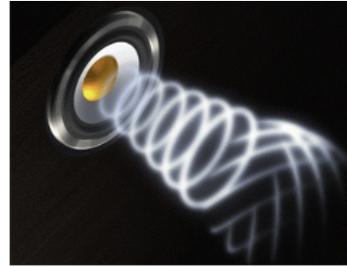
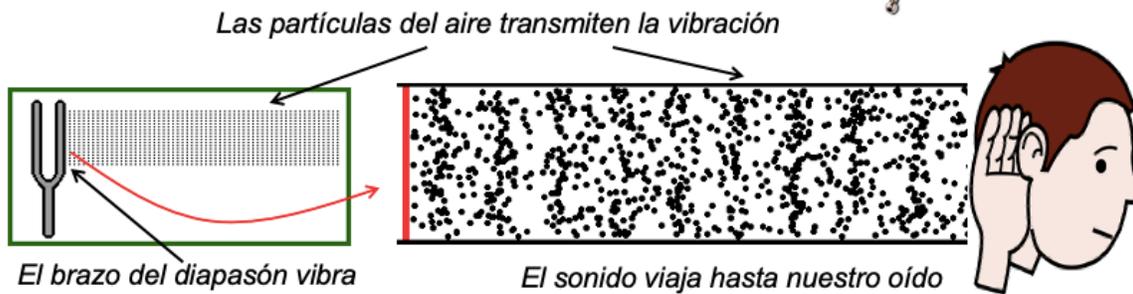


El sonido

Es una onda producida por un objeto material que vibra, puede propagarse por un medio (sólido, líquido o gaseoso) cuyas partículas tienen la capacidad de vibrar (medio elástico). Es una onda mecánica y longitudinal.

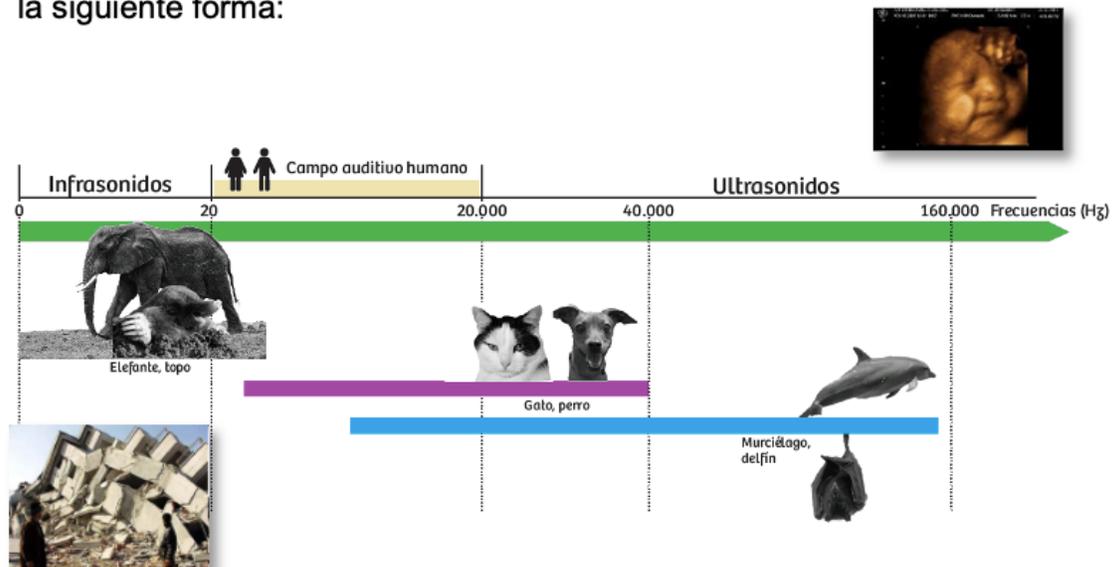


Ejemplo: ¿cómo genera el sonido un diapasón?

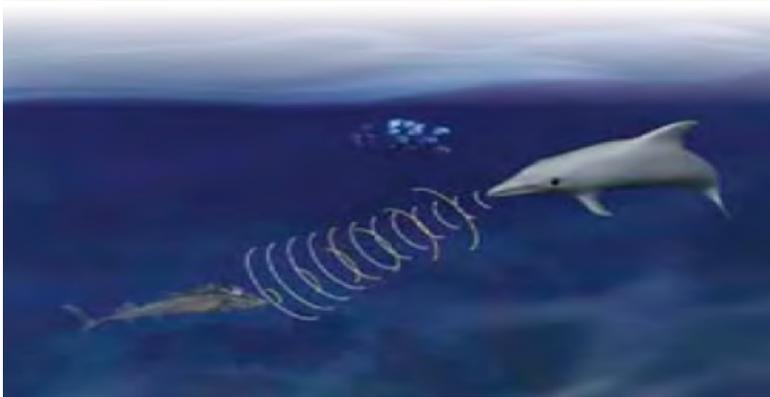


Espectro sonoro

Los sonidos pueden ser clasificados según su frecuencia de emisión de la siguiente forma:



El **ultrasonido** corresponde a ondas sonoras por sobre los 20 000 Hz. Estas son percibidas y emitidas por diversos seres vivos. Insectos como polillas y mamíferos como los murciélagos, ratones, perros y delfines utilizan el sonido en ese rango para comunicarse, obtener alimento y localizar objetos. Algunas especies de murciélagos utilizan un sistema llamado **ecolocalización**, que consiste en emitir sonidos de alta frecuencia. Así logran orientarse en una cierta dirección del espacio, y a través de la reflexión que se produce de la onda sonora, pueden estimar la distancia, el tamaño y forma de los objetos. De este modo pueden desplazarse por cavernas totalmente oscuras.



Murciélago

Características del sonido

Nos permiten diferenciar un sonido de otro.

El **sonido** posee **tres características**:

- **Volumen o intensidad**
- **Tono o altura**
- **Timbre**



Cada una de estas características **se relaciona con una característica de la onda sonora**.

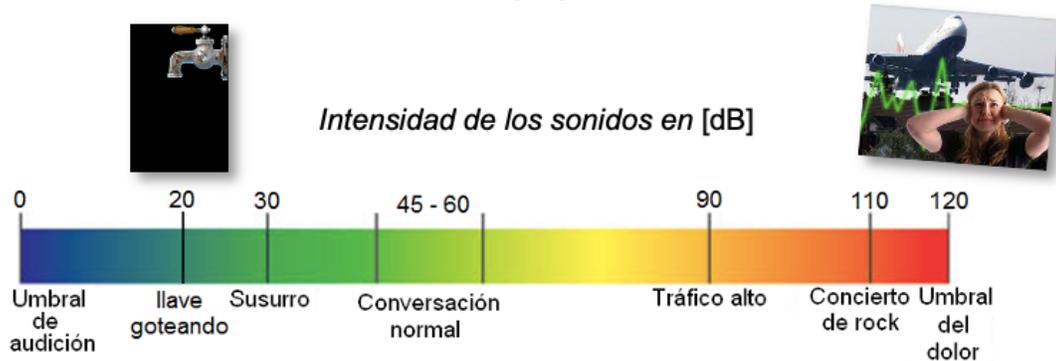


Volumen o intensidad

Está **relacionado con la energía** que la onda sonora transporta y, por lo tanto, con la **amplitud de la onda**.



Se mide en una **unidad** llamada **decibel (dB)**



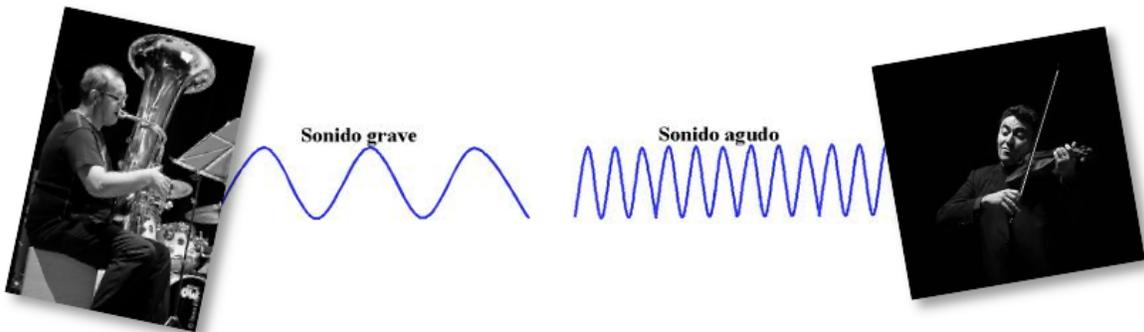
La intensidad es **directamente proporcional a la amplitud** de la onda e **inversamente proporcional a la distancia** entre el emisor y el receptor.

Tono o altura

Es una característica que está relacionada con la **frecuencia** de la onda sonora.

Las **frecuencias bajas** (vibraciones lentas) producen **sonidos graves**.

Las **frecuencias altas** (vibraciones rápidas) **producen sonidos agudos**.

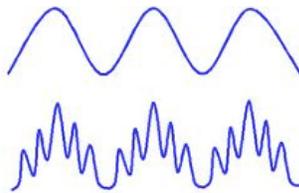


*Dos sonidos de igual intensidad,
pero de distinto tono.*

Timbre

Es una característica del sonido que permite diferenciar entre dos sonidos de igual tono e intensidad emitidos por dos fuentes sonoras diferentes. El timbre depende de las características físicas del cuerpo que emite el sonido.

Por ejemplo, si un violín y una guitarra tocan una nota "La" (la misma frecuencia fundamental para ambos), el cuerpo de cada instrumento vibra produciendo distintos armónicos, que se mezclan con la frecuencia fundamental y generan el timbre característico de la guitarra y del violín.

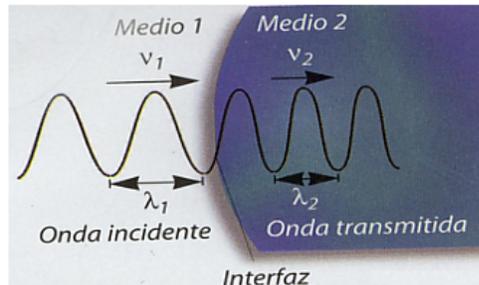


Dos sonidos de igual intensidad y tono, pero de distinto timbre.

Transmisión de ondas de sonido

Todas las ondas, no importando su tipo, tienen la capacidad de propagarse por un medio (que les permita el paso), pudiendo incluso trasladarse a otro medio distinto. Esta capacidad de las ondas se denomina "transmisión".

Al transmitirse de un medio a otro diferente, **la onda siempre cambia su velocidad y su longitud de onda. Su frecuencia permanece constante.**



Transmisión de ondas de sonido

En el caso del sonido, la velocidad con la que se propaguen las ondas depende únicamente de las características del medio, siendo independiente de la frecuencia que la onda posea.

En general, el sonido viaja más rápido en los medios más densos:

$$v_{\text{sonido sólidos}} > v_{\text{sonido líquidos}} > v_{\text{sonido gases}}$$

Medio	Rapidez de propagación $\left[\frac{m}{s}\right]$
Aire	340
Agua	1450
Cobre	3700
Acero	5000

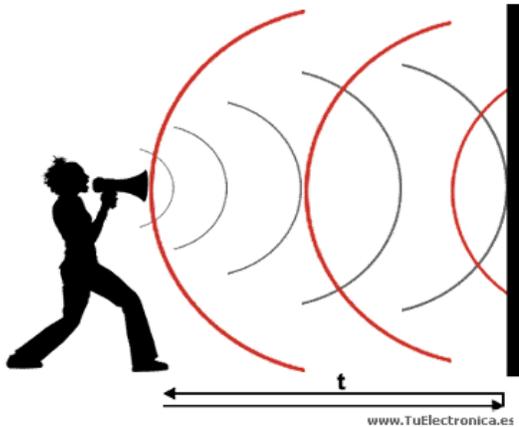
En el aire, el sonido viaja más rápido a mayor temperatura.

En general, el sonido viaja más rápido en los sólidos.

Reflexión en el sonido

Cuando una onda (sonora en este caso) se encuentra con un elemento que impide su propagación y se refleja cambiando su sentido de propagación. A la reflexión de una onda sonora solemos llamarla "eco".

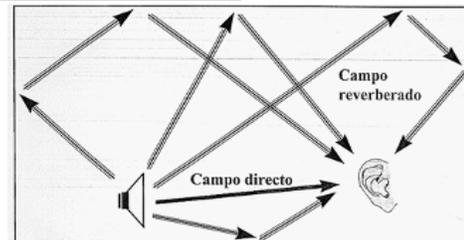
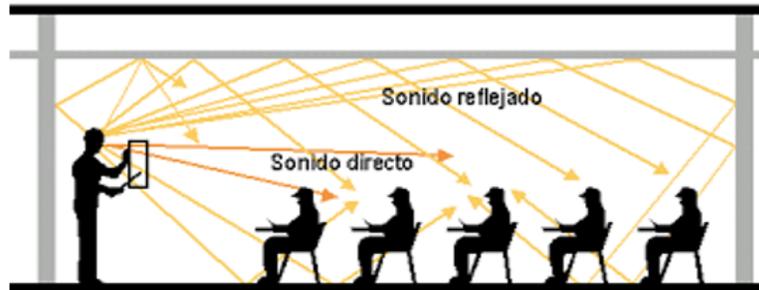
Para que el eco se produzca con claridad, el emisor debe estar ubicado al menos a 17 [m] de la superficie reflectora. Esto porque el oído humano puede distinguir separadamente sensaciones que estén por encima del tiempo de persistencia acústica que es 0,1 s.



Se conoce como **persistencia acústica** al fenómeno por el cual el cerebro humano interpreta como un único sonido dos sonidos diferentes recibidos en un corto espacio de tiempo.

Reverberación del sonido

La reverberación es **una ligera persistencia del sonido** después de extinguida la fuente original, debido a sucesivas reflexiones. el sonido que sigue emitiéndose se superpone con el sonido reflejado lo que produce la persistencia del sonido.



Absorción del sonido

La reverberación se puede corregir colocando materiales tanto en las paredes como en el suelo o techo, que absorban la mayor parte del sonido.

Una **cámara anecoica** es una **sala** especialmente diseñada **para absorber el sonido** que incide sobre las paredes, el suelo y el techo, **anulando los efectos de eco y reverberación**.

Las **salas de grabación** y los **cines** son ejemplos de **cámaras anecoicas**.



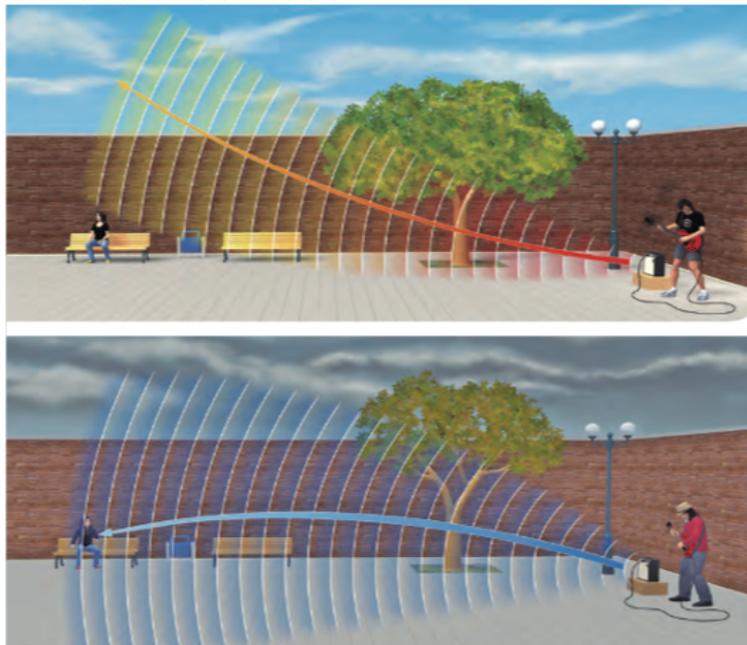
Sonar

Este instrumento se utiliza comúnmente en la navegación para poder detectar objetos bajo el agua. Su funcionamiento se basa en el fenómeno de reflexión del sonido, y para ello se emplean, comúnmente, infrasonidos debido a su gran alcance, o ultrasonidos si lo que se desea es una mayor precisión.



Refracción en el sonido

La refracción ocurre siempre que una onda cambia de medio. Sucede cuando una onda sonora ingresa de manera oblicua a otro medio de propagación. El sonido se propaga más rápidamente en el aire caliente que en el aire frío, por lo que tiende a "curvarse" en la atmósfera.



Difracción del sonido

Cuando el **sonido** se encuentra con **objetos** en su camino, **los rodea y continúa su propagación**. Al pasar por una abertura (una ventana un poquito abierta, por ejemplo), el sonido hace que la abertura se comporte como una fuente sonora. Por ello, alguien que esté fuera del recinto donde se produce el sonido podría creer que éste proviene de esa abertura.



Interferencia en el sonido

La superposición de ondas se conoce como interferencia. Si la interferencia se produce en fase, las ondas se interferirán de forma constructiva mientras que en caso contrario, desfase de ondas, se produce interferencia destructiva.

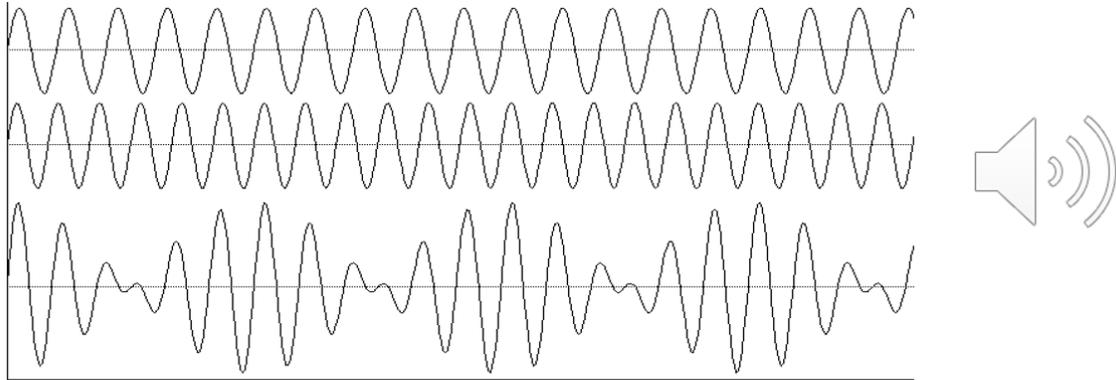
En el caso de un estadio o un coro, las voces se “suman” interfiriéndose **“constructivamente”**.

Un caso interesante de **interferencia destructiva** es la “cancelación activa de ruido”, mediante la generación de un sonido de frecuencia específica para producir “silencio” en los audífonos del piloto de un avión.



Pulsaciones

Cuando dos sonidos de frecuencias, f_1 y f_2 , ligeramente distintas entre sí, suenan al mismo tiempo. La sonoridad de los sonidos combinados fluctúa; primero se eleva, luego desciende, luego se eleva, luego vuelve a descender, y así sucesivamente. Estas variaciones periódicas de la sonoridad del sonido se conocen como pulsaciones o batido.

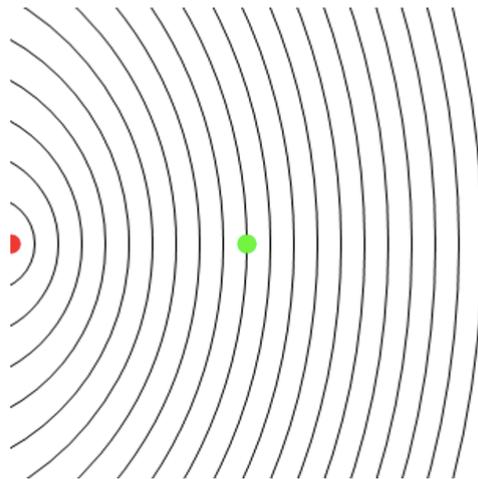


Efecto Doppler

Es el **cambio aparente** en la **frecuencia** de un sonido, que un observador percibe **cuando existe movimiento entre él y la fuente sonora**. Cuando un auto de la policía pasa a gran velocidad junto a nosotros tocando su sirena, se percibe que el tono del sonido cambia; a medida que el auto se acerca se aprecia un tono más agudo, y se percibe más grave a medida que se aleja.



¿Por qué se produce el efecto Doppler?



1. Fuente sonora **acercándose**: las ondas de sonido se “comprimen”, acercándose entre sí. El observador percibe una **frecuencia mayor** que la real, es decir, escucha el **tono del sonido más agudo**. Esto se debe a que al disminuir la longitud de onda aumenta la frecuencia.



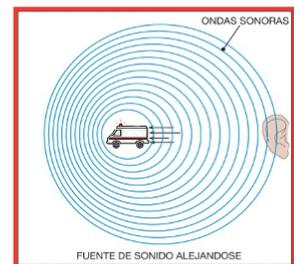
2. Fuente sonora **alejándose**: la distancia entre las ondas de sonido aumenta y se percibe una **frecuencia menor**. El observador **escucha** el tono del sonido **más grave que el real**.

la frecuencia que detectará el receptor depende, naturalmente, de las velocidades de ambos y está dada por

$$f_R = f_E \cdot \left(\frac{V_S \pm V_R}{V_S \mp V_E} \right)$$

donde:

f_R es la frecuencia del receptor.
 f_E es la frecuencia del emisor.
 v_E velocidad del emisor.
 v_R velocidad del receptor.
 v_S velocidad del sonido.



Observe que los signos “+” en el numerador y “-” en el denominador corresponden a un aumento de frecuencia (aproximación entre la fuente y el receptor). Por otra parte, los signos “-” en el numerador y “+” en el denominador corresponden a una disminución de la frecuencia (alejamiento entre la fuente y el receptor).

Resonancia

Se denomina RESONANCIA a la vibración forzada o inducida sobre un cuerpo por otro que está vibrando. La resonancia ocurre cuando la frecuencia de las vibraciones forzadas que se generan en un objeto coincide con la frecuencia natural del cuerpo, en este caso se produce un aumento notable en la amplitud de vibración del objeto.

- La **resonancia produce** un “**aumento en la intensidad**” de los sonidos.

Los instrumentos acústicos poseen “cajas de resonancia” para obtener mayor volumen.



Nuestro pecho, garganta y cavidades buconasales son “cajas de resonancia” naturales.

