



EL SONIDO

Física 2.º Bach

Marta Rada Arias y Rodrigo Alcaraz de la Osa



Introducción

El **sonido** es una **perturbación** que se produce por la **variación** de la **presión** de un **medio elástico**. Por eso se dice que el sonido es una **onda de presión**. Se caracteriza por ser una onda:

- Tridimensional.
- Mecánica.
- Longitudinal.

Formación de ondas sonoras

Para explicar cómo se producen las ondas sonoras, consideremos un gas en el interior de un émbolo.

Compresión (condensación)

Al comprimir el émbolo, aumenta la presión de las partículas próximas a él y por tanto la presión del gas en esa zona. Las partículas comprimidas tienden a ocupar regiones de menor presión y así la compresión o condensación se va transmitiendo.

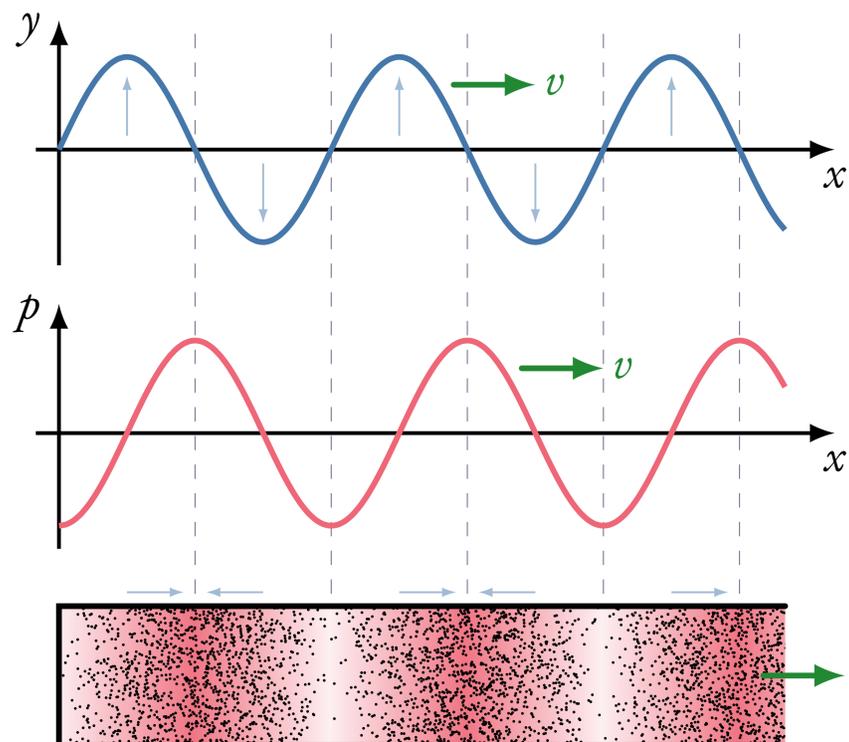
Dilatación (enrarecimiento)

En este caso, la presión disminuye y por tanto también la densidad. Las partículas circundantes a la zona de menor presión tienden a ocuparla, dejando a su vez zonas de menor presión. Así, la dilatación o enrarecimiento se va transmitiendo.

IMPORTANTE: No hay transporte de materia. Los movimientos de las partículas son en torno a sus posiciones de equilibrio.

Si el movimiento del émbolo se realiza de forma continuada y con frecuencia f , se forma la onda de presión que puede representarse mediante la ecuación:

$$p = p_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$



Se observa que el **SONIDO** es una **ONDA LONGITUDINAL**. La onda de presión va desfasada $\pi/2$ respecto a la elongación de las partículas (y), de forma que cuanto menor sea la presión más se moverán las partículas respecto de su posición de equilibrio. Adaptada de https://tikz.net/waves_air/.

Cualidades del sonido

Intensidad

Es la cualidad que permite identificar el sonido como fuerte o débil (volumen). Está relacionada con la amplitud de la onda, de forma que:

- Cuanto mayor sea la amplitud, mayor será la intensidad (sonido más fuerte).
- Cuanto menor sea la amplitud, menor será la intensidad (sonido más débil).

Los seres humanos podemos percibir sonidos con intensidades comprendidas entre 10^{-12} W/m^2 (umbral auditivo) y 1 W/m^2 (umbral del dolor).

Tono

Es la cualidad que permite distinguir los sonidos agudos de los graves. Está relacionada con la frecuencia de la onda, de forma que:

- Cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo será el sonido.
- Cuanto menor sea la frecuencia, más grave será el sonido.

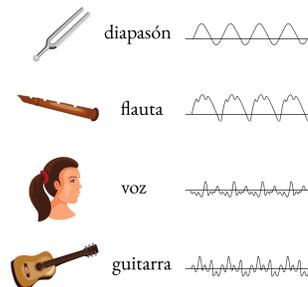
El oído humano percibe sonidos con frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 000 Hz, aunque la percepción también depende de la intensidad. Se denominan:

Infrasonidos Sonidos con frecuencias menores de 20 Hz. Los elefantes y las ballenas los utilizan para comunicarse a grandes distancias.

Ultrasonidos Sonidos con frecuencias mayores de 20 000 Hz. Los murciélagos y los delfines los utilizan para orientarse y cazar. También se utilizan en ecografías y en la litotricia.

Timbre

Es la cualidad que permite distinguir dos sonidos de igual intensidad y tono, producidos por dos fuentes distintas. Está relacionado con la **FORMA** de las **ONDAS SONORAS**.



El diapason permite emitir una nota pura, pero en el resto de instrumentos (incluida nuestra voz), la nota está formada por los armónicos, cada uno de los cuales tiene una intensidad distinta y es lo que caracteriza a cada instrumento. Adaptada de <https://deposi.tphotos.com/vector/education-chart-of-different-sound-timbre-diagram-190054332.html>.

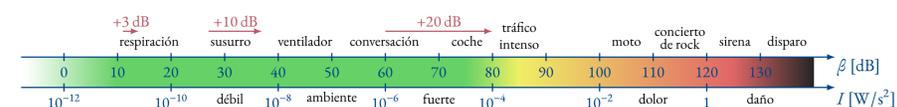
Nivel de intensidad sonora

El sonido que percibe el oído depende tanto de la intensidad de la onda sonora como de su frecuencia. Por eso es necesario definir una nueva magnitud que tenga esto en cuenta. El **nivel de intensidad sonora** S representa la intensidad percibida y se define como:

$$S = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

donde I es la intensidad del sonido que llega hasta nosotros y I_0 es la intensidad umbral (10^{-12} W/m^2 para 1000 Hz). El nivel de intensidad sonora tiene un valor para cada frecuencia y se expresa en **decibelios** (dB), que es una unidad logarítmica, lo que implica que un aumento de 10 dB significa que la intensidad del sonido se multiplica por 10.

IMPORTANTE: Si hay dos o más ondas, se suman las intensidades de cada una de ellas, no los dB.



Escala de decibelios. Traducida y adaptada de https://tikz.net/wave_decibel_scale/.

Fenómenos sonoros

Al igual que el resto de las ondas, uno de los fenómenos que experimenta el sonido es la **reflexión**. Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, parte de la energía se refleja y parte se transmite. El oído humano solo puede distinguir sonidos separados como mínimo 0.1 s. Teniendo esto en cuenta, se diferencia:

Eco

Somos capaces de diferenciar el sonido incidente del reflejado. La distancia del foco/receptor a la superficie de separación es lo suficientemente grande para que el sonido reflejado llegue, al menos, 0.1 s más tarde.

Reverberación

La superficie de separación está próxima al foco/receptor, lo que provoca que el sonido reflejado se superponga al incidente. En este caso los sonidos no pueden ser completamente diferenciados, por lo que se perciben como un único sonido prolongado.

Aplicaciones del sonido

Sónar

Instrumento empleado en navegación, que sirve para localizar el fondo del mar u otros obstáculos (submarinos, ballenas...). Consiste en una fuente de ultrasonidos que, tras chocar contra un obstáculo, se reflejan y vuelven a ser captados por el dispositivo. El tiempo transcurrido desde que se emite el sonido hasta que se capta el reflejado permite determinar la distancia al obstáculo: $d = v(t_{\text{ida}} + t_{\text{vuelta}})/2$, siendo v la velocidad del sonido en el medio.

Ecografía

Puede considerarse la evolución del sónar. El ecógrafo envía ultrasonidos a distintas partes del cuerpo. Estos penetran más o menos y su velocidad es mayor o menor dependiendo del tejido (densidad). Se recoge el eco de los ultrasonidos que se produce cuando chocan contra el órgano en estudio. Esta señal se transforma en una señal eléctrica que a su vez se transforma en una imagen.

Litotricia

Se emplea la energía de los ultrasonidos para destruir cálculos biliares o renales. También se emplea para tratar dolores musculares, limpiar material quirúrgico o de laboratorio e incluso eliminar el sarro dental.

Usos industriales

Se emplean ultrasonidos para determinar irregularidades en los materiales usando una técnica similar a la ecografía. También se utilizan, por ejemplo, para recubrir objetos con películas especiales o para dispersar emulsiones de grasa en agua.

Contaminación acústica

En relación a la **acústica**, multitud de organismos internacionales así como centros de investigación especializados recomiendan que el sonido ambiente no supere los 65 dB. Se han llevado a cabo multitud de estudios que demuestran que exposiciones de más o menos larga duración a niveles superiores a estos valores pueden acarrear problemas físicos y psíquicos en los seres vivos. El problema de la **contaminación acústica** tiene su máxima expresión en los **núcleos urbanos** (combinación de tráfico, obras, actividades comerciales y de ocio, etc.).

Medidas contra la contaminación acústica

Activas Actúan directamente en el foco emisor. **EJEMPLOS:** silenciadores en los vehículos, prohibición de tráfico rodado, limitación de horarios de actividades ruidosas, etc.

Pasivas Tratan de amortizar el sonido en su propagación y su impacto en la audición. **EJEMPLOS:** auriculares antiruido, insonorización de locales y viviendas, pantallas acústicas, etc.

En muchas ocasiones es necesario emplear simultáneamente ambos tipos de medidas.