Fourier puede extenderse al caso de sonidos aperiódicos. Éstos pueden ser tan simples como los sonidos de una campana o tan complejos como el así llamado **ruido blanco** (un ruido similar al que capta una emisora de FM en

ausencia de señal o de portadora). En el primer caso, el espectro es discreto, vale decir un conjunto de frecuencias claramente diferenciadas, aunque no serán ya múltiplos de ninguna frecuencia. Podemos tener, por ejemplo, 100 Hz, 143,3 Hz, 227,1 Hz, 631,02 Hz. En el segundo caso, tenemos ¡todas las frecuencias! Esto es lo que se denomina un espectro **continuo**.

Intensidad sonora

¿Por qué algunos sonidos son más intensos que otros? Hay muchas razones, pero la causa principal es atribuible a la amplitud. La **amplitud** de un sonido es el máximo exceso de presión (o presión sonora) en cada ciclo. En el caso del ruido o de los sonidos aperiódicos, la amplitud puede estar cambiando continuamente. En este caso se acostumbra a obtener algún tipo de promedio. Existen varios enfoques para el análisis de la sonoridad, que pueden hallarse en otro documento que acompaña al presente sobre [Niveles sonoros](#).

[Top](#)

[Otros artículos del mismo autor](#)

[English version](#)

[Home](#)