

## GUIA DE TRABAJO DE SONIDO 1º MEDIO

### INTRODUCCION:

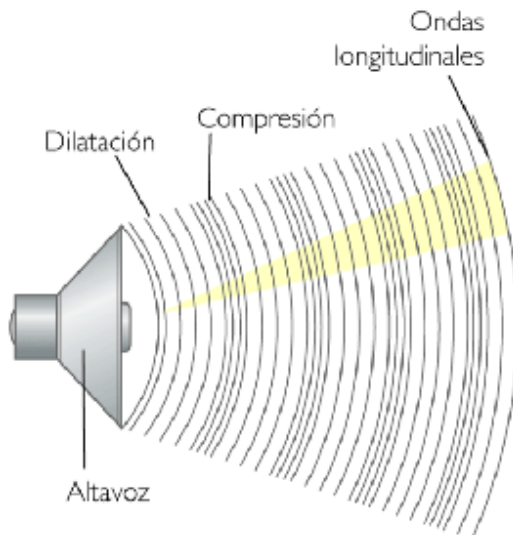
Se espera que los estudiantes, al finalizar esta unidad, comprendan los aspectos esenciales del sonido como fenómeno físico, relacionándolo con lo que oyen, y que aprecien auditiva y físicamente los fenómenos asociados al sonido: la reflexión, la difracción, el efecto Doppler, etc. También se busca que sean capaces de explicar cómo se propaga el sonido, basándose en el modelo ondulatorio, y los diversos fenómenos asociados a él. Junto con el desarrollo de estos aprendizajes, esta unidad se orienta a estimularlos a usar habilidades de pensamiento científico por medio de actividades como la formulación de explicaciones y predicciones, usando los conceptos y modelos en estudio.

### Contenidos

1. Origen del sonido, propagación y recepción del sonido como vibraciones.
2. Sonidos producidos por cuerdas, láminas y aire en cavidades y la distinta eficiencia con que transmiten las vibraciones al aire circundante.
3. Tono, altura o nota musical como frecuencia de una vibración.
4. Intensidad o volumen de un sonido y su relación con la amplitud de una vibración.
5. El timbre de un sonido como consecuencia de la forma de la vibración o de la onda.
6. Espectro auditivo: rango de frecuencias perceptibles y rango de intensidades audibles.
7. La contaminación acústica: su origen, sus consecuencias y el modo de protegernos de ella.
8. Reflexión, reverberación, refracción y absorción del sonido.
9. Difracción, interferencia y pulsaciones en el sonido. > El efecto Doppler y sus principales aplicaciones. > La onda como propagación de energía sin transporte de materia.
10. Clasificación de las ondas en: uni, bi y tridimensionales; longitudinales y transversales; viajeras y estacionarias; pulsos y ondas periódicas.
11. Modos de vibración de una cuerda: el modo fundamental y sus armónicos.
12. Longitud de onda, frecuencia y velocidad de onda y la relación entre estos conceptos.

APRENDIZAJES ESPERADOS: se espera que los estudiantes sean capaces de:

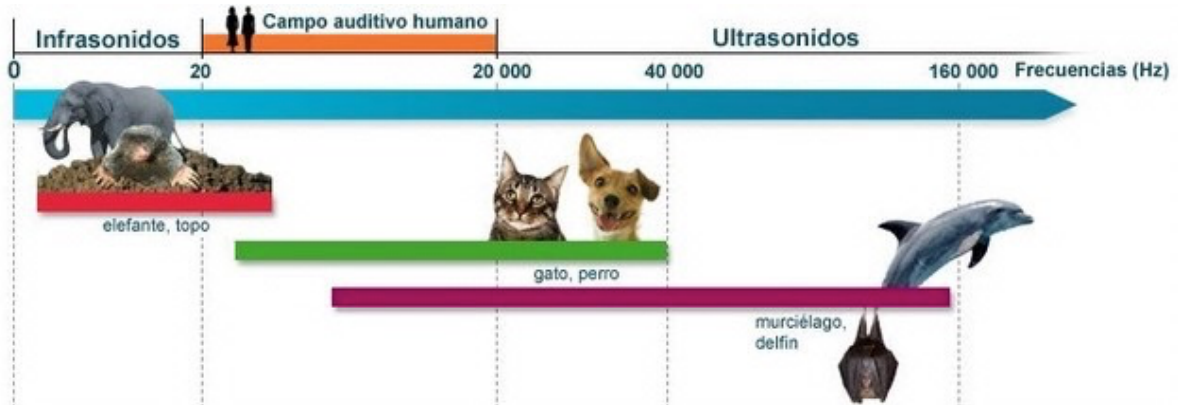
1. Describir en forma cualitativa el origen y la propagación del sonido, su comportamiento en diferentes medios, y su naturaleza ondulatoria.
2. Describir en forma cuantitativa la altura, intensidad y cualitativamente el timbre del sonido y su espectro.
3. organizar e interpretar datos, y formular explicaciones y conclusiones, apoyándose en las teorías y conceptos científicos en estudio.





## CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

### Espectro audible



El espectro audible está formado por las audiofrecuencias. El oído humano está capacitado para percibir sonidos cuya frecuencia se encuentran entre los 20 Hz y 20.000 Hz y transformarlo en sensaciones auditivas. Estos límites no son estrictos y dependen de factores biológicos como la edad, algunas enfermedades, o malformaciones del oído.

Los **infrasonidos** son aquellos que se encuentran con una frecuencia por debajo de los 20 Hz, en cambio los ultrasonidos se encuentran sobre los 20.000 Hz.

Según la imagen podemos encontrar tres zonas en función de la frecuencia, pues el espectro no es estrictamente cuadrado.

1. **Zona de frecuencias bajas o tonos graves:** corresponde a los sonidos cuyas frecuencias se encuentran entre los 20 Hz y los 256 Hz. En esta zona, sonidos de gran intensidad no son percibidos por la mayoría de la población.
2. **Zona de frecuencias medias o tonos medios:** corresponde a los sonidos cuyas frecuencias se encuentran entre los 256 Hz y los 2 kHz. A esta zona pertenece el tono fundamental y los armónicos de la mayoría de los sonidos. El rango de intensidades percibido por el oído humano en esta zona es mayor que en la de tonos graves.
3. **Zona de frecuencias altas o tonos agudos:** comprende los sonidos con frecuencia entre los 2 kHz y 20 kHz. Es la zona con mayor rango de intensidad percibida.

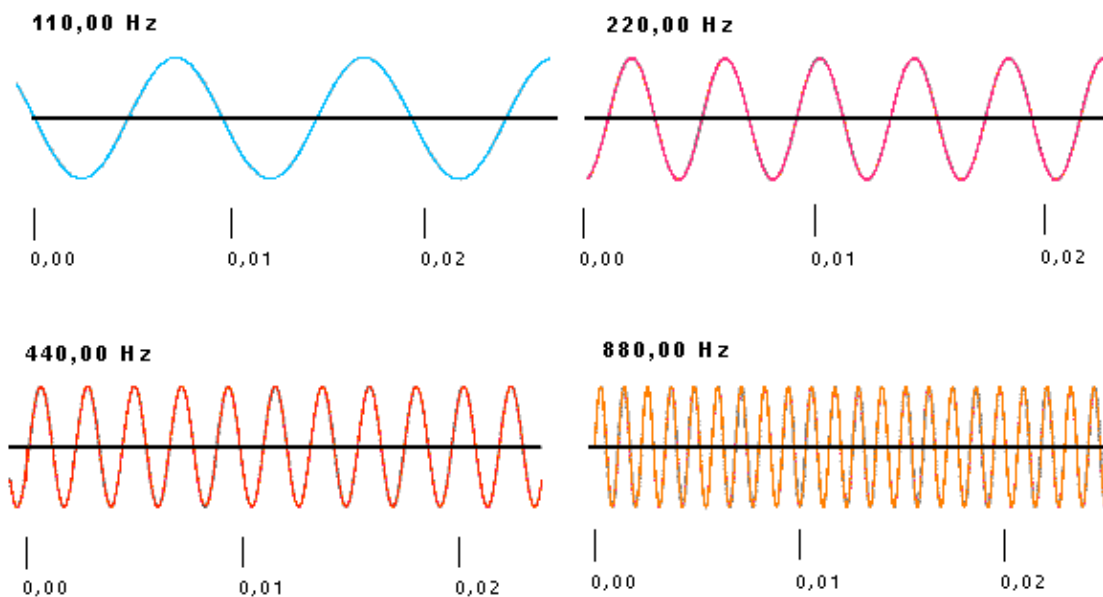
### Altura del Sonido o Tono

La altura de un sonido está directamente relacionada con la frecuencia. Pues mientras mayor sea la altura, mayor será la frecuencia, y mientras más bajo, una menor frecuencia tendrá la onda.

Si	493.88	Nos podemos dar cuenta que cuando se lleva a la otra octava, la frecuencia es doble. Por ejemplo luego de la nota Si con frecuencia 493,88 Hz viene el Do, esta nota tendría una frecuencia de 523,26 Hz la cual es el doble de la frecuencia 261,63 Hz.
Sib (La#)	466.16	
La	440.00	
Lab (Sol#)	415.30	
Sol	392.00	
Solb (Fa#)	369.99	
Fa	349.23	
Mi	329.63	
Mib (Re#)	311.13	
Re	293.66	
Reb (Do#)	277.18	
Do	261.63	

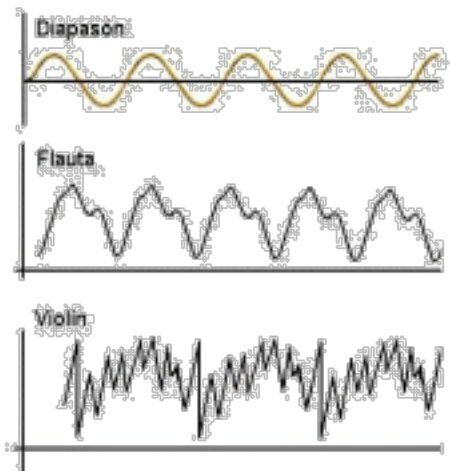
La altura o tono está determinada por características en los instrumentos como:

- El **tamaño** mientras más grande sea un instrumento musical, más grave será el sonido; al contrario, cuánto más pequeño será más agudo.
- La **longitud**: mientras más larga una cuerda, más grave será el sonido; por el contrario, al ser más corta, el sonido es más agudo.
- La **tensión**: mientras más tensa se encuentre una cuerda, más agudo será el sonido; en cambio, mientras menos tensa esté la cuerda, más grave será el sonido.
- La **presión**: mientras mayor sea la presión del aire, más agudo será el sonido; por el contrario, si la presión es menor, más grave será el sonido.

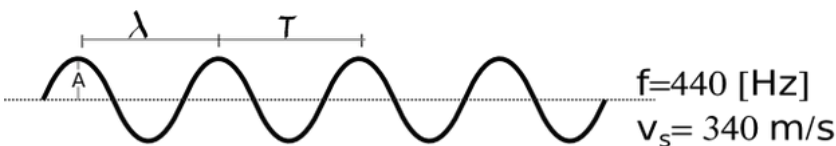


### Timbre de un sonido

El timbre es la propiedad que permite al oído humano distinguir **sonidos de la misma frecuencia e intensidad ( amplitud) que son emitidos por distintos instrumentos o** focos emisores, es decir depende del número, intensidad y frecuencia de los armónicos que acompañan al sonido fundamental. En general podemos decir que está relacionado con la forma de la **onda**



Diapasón



Violín



Diferentes timbres sonoros



Al tocar la misma nota  
el timbre sera distinto

### Intensidad del Sonido

La inmensa cantidad de sonidos perceptibles por el oído, está directamente relacionada con la intensidad, que corresponde a la energía que se propaga en el medio y que puede ser medida, como la intensidad acústica o intensidad sonora.

La **intensidad acústica** se define como la cantidad de energía transportada por una onda sonora en la unidad de tiempo y de superficie, o la potencia por unidad de superficie, la cual se mide en  $\text{watt/m}^2$

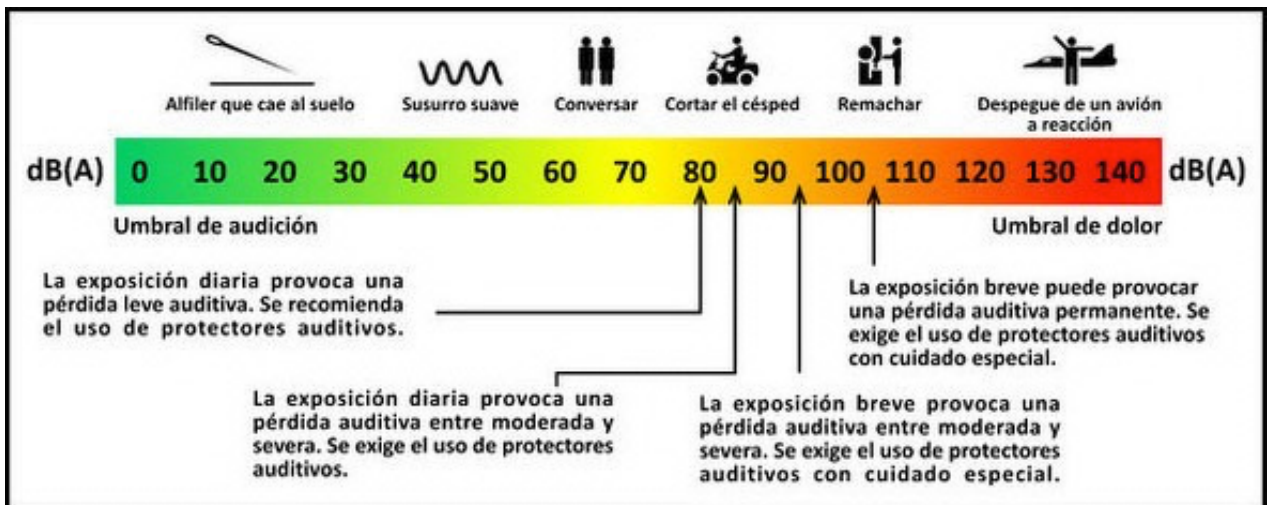
$$I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{P}{A}$$

Ecuación de la intensidad acústica, la cual se mide en  $W/m^2$ , donde  $E$  es la energía;  $t$  es el tiempo,  $A$  la superficie y  $P$  la potencia.

En cambio, la **intensidad sonora** se mide en **decibel**, (dB) y es definida con una escala logarítmica no sólo porque el intervalo de intensidades a las que resulta sensible el oído es inmenso, sino también porque la sensación de fuerza sonora tiene una dependencia logarítmica con la intensidad.

$$\beta_{dB} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Ecuación para calcular la intensidad sonora en decibeles, la cual relaciona la escala logarítmica con la intensidad medida en  $watt/m^2$ . En esta ecuación  $I_0$ , es la intensidad mínima para la que se produce una sensación perceptible y su valor es  $10^{-12} W/m^2$ . El valor de  $I$ , es la intensidad sonora en  $W/m^2$  de cualquier foco sonoro.



El decibel es la mínima variación de intensidad sonora que percibe el oído humano. Es la décima parte del bel, que al ser una unidad muy grande, habitualmente no se utiliza.

La escala decibélica no es una escala sumativa, por ejemplo si un foco sonoro produce un sonido de 20 dB, la colocación de dos focos, no produce la sensación de 40 dB. Para conocer la intensidad sonora hay que calcular el valor de dicha intensidad la del segundo foco, para después calcular el valor en dB, al realizar este cálculo no da 23 dB.

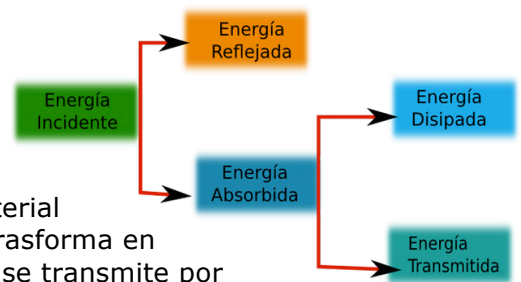
Valor de las intensidades de algunos sonidos habituales			
Fuente Sonora	En $W/m^2$	Sensación Auditiva	En dB
Objeto inmóvil	$10^{-12}$	Umbral de audición	0
Respiración Normal	$10^{-11}$	Suave	10
Murmullo de las hojas	$10^{-10}$	Suave	20
Susurro a 5 m	$10^{-9}$	Moderado	30
Casa tranquila	$10^{-8}$	Moderado	40
Oficina Tranquila	$10^{-7}$	Intenso	50
Voz humana a 1 m	$10^{-6}$	Intenso	60
Calle con tráfico intenso	$10^{-5}$	Muy Intenso	70
Fábrica	$10^{-4}$	Muy Intenso	80
Vehículo Pesado	$10^{-3}$	Ensofecedor	90
Ferrocarril	$10^{-2}$	Ensofecedor	100
Grandes Altavoces a 2 m	$10^{-0}$	Doloroso	120
Despegue de un avión de reacción	$10^2$	Umbral del dolor	140

## FENÓMENOS ONDULATORIOS ASOCIADOS AL SONIDO

### Reflexión y refracción del sonido

Se comprueba que las ondas sonoras se reflejan en el mismo ángulo con el que inciden, pero se atenúa si la superficie es blanda o rugosa.

Se puede entender el mecanismo de la reflexión si se considera que las distintas presiones sonoras transportadas por la onda que inciden contra un material hacen que este vibre. Parte de la energía vibratoria se devuelve al medio material mediante la reflexión y la otra parte absorbida, a su vez, se transforma en otros dos tipos de energía: la que disipa en el medio y la que se transmite por el material.

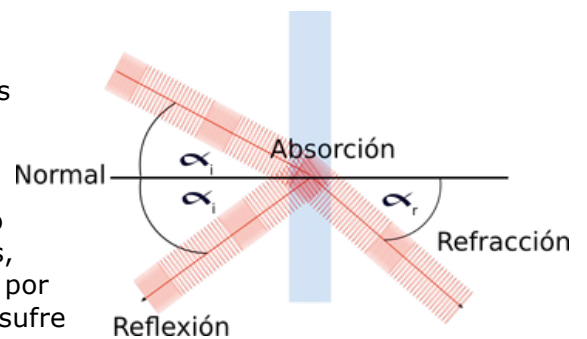


### Refracción del sonido en un mismo medio

La refracción es otra de las características de los movimientos ondulatorios. **Consiste en el cambio de dirección y de rapidez que sufre una onda cuando pasa de un medio a otro de distinta características.** Pero la refracción también puede producirse dentro de un mismo medio cuando las características de este no son perfectamente homogéneas, sino que varían en cuanto a su densidad o su temperatura y, por consiguiente, la rapidez de propagación del sonido en el aire sufre refracciones, dada que la temperatura del aire no es uniforme.

En un día soleado, las capas de aire próximas a la superficie terrestre están a mayor temperatura que las capas más altas, y por lo tanto, la rapidez del sonido aumenta con la temperatura porque las moléculas oscilan más rápidamente y transmiten al entorno la perturbación, por ello en las capas bajas la rapidez es mayor que en las altas.

Caso contrario sucede en las noche, donde el aire próximo a la tierra se enfría más rápidamente que el de las capas inmediatamente superiores. De este modo, el sonido emitido desde el suelo se curva hacia abajo en las capas frías más altas. Por ello en la noche podemos escuchar con un mayor alcance.

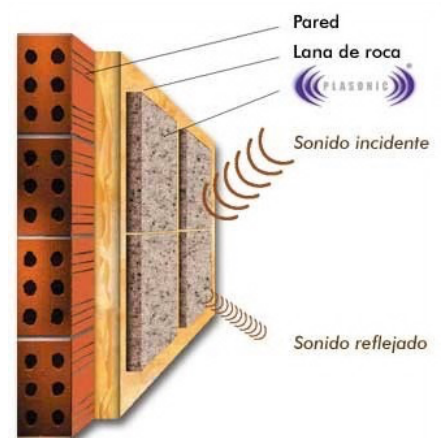


### Absorción y aislamiento acústico

La absorción del sonido es uno de los problemas fundamentales con que se enfrentan un ingeniero cuando desea aislar del ruido, un edificio o una zona determinada.

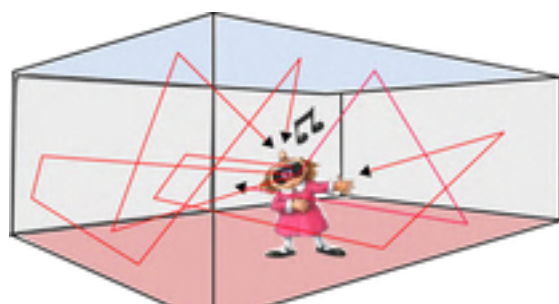
Afortunadamente, los distintos materiales tienen la capacidad de absorber energía acústica según su porosidad. Basándose en esta propiedad, se decide qué materiales son más adecuados para revestir las paredes interiores de la una sala, por ejemplo. **Cuanto más poroso se un material, más absorbente será y, por lo tanto, reflejará menos sonido.**

Si una habitación tiene las paredes lisas, cuando hay varias personas hablando dentro de ella habrá más ruido que si revestimos las mismas paredes con gruesas cortinas de tela.



Para conseguir un buen aislamiento acústico, es necesario impedir que el sonido se trasmita, para ello es necesario materiales duros, pesados y poco elásticos. Algunos ejemplos son hormigón, acero, plomo, etc.

### Reverberación



Es la prologación del sonido una vez que se ha extinguido la fuente sonora. Se produce por las múltiples ondas reflejadas que continúan llegando al oído. Si las paredes fueran reflectores perfectos, el proceso sería de duración infinita, afortunadamente, en las paredes se absorbe sonido y el proceso tiene una duración limitada.

### Eco

El eco es otro fenómeno relacionado con la reflexión del sonido. Se produce cuando el sonido inicial ya se ha extinguido y aparece un sonido igual de forma reflejada.

Cuando la superficie reflectante está suficientemente lejos, nuestro oído puede percibir por separado la onda directa y la reflejada. Si la separación temporal entre ambos sonidos es superior a 0,1 (s), el sonido repetido se llama eco. es decir, el oído puede percibir dos sonidos al menos.



Si suponemos que la rapidez del sonido es de 340 m/s, entonces la distancia que recorre en 0,1 (s) es de 34 (m), pero como la onda debe ir y venir, entonces es de 17 (m).

### Resonancia



Todos los cuerpos tienen una frecuencia de vibración propia de cada estructura, por ello cuando recibe estímulos de una fuente ondulatoria externa de la misma frecuencia o muy próxima, su amplitud de oscilación aumenta considerablemente.

En el caso de los instrumentos musicales es muy bueno este efecto, porque permite amplificar el sonido, como por ejemplo la caja de resonancia de la guitarra, este efecto también se observa al vibrar el parche de una caja o bombo.

### ONDAS ESTACIONARIAS

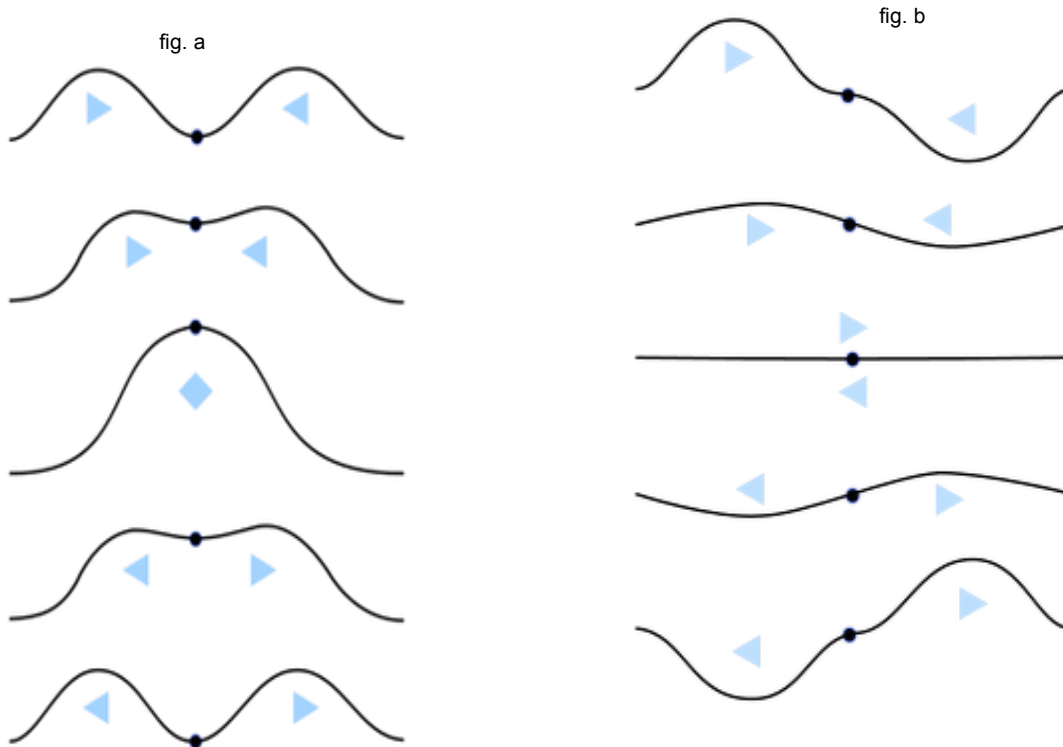
#### Superposición de ondas

Cuando dos o más movimientos ondulatorios alcanzan un mismo punto a la vez en el medio material por el que avanzan, se nos plantea el problema de saber que tipo de perturbación se experimenta en ese punto como consecuencia de las dos ondas que inciden sobre él. En el caso de los fenómenos ondulatorios, a estos se le denomina interferencia, que es el resultado de dos o más ondas del mismo tipo en un mismo medio.

Físicamente el principio de superposición se puede aplicar a pequeñas perturbaciones, en donde el efecto final es la suma de las elongaciones de cada una de las ondas por separado.

### INTERFERENCIA CONSTRUCTIVA

La interferencia constructiva es la que nos proporciona un máximo, donde las dos amplitudes se suman, dando como resultado un pulso de mayor amplitud que los incidentes, pero que después cada uno sigue con su misma velocidad y dirección. (fig a)



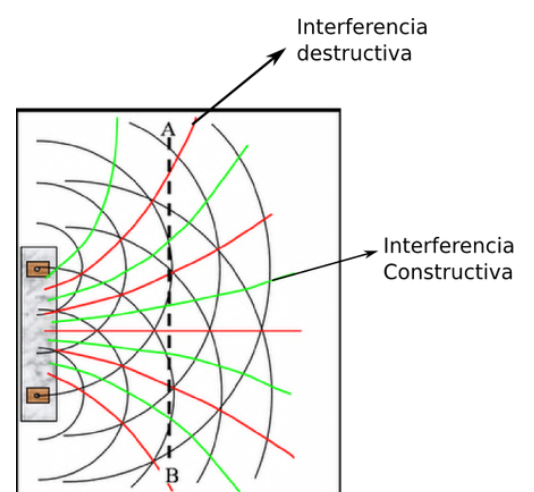
### INTERFERENCIA DESTRUCTIVA

La interferencia destructiva se produce cuando una dos pulsos viajan en sentido contrario pero desfasados en  $90^\circ$ , o sea uno va por la parte superior del medio y el otro por la inferior, de manera que al interferir las amplitudes de ambos se restan, dando como resultado un pulso de menor amplitud, que en el caso de ser de igual amplitud los pulsos incidentes, se anula por completo. fig(b)

### INTERFERENCIA

La interferencia en las ondas sonoras se produce cuando dos o más ondas sonoras coexisten en el mismo medio y al mismo tiempo, de modo que en cada punto del espacio se suman amplitudes o se restan.

Un ejemplo común de interferencia en ondas sonoras lo comprobamos al estudiar lo que ocurre cuando golpeamos simultáneamente dos diapasones o cualquier otra fuente sonora de frecuencia levemente diferentes. El sonido que se produce varía de intensidad, y alterna entre sonidos fuertes y silencio virtual. Estas pulsaciones regulares se conoce como pulsaciones o batido. El resultado es una onda de amplitud modulada generada por la oscilación.



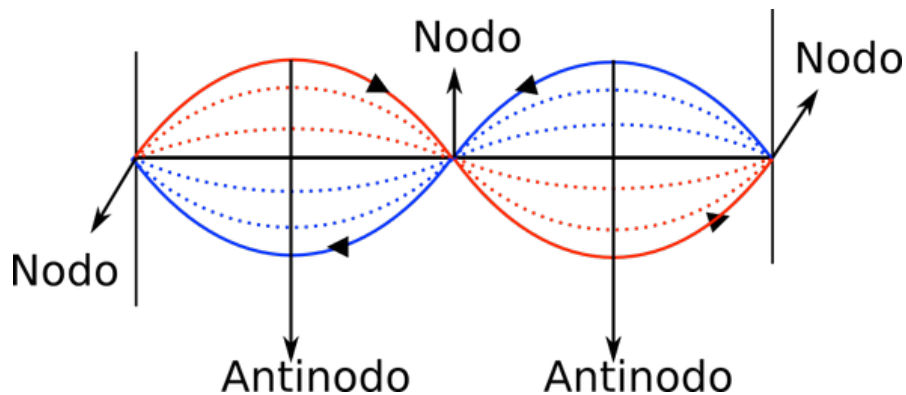


Parece que las ondas sonoras se propagan sin afectarse unas a otras, incluso cuando su diferencia de intensidad es muy grande. Sin embargo, el sistema auditivo es sensible a la presión sonora total. Por lo tanto, es necesario analizar cómo se combinan o superponen diferentes ondas sonoras para encontrar la onda resultante de la superposición. Esta corresponde a la suma algebraica de cada una de las elongaciones que componen a la onda.

### ONDAS ESTACIONARIAS EN INSTRUMENTOS MUSICALES

Las ondas estacionarias nos permiten explicar cómo se produce el sonido en los instrumentos musicales, además, ayudan a los fabricantes a trabajar de forma casi matemática en su construcción.

Las ondas estacionarias resultan de la interferencia y de la resonancia de ondas. Cuando ondas de igual amplitud y longitud de onda se interfieren en sentidos opuestos, se forman las ondas estacionarias, que a simple vista parecen inmóvil.



Los puntos donde interfieren de manera destructiva se denominan **nodos** y en los que interfiere de manera no destructiva **antinodos**. Es muy importante hacer notar que una onda estacionaria hay dos onda, por lo que por ejemplo en la figura superior hay:

- 3 nodos
- 2 antinos
- 1 Ciclo completo, o sea un periodo completo ( T ) o una longitud de onda

Cuando una onda se refleja en una pared experimenta un cambio de fase en  $\pi/2$ , o sea en medio ciclo, pues esta empuja la pared hacia arriba, entonces esta se opone y genera una fuerza de igual magnitud pero en sentido contrario, y por ello se devuelve por "abajo"

### ONDAS CON AMBOS EXTREMOS FIJOS

Las ondas estacionarias con los extremos fijos son las que se dan en instrumentos de cuerda como guitarras, violines y pianos. Estos instrumentos constan de una o más cuerdas

de longitud  $L$ , con una tensión determinada que permite seleccionar la frecuencia de su sonido.

Cuano se pulsa la cuerda sobre el mástil, disminuye la longitud de la cuerda y esto hace cambiar su frecuencia.

$$v = \sqrt{\frac{TL}{m}}$$

$$f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{TL}{m}}$$

En las ecuaciones mostradas tenemos que:

$v$  = rapidez de propagación de la onda en una cuerda mecánica.

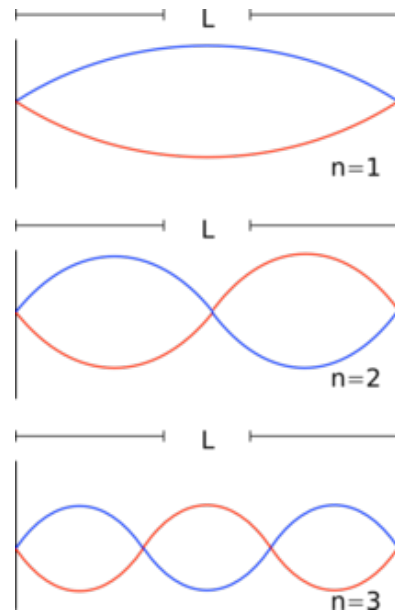
$T$  = Es la tensión de la cuerda medida en Newton

$m$  = Es la masa de la cuerda medida en Kilógramos

$L$  = es la longitud de la cuerda medido en metros

$f$  = es la frecuencia medida en Hz

$\lambda$  = La longitud de onda medida en metros



¿Cómo se selecciona la frecuencia en los instrumentos musicales?

Suponemos que la longitud del medio, en este caso la cuerda es  $L$ , y debe cumplirse que en los extremos límites (condiciones de contorno)  $x=0$  y  $x=L$ . Tiene que haber un **nod**, es decir, una zona de ausencia de vibraciones o de mínima energía y un **antinodo** o punto donde la energía es máxima.

Des esta maner, la longitu de onda  $\lambda$ , de la primera onda estacionaria o **primer armónico** que se forma es:

Para el primer armónico  $\frac{\lambda}{2} = L \quad \lambda = 2L$

Para el segundo armónico  $\lambda = L \quad \lambda = \frac{2L}{2}$

Para el tercer armónico  $\frac{3}{2}\lambda = L \quad \lambda = \frac{2L}{3}$

Para el cuarto armónico  $\frac{4\lambda}{2} = L \quad \lambda = \frac{2L}{4}$

Si lo escribimos mediante una fórmula, la longitud de onda del enésimo modo de vibración será

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}$$

y si lo consideramos en función de la frecuencia tenemos  $f_n = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L}$

### PROBLEMAS DE ONDAS Y VIBRACIONES

13. El edificio Sears, ubicado en Chicago, se mece con una frecuencia aproximada a 0,10 Hz. ¿Cuál es el periodo de la vibración?
14. Una ola en el océano tiene una longitud de 10 m. Una onda pasa por una determinada posición fija cada 2 s. ¿Cuál es la velocidad de la onda?
15. Ondas de agua en un plato poco profundo tienen 6 cm de longitud. En un punto, las ondas oscilan hacia arriba y hacia abajo a una razón de 4,8 oscilaciones por segundo. a) ¿Cuál es la rapidez de las ondas?, b) ¿cuál es el periodo de las ondas?
16. Ondas de agua en un lago viajan a 4,4 m en 1,8 s. El periodo de oscilación es de 1,2 s. a) ¿Cuál es la rapidez de las ondas?, b) ¿cuál es la longitud de onda de las ondas?
17. La frecuencia de la luz amarilla es de  $5 \times 10^{14}$  Hz. Encuentre su longitud de onda.

18. Un grupo de nadadores está descansando tomando sol sobre una balsa. Ellos estiman que 3 m es la distancia entre las crestas y los valles de las ondas superficiales en el agua. Encuentran, también, que 14 crestas pasan por la balsa en 26 s. ¿Con qué rapidez se están moviendo las olas?
19. Se emiten señales de radio AM, entre los 550 kHz hasta los 1.600 kHz, y se propagan a  $3 \times 10^8$  m/s. a) ¿Cuál es el rango de las longitudes de onda de tales señales?, b) El rango de frecuencia para las señales en FM está entre los 88 MHz y los 108 MHz y se propagan a la misma velocidad, ¿cuál es su rango de longitudes de onda?
20. Una señal de un sonar en el agua posee una frecuencia de 106 Hz y una longitud de onda de 1,5 mm. a) ¿Cuál es la velocidad de la señal en el agua?, b) ¿cuál es su periodo?, c) ¿cuál es su periodo en el aire?
21. Una onda sonora se produce durante 0,5 s. Posee una longitud de onda de 0,7 m y una velocidad de 340 m/s.
- ¿Cuál es la frecuencia de la onda?,
  - ¿cuántas ondas completas se emiten en tal intervalo de tiempo?,
  - luego de 0,5 s, ¿a qué distancia se encuentra el frente de onda de la fuente sonora?
22. La rapidez del sonido en el agua es de 1.498 m/s. Se envía una señal de sonar desde un barco a un punto que se encuentra debajo de la superficie del agua. 1,8 s más tarde se detecta la señal reflejada. ¿Qué profundidad tiene el océano por debajo de donde se encuentra el barco?
23. *Problema complejo.* La velocidad de las ondas transversales producidas por un terremoto es de 8,9 km/s, mientras que la de las ondas longitudinales es de 5,1 km/s. Un sismógrafo reporta la llegada de las ondas transversales 73 s antes que la de las longitudinales. ¿A qué distancia se produjo el terremoto?
24. *Problema complejo.* El tiempo requerido por una onda de agua para cambiar del nivel de equilibrio hasta la cresta es de 0,18 s.
- ¿Qué fracción de la longitud de onda representa?,
  - ¿cuál es el periodo de la onda?,
  - ¿cuál es la frecuencia?
25. *Problema complejo.* Si se chapotea el agua regularmente en una bañera a la frecuencia adecuada, el agua primero sube en un extremo y luego en el otro. Supóngase que pueden producirse ondas estacionarias en una bañera de 150 cm de largo con una frecuencia de 0,3 Hz. ¿Cuál es la velocidad de las ondas?

RESPUESTAS:

- 10 s
- 5 m/s
- a)  $v = 28,8$  cm/s b)  $T = 0,208$  s
- a)  $v = 2,44$  m/s b)  $\lambda = 2,93$  m
- $\lambda = 6 \times 10^{-7}$  m
- a)  $T = 2$  s b)  $v = 2$  m/s
- a) ondas AM  $\lambda_1 = 545,45$  m  $\lambda_2 = 187,5$  m b) Ondas FM  $\lambda_1 = 3,4$  m  $\lambda_2 = 2,78$  m
- a)  $v = 1500$  m/s b)  $T = 10^{-5}$  s c)  $\lambda = 3,4 \times 10^{-4}$  m
- a)  $f = 485,7$  hz b) No ondas 242,86 ondas c)  $d = 170$  m
- 1348,2 m de profundidad
- Es sismo ocurrió a una distancia de 872,1 Km
- a)  $T = 0,72$  s b)  $f = 1,389$  Hz
- 0,9 m/s

extraído de

fisic