

Unidad 1: El Sonido

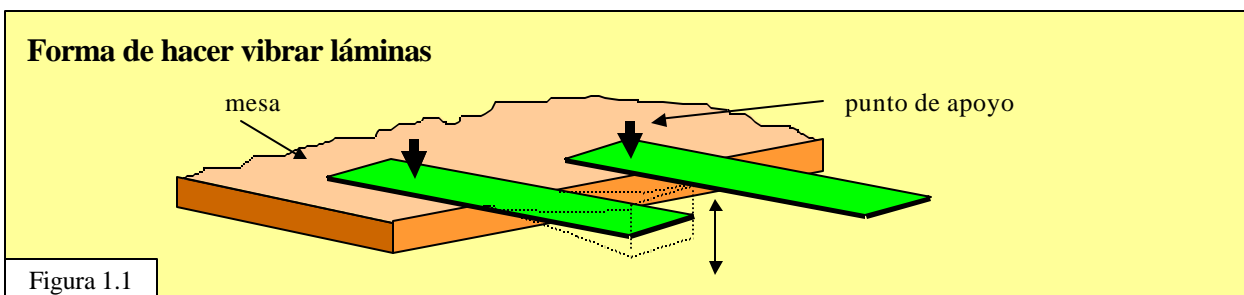
1. Vibraciones y sonido

Tópico	Detalle de contenidos
- Cuerdas	Cuerdas tirantes sujetas en ambos extremos vibran al ser perturbadas. En ellas se basan algunos instrumentos musicales, como la guitarra, el violín y el piano.
- Láminas	Láminas de material sólido (metal, madera, vidrio, etc.) o flexible (cuero, plástico, etc.) vibran al ser golpeadas. El sonido que emiten depende de su forma (campanas platillos, tambores, etc)
- Cavidades	El aire atrapado en cavidades es capaz de vibrar y generar tonos determinados, que dependen de la forma y tamaño de la cavidad.
- Vibración y sonido audible	Una lámina transmite con eficiencia su vibración al aire circundante, el que a su vez se pone a vibrar y eventualmente excita el oído.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Realizan experiencias relativas a vibraciones de cuerdas tensas, láminas y aire en cavidades. Analizan, en cada caso, los sonidos asociados a ellas en función de los materiales, condiciones físicas a que se encuentren sometidas las cuerdas, formas de las superficies y cavidades. Comparan la eficiencia con que cada una de estas vibraciones es transmitida al aire circundante. Comparan algunos instrumentos musicales y el sistema emisor de voz con los sistemas vibrantes considerados.

1. Experimentar y registrar los cambios que se perciben al pulsar las cuerdas de una guitarra u otro instrumento musical.
2. Tensar entre sus extremos una cuerda larga cualquiera (pitilla, nylon, hilo de acero, elástico, cuerda de instrumento musical, etc.) y hacerla vibrar observando el desplazamiento transversal y percibiéndolo con la yema de los dedos.
3. Hacer vibrar algunas láminas como la superficie de una mesa, reglas de plásticos fijas en uno de sus extremos (ver figura 1.1), planchas de latas o acero, ciertos cartones y cartulinas. Comparar la eficiencia con que transmiten su vibración al aire (el sonido) las cuerdas y las láminas (consideradas de distintas formas y materiales). Ilustrar con un tambor musical, una campana, un platillo, etc.
4. Para percibir las vibraciones y describirlas, colocar la mano delante de un parlante cuando está funcionando o, también, de un papel colocado delante de la boca cuando hablamos.



5. Al tocar una flauta y/o guitarra, percibir el sonido producido por la vibración del aire en sus cavidades. Explicar cómo se transmite la vibración en ambos casos para llegar al tímpano en el oído.

En el caso de la guitarra, la cuerda está en contacto con una caja de resonancia a la cual transmite su vibración mediante una pieza de madera (el puente); la vibración del aire en la caja se transmite a su vez al aire en su entorno.

6. Soplar transversalmente la entrada de un tubo de ensayo y escuchar el sonido que se produce. Repetir esta prueba agregando distintos niveles de agua dentro del tubo. Probar con otros tubos o botellas de distintas dimensiones, formas y materiales. Buscar explicaciones al fenómeno observado.
7. Hacer sonar un diapasón con y sin caja de resonancia. Analizar las diferencias.
8. Escuchar el sonido ambiental y el de su propia voz con la mano en el oído. Registrar y describir los cambios que se perciben al remplazar la mano por un tarro de lata, un vaso de plástico, una concha marina, etc. Colocar la mano en la garganta cuando se canta.
9. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los sonidos característicos de ciertos animales e insectos (grillos, zancudos, moscardones, loros, etc.)
10. Unir una aguja de coser a una caja de fósforos o tarro de lata y deslizar la punta de la aguja, sin tocarla directamente con la mano, por el surco de un disco fonográfico en desuso, a la vez que se pone el oído cerca de la abertura de la caja o tarro. Describir lo que se escucha y formular hipótesis que expliquen el fenómeno.

Indicaciones al docente:

Por medio de preguntas e intervenciones, orientar e inducir a los estudiantes a la reflexión sobre las experiencias vividas, a atreverse a formular hipótesis, a opinar, a argumentar razonadamente, a pensar ordenadamente.

A través de dibujos, videos u otros medios, mostrar la anatomía y explicar el funcionamiento de las cuerdas vocales y sistemas asociados a la emisión de la voz. Describir las enfermedades más comunes asociadas a la voz. Coordinar esta actividad con un profesor o profesora del subsector Artes Musicales y de Biología.

Tópico	Detalle de contenidos
---------------	------------------------------

- **Superficie del agua**

La superficie del agua entra en vibración cuando se la perturba por acción de un cuerpo que cae, el viento, etc.

- **Frecuencia**

Las vibraciones ordinariamente son periódicas. Concepto de período y de frecuencia y su relación. La unidad Hertz y sus múltiplos.

- **Amplitud**

La amplitud con que vibra un objeto es mayor si se le excita con mayor violencia. A mayor amplitud, mayor intensidad del sonido cuando éste se percibe.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Diseñan y realizan experimentos para visualizar y caracterizar las vibraciones; distinguir frecuencia, período y amplitud. Constatan que frecuencia y período son magnitudes inversamente proporcionales.

1. Observar, registrar y discutir las siguientes experiencias:

a) Colocar en el centro de un recipiente con agua un objeto que flote (por ejemplo un corcho) y hacerlo vibrar. Observar las vibraciones en la superficie del agua. Agregar otro objeto que flote (segundo corcho), a cierta distancia del primero.

Llamar la atención en relación a que el primer corcho que oscila mediante una excitación externa es un emisor de vibraciones; el segundo es un receptor, que repite la vibración del emisor, pero retrasada en el tiempo; y que el agua es el medio por el que se propaga la vibración. (Ver **Anexo A**)

b) Hacer vibrar, simultáneamente y de modo distinto, unos tres osciladores verticales diferentes (resortes y/o elásticos) cuya constante de elasticidad sea pequeña (menores que 0,2 N/cm) con una masa del orden de unos 300 ó 600 gramos en el extremo inferior.

Registrar las observaciones en una tabla de valores.

Instar a los estudiantes a que describan comparativamente sus observaciones empleando las palabras adecuadas. Ello permitirá introducir los conceptos de período, frecuencia y amplitud.

Comentar acerca de la importancia de medir y ser honestos al hacerlo e informarlo.

2. Medir las amplitudes de vibración, los períodos y las frecuencias de dos o más osciladores verticales (como los descritos en 1.b). Usar para ello reglas y relojes de pulsera o cronómetros. Buscar y describir métodos de medición exactas. Registrar los datos obtenidos en cuadros como el siguiente:

Graficar la amplitud de la oscilación en función del tiempo y explicar el amortiguamiento que se observa en las oscilaciones. Utilizar opcionalmente un software de gráficos.

3. Observar, trabajando con diapasones o instrumentos musicales, la relación entre frecuencia y altura de un sonido. Por ejemplo, con la yema de los dedos sobre la cuerda de una guitarra.

4. Hacer sonar un trozo de cartulina pasando por él los dientes de una peinetilla con diferentes velocidades. Determinar en qué caso la frecuencia con que vibra la cartulina es mayor y en qué caso el sonido que se produce resulta agudo y en cuál grave.

5. Con la mano, fijar un extremo de una varilla flexible (preferentemente de acero, como una hoja de sierra) a una mesa y con la otra hacer vibrar el otro extremo, primero en forma suave y después con mayor amplitud. Comparar el sonido que se produce en ambos casos (ver figura 1.1).

6. Golpear un objeto sólido (una barra de acero, un bloque de madera, un vaso de vidrio, etc.) con un lápiz, varilla, martillo, etc., y observar que lo que golpea se detiene mientras su energía de movimiento se transfiere al cuerpo en forma de vibración. Constatar que en estos casos se percibe claramente el sonido, aunque no se ven las vibraciones del aire. Formular hipótesis que expliquen algunos de estos sonidos.

7. Golpear un objeto cada vez con más fuerza y observar que el sonido aumenta en intensidad. Inferir que la intensidad del sonido crece junto con la amplitud de la vibración y la energía.

Indicaciones al docente:

Ilustrar mediante instrumentos musicales de cuerdas la relación entre fuerza de ataque e intensidad de un sonido.

Mostrar, mediante ejemplos numéricos y situaciones de la vida diaria, que período y frecuencia están, por razones lógicas, en relación inversa; es decir, verificar la expresión:

$$frecuencia(\text{Hz}) = \frac{1}{período(\text{s})}$$

Introducir la denominación “vibraciones por segundo”. Introducir y comentar el origen histórico de la unidad Hertz. Recordar o explicar el significado de los prefijos “kilo”, “mega”. Destacar la importancia de convenir y usar unidades para medir.

Oscilador N° _____		
Amplitud	Período	Frecuencia
Métodos de medición:		
Amplitud:		
Período:		
Frecuencia		

Tópico	Detalle de contenidos
--------	-----------------------

- **Reflexión**

El sonido se refleja en superficies sólidas, en forma más eficiente mientras más denso sea el medio reflectante. En superficies planas el ángulo de incidencia y el de reflexión son iguales.

- **Transmisión**

Los sonidos se transmiten a través de diferentes medios, haciéndolo con mayor eficacia en general en medios más densos y para frecuencias más bajas.

- **Absorción**

El sonido es absorbido por el medio en que se propaga, con mayor eficacia para las frecuencias más altas y en materiales blandos como la tela.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Experimentan, analizan y aplican las propiedades relativas a la reflexión, transmisión y absorción del sonido en situaciones cotidianas y experimentos sencillos.

1. Construir el típico intercomunicador de juguete con dos cajas o tarros unidos por un cordel o alambre tirante y comunicarse a través de él. Proponer hipótesis que puedan explicar el funcionamiento de este “teléfono”..

Haga ver que el sonido se propaga por el cordel o alambre mejor que por el aire.

2. Colocar el oído en la pizarra (o en un mesón), de espaldas a una persona que roza muy suavemente un trozo de tiza o un lápiz contra ella, y comparar su sonido con el que se transmite a través del aire. Explicar escenas típicas de películas del oeste norteamericano: el poner el oído en el suelo para escuchar el trote de los caballos o el colocarlo en la línea del tren, para saber si éste se acerca.

3. Experimentar el eco en un ambiente adecuado y explicarlo en base a la reflexión del sonido en las paredes. Generar un pulso en un extremo de una cuerda larga (o resorte para ondas) y describir lo que ocurre con él cuando llega al otro extremo.

Conviene que los estudiantes comparen lo que se observa con el eco y recuerden que el sonido es una vibración que se propaga.

4. Sentir o describir la reverberación en una sala cerrada. Explicarla como las múltiples reflexiones del sonido en las paredes.

5. Describir cómo se escucha un mismo sonido (por ejemplo, la voz, un instrumento musical, etc.) al aire libre, en una habitación de madera, en una habitación de ladrillo (vacía y con muebles, cortinas, alfombras, personas, etc.), en un templo. Investigar sobre la importancia de la acústica en el diseño arquitectónico.

6. Discutir qué debe tener o cómo debe ser el muro que separa las habitaciones, para oír en mejores condiciones o, alternativamente, escuchar lo menos posible los sonidos que se emiten al otro lado de él.

Indicar que los sonidos se propagan en sólidos, líquidos y gases y, que lo hacen mejor en los medios más densos. Usar ejemplos.

7. Investigar por qué en las salas en las que graban o ensayan grupos de rock, se cubren las murallas con 'cajas de huevos'.

Explicar y analizar que para aislar acústicamente una pieza, ésta debe estar herméticamente cerrada, sin rendijas que dejen pasar el aire. Describir y analizar la mejor aislación que producen los materiales densos, los vidrios gruesos y las ventanas de doble vidrio, siempre que sean completamente herméticas.

8. Observar que el tiempo de reverberación en una sala (tiempo en que decae el sonido hasta que ya no es audible) depende de la absorción en las paredes, asientos, personas presentes, etc. En una sala vacía con muros de ladrillo el tiempo es más largo que si éstos están cubiertos por cortinajes o la sala está llena de gente.

Señalar que a 500 Hz un suelo de baldosas alfombrado absorbe hasta quince veces más que sin alfombra. Mencionar que en una sala de teatro la voz humana se escucha nítida si el tiempo de reverberación es algo menor que 1 segundo, mientras en una sala de música conviene que se aproxime a 2 segundos.

9. Colocar una alarma (reloj despertador sonando) dentro de una caja (por ejemplo de zapatos) bien cerrada, primero recubierta interiormente con plumavit, lana o paños de género. Luego hacerlo en la caja sin recubrimiento interior. Percibir el sonido que en ambos casos sale de la caja y explicar la diferencia.

10. Investigar y describir:

- a) cómo funciona un sonar y un radar, señalando las similitudes y diferencias entre ellos. Mencionar y analizar aplicaciones del sonar como la detección de cardúmenes en la pesca, de submarinos y torpedos en la guerra, del relieve y profundidad del fondo submarino en investigaciones oceanográficas, en la búsqueda de restos de naufragios, etc.; y en la detección de aviones, en el caso del radar. Señalar también el hecho que el radar no es efectivo bajo el mar;
- b) el funcionamiento del estetoscopio y sus aplicaciones, en la auscultación del pecho de un paciente por los médicos, y de los motores de automóviles por los mecánicos.

11. Generar un pulso en el extremo de una cuerda (o resorte para ondas, ver anexo A) que se encuentra unida a otra diferente. Describir lo que sucede con el pulso después de llegar al punto que une ambas cuerdas. Repetir la observación generando el pulso en sentido opuesto.

Indicar otros ejemplos de situaciones en que el fenómeno descrito ocurra con el sonido.

12. Introducir en una cubeta de ondas (ver anexo A) o en cualquier recipiente con un poco de agua, un objeto sólido que haga la función de superficie reflectora, luego introducir una esponja, malla o

playera que haga las funciones de superficie absorbente. Generar pulsos sobre la superficie del agua y describir, en cada uno de los casos, lo que ocurre con ellos al llegar a estos objetos.

Dar ejemplos de situaciones en que el fenómeno observado ocurra también con el sonido.

Indicaciones al docente:

Tanto durante las actividades de experimentación como en las propias exposiciones es importante:

- comentar que el trueno se escucha más agudo mientras más cerca uno se encuentre, debido a que las frecuencias más altas se pierden con la distancia. Explicar también que por la misma razón, cuando escuchamos desde lejos un concierto al aire libre, resaltan más los sonidos graves y los agudos se aminoran;
- mencionar y discutir con los estudiantes por qué el murciélago “ve” en la oscuridad;
- resaltar que la contaminación acústica en los océanos de nuestro planeta se debe a los barcos a motor y que tiene un impacto ecológico sobre la fauna marina, especialmente en ballenas y delfines.

Tópico Detalle de contenidos

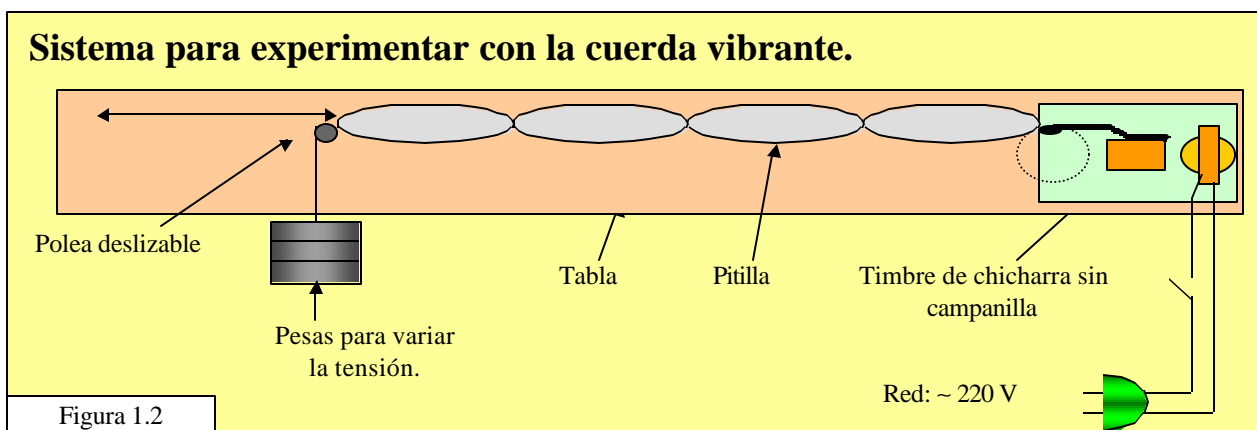
• Cuerda vibrante

Una cuerda tensa fija en sus extremos puede sustentar ondas estacionarias cuando es perturbada. Nodos y antinodos. Si se modifica su longitud o la tensión entre sus extremos, cambia el número de nodos y antinodos.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

A partir de experiencias con cuerdas vibrantes, describen los modos de oscilación y perciben los cambios en los sonidos producidos al modificarlos. Identifican nodos y antinodos y señalan los factores de los cuales depende que una cuerda vibre en un modo u otro.

1. Usando una guitarra, observar que la presión de un dedo sobre la cuerda produce un nodo y comprobar que como consecuencia de ello la frecuencia (altura del sonido) sube. Comprobar que al tensar más la cuerda con la clavija, sube también la frecuencia (base de la afinación de los instrumentos de cuerda).
2. Utilizando un equipo como el que se describe en la figura 1.2,



- a) hacer vibrar una cuerda simple (una pitilla) y describir lo que se observa en la cuerda;

b) variar la tensión de la cuerda, manteniendo fija su longitud y la frecuencia del vibrador. Variar la longitud de la cuerda manteniendo la frecuencia del vibrador y la tensión de la cuerda. Describir lo que ocurre en cada caso. Si al vibrador se le puede variar la frecuencia, modificarla y observar lo que sucede con la cuerda manteniendo fija su longitud y tensión. Describir el movimiento de las diferentes zonas de la cuerda.

Indicaciones al docente:

Destacar cuándo se forma la onda estacionaria e identificar nodos y antinodos

Resulta conveniente mostrar que las ondas estacionarias no ocurren sólo en las cuerdas. Observarlas en la superficie del agua y en la membrana de, por ejemplo, un tambor. Esparcir sobre ésta polvo de talco o arena fina y ver que vibra más en algunos lugares que en otros cuando se lo golpea, mostrando así los nodos y antinodos.

Si trabaja con el sistema para estudiar la cuerda vibrante descrito en la figura 1.2, hacer ver a los estudiantes que el extremo de la cuerda que se encuentra unido al timbre no corresponde exactamente a un nodo.

En este momento es adecuado centrar la atención del estudiante en el fenómeno (onda estacionaria) más que en la explicación detallada de él, cuestión que se recomienda analizar después de conocer las ondas periódicas y el principio de superposición.

Definir el modo fundamental y los armónicos de una vibración. Ilustrarlas con la ayuda de una guitarra, un violín u otro instrumento musical. Comentar que, debido a los armónicos que se excitan, el sonido depende del material, la forma y las dimensiones del objeto vibrante.

Tópico Detalle de contenidos

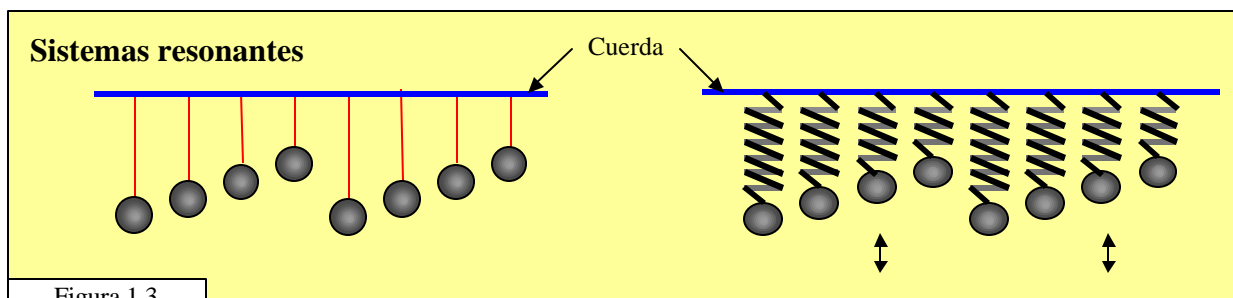
- Resonancia

Al vibrar un cuerpo, otro, que posea su misma frecuencia propia y que se encuentre vinculado de algún modo con él, también entrará en vibración. La energía es traspasada del primero al segundo.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Observan, describen y explican fenómenos en los que un cuerpo entra en resonancia con otro y las circunstancias en que ello ocurre.

1. Construir un conjunto de pares de péndulos de distintas longitudes (por ejemplo, dos de 20 cm, dos de 32 cm, etc.) pero con masas iguales. Atarlos a una misma cuerda horizontal. Partiendo siempre con todos los péndulos en reposo, hacer oscilar uno de ellos transversalmente a la cuerda, luego otro y así sucesivamente. Observar y describir lo que ocurre, en cada caso, con los restantes péndulos del sistema. También pueden emplearse elásticos o resortes y hacer vibrar verticalmente los osciladores (véase figura 1.3)



-
2. Colocar frente a frente las cavidades de las cajas de resonancia de dos diapasones de igual frecuencia y golpear uno de ellos haciéndolo sonar. Después de un breve tiempo, detener su vibración con la mano. Observar y escuchar al otro diapasón, reconociendo que también vibra y emite sonido.
-
3. Analizar el caso de un niño que logra darse vuelo por sí solo en un columpio. Comentar el modo más eficiente con que un padre puede mantener, por un tiempo prolongado, el vuelo de su hijo o hija en un columpio. Describir cualitativamente el traspaso de energía del que empuja al columpio.

Indicaciones al docente:

Comentar, analizar y, si es posible, mostrar en video el caso del puente de Tacoma, en USA.

Comentar que en un terremoto las estructuras cuyos modos normales coinciden con la frecuencia de la onda, entran en resonancia y se caen. Destacar la importancia de tener esto presente en la construcción de edificios de altura.

Enfatizar que una cavidad resuena siempre que la frecuencia del sonido coincida con uno de sus modos normales de vibrar. La forma peculiar de la caja de una guitarra, violín, piano o de un parlante se explica por sus modos normales de vibración.

Dejar claro que un oscilador puede mantener una gran amplitud si se le entrega energía en pequeñas cantidades, pero con la frecuencia adecuada: la frecuencia de resonancia.

2. Ondas y sonido

Tópico	Detalle de contenidos
--------	-----------------------

- **Pulso y onda**

Un pulso como una perturbación breve que se propaga, mientras que una onda es una perturbación que se repite a intervalos iguales en el tiempo.

- **Ondas transversales y longitudinales**

La onda es transversal cuando las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación, y longitudinal cuando la vibración es en la misma dirección. El sonido se propaga como una onda longitudinal.

- **Ondas estacionarias y ondas viajeras**

Descripción cualitativa de la onda viajera armónica. Otras formas de onda viajera. Las ondas estacionarias como suma de ondas viajeras que se propagan en direcciones opuestas, generando nodos y antinodos.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Observan, describen y diferencian un pulso de una onda viajera, una onda viajera de una onda estacionaria, una onda transversal de una longitudinal, y constatan que pulsos y ondas pueden tener distintas formas.

1. Describir los pulsos que se generan,
 - a) moviendo con la mano de diferentes maneras el extremo libre de una cuerda amarrada a un poste (o resorte para ondas como el sugerido en el anexo A). Ensayar distintos movimientos para la mano y observar la forma que adquiere el pulso.
 - b) en una segunda secuencia de observaciones, al mover la mano en forma periódica y regular, describir la perturbación que se propaga en la cuerda o resorte para ondas. Denominarla “onda viajera”.
2. A mano alzada, dibujar los gráficos que representen la posición de un “punto” de la cuerda (o resorte) en función del tiempo comentando la forma de los pulsos.
3. Caracterizar la onda viajera generada en una cuerda o resorte muy largo antes que llegue a su extremo; hacer otro tanto con una onda en el agua o el sonido de una flauta. Analizar ondas estacionarias como las que se producen en la cuerda de una guitarra o la cuerda vibrante de la figura 1.2 en uno de sus modos de vibración.

Destacar la importancia de los extremos fijos de la cuerda en este último caso, y el hecho de que la onda reflejada se invierte respecto de la incidente. Mencionar las ondas estacionarias en la columna de aire en el interior de una flauta. En este caso, un extremo es un nodo; el otro, un antinodo.

4. Analizar el complejo fenómeno de una ola del mar. Debatir en qué instancias puede corresponder a un fenómeno ondulatorio y en cuáles no. Analizar si las ondas asociadas a ellas son longitudinales o transversales. Discutir qué implica, para las ondas que la componen, la variación de profundidad del mar, etc.
-
5. Observar y describir la propagación de un pulso en:
- una cuerda de tres metros o más, fija en un extremo. Producir, en el otro extremo, un rápido movimiento de la mano hacia arriba y regresarla a su posición original cuando la cuerda está en reposo;
 - el extremo de un resorte para ondas (ver Anexo A) amarrado a un poste. Si sus espiras están juntas, estirarlo de modo que se separen unos 4 o 5 mm. Sosteniendo el extremo libre con una mano, comprimir, con la otra mano, una sección de unos 20 centímetros. Cuando todo esté en reposo, soltar la sección comprimida del resorte.
 - Repetir la actividad anterior después de haber amarrado una cinta de color amarillo al centro de la cuerda o resorte que se emplee. Para describir el movimiento observado, trazar, a mano alzada, gráficos que representen el movimiento de las cintas de color (o anillo) en función del tiempo, para pulsos transversales y longitudinales.

Indicaciones al docente:

Señalar hechos y situaciones en relación a los movimientos sísmicos que prueben su carácter ondulatorio y expliquen los ruidos de que suelen estar acompañados. Conviene trabajar el tema con el propósito de complementar la operación Deysé que debe implementarse en la escuela.

Si bien lo que se ha denominado pulso tiene tanto derecho a ser llamado onda, la distinción que aquí se hace solamente tiene el propósito de hacer más claro el lenguaje y ajustarse a las convenciones de uso internacional. También a las ondas viajeras se las suele denominar ondas periódicas.

Mencionar que, a diferencia del aire, los vidrios, los metales y otros sólidos pueden vibrar longitudinal (ondas acústicas) o transversalmente. Estas últimas son de muy alta frecuencia y fuera del rango de audición.

Existen videos y animaciones computarizadas que muestran muy bien ondas transversales y longitudinales. Ellos pueden emplearse para reforzar los aprendizajes; pero no es aconsejable sustituir la experiencia de observar directamente los fenómenos. En algunos libros de física aparecen también secuencias fotográficas de esta situación.

Destacar que al vibrar el aire se producen minúsculos cambios en la presión, compresiones y refacciones, los que se van propagando como la perturbación que produce una piedra al caer al agua quieta.

Tópico	Detalle de contenidos
--------	-----------------------

- Velocidad del sonido.

El sonido, como toda onda, se propaga con una velocidad característica del medio. Valores aproximados son, para el aire 340 m/s, para el agua 1,5 km/s, para el acero 5,1 km/s.

- Frecuencia, longitud de onda y velocidad de una onda

La frecuencia (f), longitud de onda (λ) y velocidad (V) de una onda viajera cumplen la relación $V = \lambda \cdot f$

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Describen y aplican, utilizando un modelo matemático, la relación entre longitud de onda, frecuencia y velocidad de una onda viajera y comparan la velocidad con que se propaga el sonido en distintos medios.

-
1. A partir de las observaciones realizadas en ondas viajeras transversales unidimensionales como las generadas en una cuerda o resorte, discutir una definición para el concepto de longitud de onda.

 2. Generar diferentes ondas viajeras en una cuerda larga (o resorte para onda) y apreciar los órdenes de magnitud (tamaño aproximado) de las diferentes frecuencias y longitudes de ondas.

 3. A partir de datos entregados en una tabla, comparar la velocidad del sonido en el aire con otras velocidades que resulten significativas (la de un velocista, la de un tren, la de la luz, etc.) y también la velocidad del sonido en distintos medios. Utilizar para esto los órdenes de magnitud de las velocidades.

Explicar por qué el sonido se propaga a diferentes velocidades en medios diferentes.

-
4. En una cuerda (o resorte para ondas) generar dos pulsos e intentar que el segundo alcance al primero. Generar pulsos similares en cuerdas (o resortes para ondas) diferentes, y apreciar las velocidades distintas con que se propagan.

Orientar a los estudiantes a concluir que la velocidad con que se mueve el pulso por la cuerda depende del medio y no de la forma de generarlo.

-
5. Estimar la velocidad de propagación de un pulso longitudinal en un resorte. Compararla con la de propagación del sonido. Discutir en torno a la diferencia entre un pulso de sonido y uno en un resorte.

 6. Imaginar y describir cómo se escucharía la música de una orquesta en un teatro, si cada nota diferente emitida por los instrumentos viajara con una velocidad diferente.

 7. Explicar por qué en una tormenta eléctrica el rayo y el trueno se detectan a destiempo. Calcular la razón entre las velocidades de la luz y del sonido. Proponer una metodología que permita determinar la distancia a que se encuentra la tormenta.

Hacer ejemplos numéricos para estimar esa distancia.

-
8. Hacer un dibujo o esquema que represente a dos personas hablando por teléfono. Hacer un dibujo que represente al locutor de una radio emisora y a una persona que lo está escuchando. Describir, en ambos casos, el proceso de comunicación. Indicar en qué etapas de estos procesos de comunicación está presente el sonido y en cuáles hay ondas electromagnéticas. Indicar también la

función que cumplen los micrófonos y parlantes, transmisores y receptores, así como las antenas y los cables que conectan los sistemas.

9. Generar ondas superficiales en una cubeta de ondas, (ver Anexo A). Comparar sus velocidades de propagación para diferentes niveles de agua (desde 1 mm a unos 3 cm) y constatar que distintos niveles de agua constituyen condiciones diferentes para el medio.

Indicaciones al docente:

Acordar una simbología para los conceptos asociados a las ondas, por ejemplo: “ λ ” para la longitud de onda, “ V ” para su velocidad de propagación, y “ f ” para su frecuencia. Señalar que tales conceptos se reconocen en cualquier onda viajera, sin importar cual sea su tipo, forma o medio por el que se propague.

Es importante deducir la expresión para la velocidad de una onda viajera en función de su longitud de onda y su frecuencia, a partir de las experiencias que se han realizado y de otros ejemplos pertinentes.

Si se dispone de un generador de audiofrecuencia y de un osciloscopio (o de un software que los simule), es ilustrativo efectuar las mediciones de frecuencias, longitudes de ondas y amplitudes de diferentes sonidos puros. A falta de un generador de audiofrecuencia, tener presente que los silbidos o notas de una flauta corresponden a sonidos bastante puros.

Proponer a los estudiantes una guía de ejercicios que los familiaricen con la fórmula $V = \lambda f$. Poner énfasis en el uso de unidades (m y s) y en la estimación de órdenes de magnitud en forma mental o escrita. Usar para ello situaciones de la vida diaria como, por ejemplo, el cálculo de longitudes de onda de sonidos musicales de determinada frecuencia que se propagan en el aire, el agua, o en acero.

Tópico Detalle de contenidos

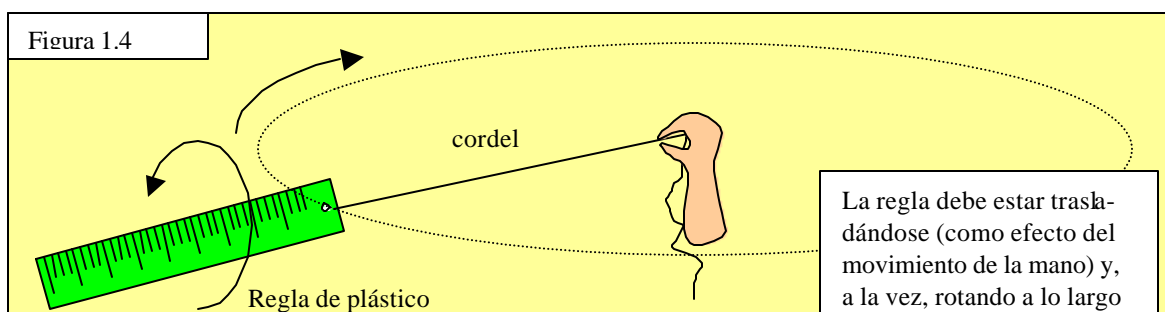
- Efecto Doppler

La frecuencia con que se percibe un sonido depende de la velocidad relativa entre quien lo emite y quien lo escucha. El análisis del cambio de frecuencia permite deducir si un objeto que emite sonido se acerca, se aleja y con que rapidez.

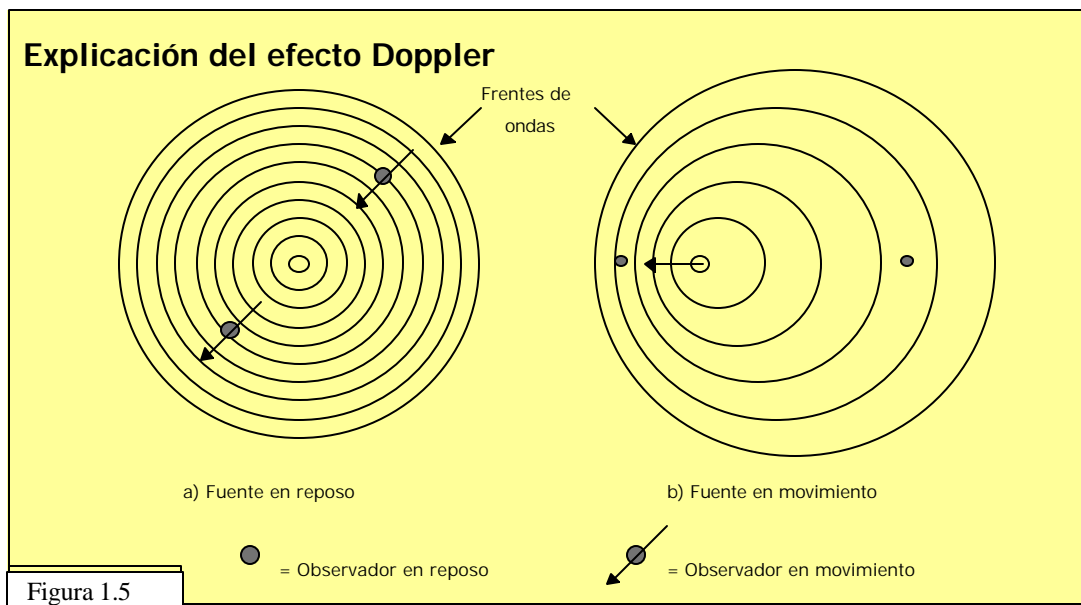
Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Experimentan y describen situaciones en que se aprecie el efecto Doppler y analizan sus aplicaciones.

1. Escuchar una motocicleta o cualquier vehículo que pasa rápidamente tocando la bocina; escuchar en una grabación el ruido emitido por los motores de automóviles de carrera o el silbato de un tren en movimiento. Describir el efecto sonoro que se percibe.
2. Hacer girar con la mano una regla atada a un hilo por un extremo, de modo que pueda rotar además sobre su eje longitudinal (ver figura 1.4) Escuchar el sonido que emite, desde distintos ángulos en relación al plano de giro. Comparar los efectos sonoros que se perciben.



3. Observar (o imaginar) y dibujar los frentes de ondas circulares generados por un remo que toca periódicamente el agua de un tranquilo lago; primero con el bote en reposo (figura 1.5.a) y luego con el bote en movimiento (figura 1.5 b). Indicar, en cada caso, cómo son las frecuencias con que llegan los frentes de ondas a observadores situados delante y detrás del bote, tanto cuando éste está en reposo como cuando está en movimiento.



4. Aplicar el modelo anterior al caso de las ondas de sonido.

Se recomienda limitarse a tratar el caso en que la fuente emisora se mueve a una velocidad inferior a la de la onda.

5. Analizar el caso de un avión que viaja a la velocidad del sonido, o “Mach 1”. Comentar y analizar el estampido sónico que produce el paso de un avión que vuela a velocidad supersónica.
6. Explicar el funcionamiento de un sonar para medir las velocidades de los objetos detectados por ellos. Describir, paso a paso, el método a seguir para determinar, por ejemplo desde un barco, la velocidad con que se acerca o aleja un pez, un submarino o un torpedo.

Indicaciones al docente:

Comentar diferentes aplicaciones del radar basadas en el efecto Doppler (por ejemplo, determinar la velocidad con que se acerca o aleja un avión en relación a otro o a la torre de control de un aeropuerto).

Comentar la aplicación del efecto Doppler en la astronomía: la medición de la velocidad radial de estrellas y galaxias (Ley de Hubble) y las bases de la teoría de la expansión del universo.

Hacer notar que no sólo el sonido se propaga como onda sino también la luz, y aun la materia microscópica como electrones y neutrones.

Enumerar aplicaciones prácticas que, a lo largo de la historia, se han inventado para transmitir información en base a las ondas. Comentar los distintos medios de comunicación que se han inventado e indicar el papel que en ellos juegan los fenómenos ondulatorios.

Reflexionar en relación a cómo sería el Universo del que formamos parte y cómo podríamos conocerlo si no existieran las ondas.

Tópico	Detalle de contenidos
---------------	------------------------------

- El oído

Anatomía del oído humano. La oreja, el tímpano, los huesos conductores, la cóclea, la membrana basilar, las terminaciones nerviosas. La sordera.

- La audición

El proceso de audición. Rol de las partes del oído en la transmisión de las fluctuaciones de presión en el aire hasta las terminaciones nerviosas.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Realizan actividades diversas que permitan describir la anatomía del oído y relacionarla con el proceso de la audición.

1. Nombrar y describir las partes del oído y la función de cada una de ellas. Ayudarse de un modelo desarmable del oído para explicar cómo funciona cada una de sus partes.
2. Desarmar un micrófono en desuso (el de un auricular de un teléfono), distinguir sus partes principales y explicar, de un modo general, su funcionamiento. Comparar con el oído humano, destacando la perfección de este último.

Indicaciones al docente:

De acuerdo con el profesor o profesora de Biología, mostrar la anatomía del oído humano utilizando láminas, transparencias o videos. Tener presente que en enciclopedias de multimedia existen excelentes animaciones que muestran las partes del oído humano y el modo en que se produce la percepción auditiva.

Comentar que si bien las partes del oído cumplen funciones de carácter físico, el sonido es procesado por el sistema nervioso, por lo que el tema crea un puente entre la física y la biología. Este tema se presta para destacar la perfección y eficacia del oído humano, así como los daños de la contaminación acústica ambiental.

Explicar las principales causas de la sordera: defectos congénitos, rotura del tímpano, rigidez (por edad u otras causas) de la cóclea, etc. Destacar el problema que esto crea y la importancia de ayudar a quienes lo sufren. Lenguaje para sordos (usando las manos).

Mencionar que por “acústica” se entiende la disciplina que engloba todo lo que se sabe acerca del sonido y de la audición.

Tópico	Detalle de contenidos
---------------	------------------------------

- Rangos de audición

El oído percibe sonidos de frecuencias entre 16 y 20.000 Hz, y cubre un rango de un millón de millones de unidades en intensidad. Los sonidos imperceptibles para un oído humano normal, por debajo de los 16 Hz, se denominan infrasonidos, y los que están por encima de los 20 kHz, se denominan ultrasonidos.

- **El decibel**

La intensidad de los sonidos se mide en decibeles. Valores de sonidos de la vida diaria en esta unidad.

- **Aplicaciones de los ultrasonidos**

Los ultrasonidos son aplicados con éxito en diferentes áreas, principalmente en medicina y en la industria. Ellos permiten “ver” el interior de ciertos materiales o “romper” objetos con gran precisión. En el mundo natural hay especies que hacen uso de los ultrasonidos.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Analizan las características del espectro acústico desde el punto de vista de las frecuencias que percibimos, distinguiendo infrasonidos, sonidos y ultrasonidos. Describen algunas aplicaciones de los ultrasonidos. Comparan intensidades de sonidos cotidianos medidos en decibeles.

1. Realizar búsqueda bibliográfica acerca del aparato auditivo de diversos animales, utilizando artículos y revistas de divulgación científica y, si es posible, la red Internet. Describir cómo funcionan los espanta insectos y los espanta ratones eléctricos.

2. Analizar un cuadro que señale algunos sonidos conocidos y la cantidad de decibeles que les corresponden.

Señalar también en dicho cuadro los niveles en que se produce dolor de oídos, ruptura del tímpano, etc., para sonidos de ciertas frecuencias.

3. Con un decibelímetro o un probador eléctrico (tester) que posea escala de decibeles, medir la intensidad de diferentes sonidos a la salida de un equipo de radio, amplificador o generador de audio frecuencia, o con un amplificador de audio o equipo de sonido doméstico que posea un decibelímetro.

Hacer ver la no linealidad de la escala de decibeles (un sonido de 10 decibeles es 100 veces más intenso que uno de 1 decibel). Describir la reducción de la intensidad del sonido con la distancia y la necesidad de comparar las intensidades de sonidos emitidas por fuentes distintas a distancias iguales.

4. Buscar información respecto de los daños fisiológicos y psicológicos producidos por la contaminación acústica en las grandes ciudades, en industrias y algunos trabajos, en revistas de divulgación científica y, de ser posible, en la red Internet.

5. Analizar un cuadro que muestre la relación entre los sonidos que percibimos y sus frecuencias, en el que se pueda apreciar el lugar que ocupan en el espectro acústico algunos sonidos conocidos y las zonas de infrasonidos y ultrasonidos.

Con un generador de audiofrecuencia es posible realizar algunas pruebas auditivas con los estudiantes.

6. Recoger y analizar antecedentes en relación con:
- a) el principio bajo el cual funciona la ecografía y analizar sus ventajas en relación a los rayos X;
 - b) las técnicas destinadas a destruir cálculos renales o biliares y sus ventajas frente a las operaciones tradicionales;
 - c) los tratamientos de kinesiterapia con ultrasonido;
 - d) los murciélagos, los delfines y otros seres vivos que se valen de los ultrasonidos para desplazarse sin chocar con objetos y para comunicarse, del mismo modo que nosotros usamos nuestros sentidos para subsistir.

Indicaciones al docente:

Explicar por qué los límites de audición en el ser humano están determinados por la estructura física de su oído.

Destacar que hay un umbral de audición y un límite de dolor, que varían de persona a persona. Los sonidos muy fuertes, además, dañan el oído.

Comentar acerca de la contaminación acústica en la industria y las grandes ciudades. Enfatizar que el daño que ésta produce puede llegar en algunos casos a la pérdida permanente de la audición.

Mencionar los problemas que podemos tener al permanecer, durante mucho tiempo sometidos a niveles de ruidos muy intensos (ambiente laboral, equipos personales de música, discotecas, etc.).

Comentar que con suficiente energía se puede quebrar un vaso usando ultrasonido. Hay software computacional y videos que muestran esta experiencia.

Puede organizarse una actividad en conjunto con los profesores o profesoras del subsector Biología para tratar el tema y/o invitar a un médico a dar una charla al respecto. Referirse al teléfono submarino y al sonar activo, los cuales generalmente operan con ultrasonidos, y a las técnicas de limpiezas de piezas metálicas (por ejemplo relojes a cuerdas).

3. Composición del sonido

Tópico	Detalle de contenidos
--------	-----------------------

- **Modos de vibración**

Una cuerda puede vibrar de diversos modos. Los modos normales, el modo fundamental y los armónicos.

- **Principio de superposición**

Ondas que se propagan por el mismo medio se superponen en cada punto generando una onda compuesta. La onda resultante se obtiene sumando algebraicamente las elongaciones (principio de superposición).

- **Onda estacionaria**

Los modos normales de vibración de una cuerda están dados por la relación

$$\text{longitud de onda} = \frac{2 \cdot \text{longitud de la cuerda}}{n}$$

donde n es un entero positivo. Modo fundamental (n = 1) y armónicos (n = 2, 3, ...)

- **Timbre**

El timbre de un sonido depende de las frecuencias que lo componen, y sus respectivas amplitudes. La diferencia en la composición de un tono emitido por diferentes instrumentos explica su diferente timbre.

- **Pulsaciones**

La superposición de dos tonos de frecuencia similar pero no idéntica produce una pulsación, percibiéndose máximos y mínimos de intensidad. La frecuencia f de la pulsación es igual a la diferencia de las frecuencias superpuestas f_1 y f_2 ,

$$f = |f_1 - f_2|.$$

- **Tonos musicales y ruido**

Los tonos musicales están asociados con una frecuencia fundamental que define su altura, y sus armónicos. Cuando se mezclan numerosas frecuencias que no son múltiplos enteros entre sí, se obtiene lo que se llama ruido.

- **Construcción de un instrumento musical**

Los instrumentos musicales se basan en principios simples de acústica. Su refinamiento es considerado, sin embargo, un verdadero arte.

Actividades genéricas, ejemplos y sugerencias para el docente

Realizan observaciones y experiencias que permitan explicar y aplicar el principio de superposición en el análisis del fenómeno de la interferencia y del timbre del sonido, utilizándolo además para comprender la riqueza de los sonidos que producen los instrumentos musicales y la voz.

1. Graficar dos ondas transversales y aplicar el principio de superposición para encontrar la onda resultante. Extrapolar el concepto a ondas longitudinales como la del sonido.

En base a ejemplos, introducir los términos “interferencia constructiva” e “interferencia destructiva”. Describir las características que deben poseer dos pulsos para interferir dando origen a un nodo.

Justificar la formación de nodos y antinodos en la onda estacionaria en la cuerda vibrante y cuando una misma onda de sonido se refleja perpendicularmente en una pared. Destacar la relación entre la rigidez del muro y su capacidad de vibrar, formándose allí un nodo. Comentar que ello produce zonas de mejor o peor audición en ciertos ambientes cerrados.

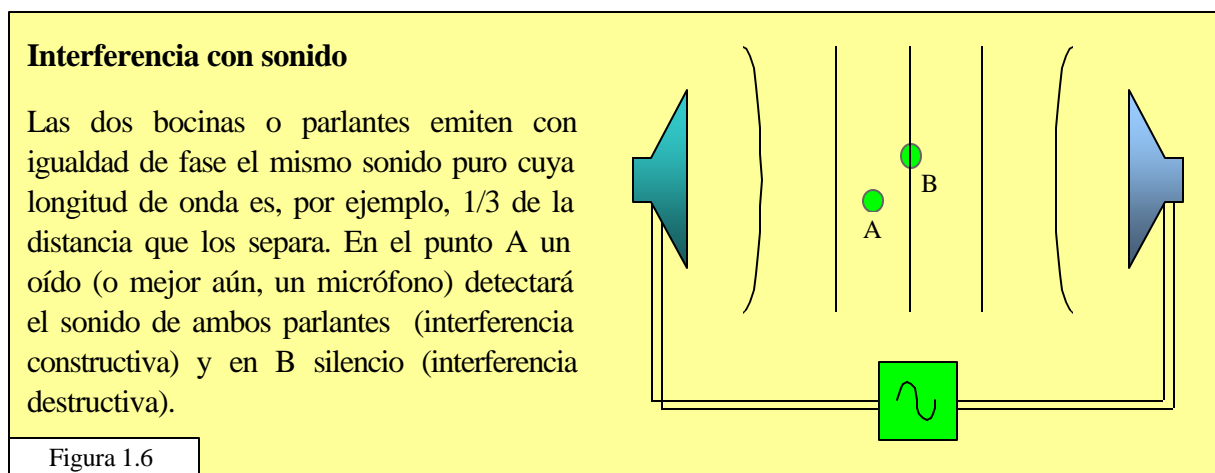
2. Con una regla, medir las longitudes de ondas (λ) para dos o tres modos de oscilación diferentes de la cuerda vibrante (cuando está sustentando una onda estacionaria), teniendo presente que ella corresponde a la distancia entre tres nodos consecutivos.

Si se conoce la frecuencia del generador de ondas (50 Hz si es un timbre de chicharra), calcular las velocidades con que se propagan las ondas que dan origen a la onda estacionaria. Pedir a los estudiantes que intenten probar que si “ L ” es la longitud de la cuerda, “ λ ” la longitud de onda y “ n ” un entero positivo, entonces los modos de vibración de la cuerda están dados por:

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

en que con $n = 1$ se tiene el modo fundamental, y con $n = 2, 3, \dots$ los armónicos. Considerando, además que $V = \lambda f$, hacer ver que la frecuencia de los armónicos son múltiplos enteros de la frecuencia del modo fundamental. Desarrollar ejemplos numéricos variados.

3. Diseñar un experimento como el de la figura 1.6 usando sonido, en el que sea posible producir interferencia. Realizarlo a la intemperie y sobre pasto para reducir las reflexiones.



- a) Analizar qué se esperaría que percibiera un oído colocado en las zonas nodales.
- b) Analizar las dificultades prácticas de realizar el experimento o las condiciones que debería cumplir para que la presencia de nodos y antinodos sea detectable (uno de los parlantes puede ser reemplazado por un muro que refleje bien el sonido).
- c) Inspeccionar auditivamente la zona entre los parlantes.

d) Analizar el proceso de diseño del experimento: ¿qué frecuencia de sonido utilizar? ¿a qué distancia colocar los parlantes? ¿dónde se encontrarán las zonas nodales? etc., son algunas de las preguntas que podrán responderse y comprobar luego en la práctica.

4. Reconocer el sonido de diferentes instrumentos musicales que emiten la misma nota musical, sonidos naturales del ambiente, la voz de un cantante popular, sonidos de máquinas. De ser posible, ayudarse con un sintetizador electrónico (o teclado electrónico) u otras grabaciones.

5. Identificar sonidos diversos sin ver la fuente que los produce.

Sin ver a un compañero de la sala identificarlo por su timbre de voz

En un diagrama de amplitudes versus número de armónico mostrar gráficamente la “receta” de armónicos de un tono de voz humana, flauta, clarinete, etc. Destacar que cada tono emitido por un instrumento musical tiene varios armónicos presentes, con diversas amplitudes cada uno. Conocer estas amplitudes permite imitarlos en un órgano electrónico.

Interesa que los estudiantes se den cuenta que los sonidos ordinarios contienen más de una onda armónica. En efecto, ellos constituyen una mezcla que produce sensaciones auditivas extraordinariamente distintas a los sonidos puros.

Comentar por qué los animales se pueden identificar con facilidad por los sonidos que emiten. Enciclopedias de multimedia permitirán recordar los sonidos típicos de animales y también el de variados instrumentos musicales.

6. Por medio de un osciloscopio o software computacional, observar la representación de un mismo tono generado por fuentes diferentes. Compararla luego con la de un sonido puro de igual frecuencia.

7. Hacer vibrar simultáneamente dos diapasones de frecuencias iguales y escuchar la superposición de las ondas. Repetir la acción anterior pero habiendo rodeado esta vez uno de los brazos de uno de los diapasones con un pedazo de plasticina. Describir comparativamente la percepción del sonido que se escucha en ambos casos.

Se recomienda al profesor o profesora variar la ubicación de la plasticina con el propósito de obtener un efecto óptimo antes que los estudiantes realicen esta actividad y explicar su función en el experimento. Existe software de multimedia que muestra esta experiencia. La actividad se puede realizar también usando cuerdas de guitarra.

Explicar el origen de las pulsaciones. Aplicar la fórmula

$$f = |f_1 - f_2|$$

que permite determinar la frecuencia f_2 del vibrador con plasticina si f_1 es la frecuencia del vibrador original y f la frecuencia con que se perciben las pulsaciones. Justificarla.

Destacar que, para hacer su trabajo, los afinadores de instrumentos musicales como el piano y el órgano, comparan dos tonos emitidos simultáneamente y escuchan las pulsaciones entre ellos.

8. Escuchar una misma nota emitida por un instrumento musical y por alguien “de buena voz” que la canta; compararlas entre sí y con el ruido que emite un motor, por ejemplo. En forma cualitativa

comparar gráficamente la composición de frecuencias del sonido que emite un motor con el de una flauta o guitarra.

Mencionar que un sonido que mezcla numerosas frecuencias que no son múltiplos enteros unas de otras produce la sensación de “ruido”.

Guiar una discusión en relación a la distinción entre tono musical y ruido. Relacionarlo con el tema de contaminación acústica.

Establecer con claridad la diferencia entre altura y timbre de los sonidos.

9. A modo de proyecto construir instrumentos musicales empleando elementos simples del entorno. Motivar a las y los estudiantes realizando actividades tales como los siguientes:

- a) Pulsar un elástico tirante y escuchar el sonido que genera. Luego, repetir la operación colocando el elástico en la abertura de un tarro o de una caja. Ensayar la mejor forma de colocar el elástico en la caja para obtener buenos resultados. Comparar el sonido logrado con el de una guitarra.
- b) Golpear con una varilla una serie de vasos o botellas de vidrio con agua hasta distintos niveles, para generar las notas de una escala.
- c) Soplar por la apertura de tubos de metal, plástico, madera, cortados de diferentes longitudes, para producir tonos musicales.

Este proyecto puede ser realizado por el curso a lo largo de todo el desarrollo de la materia del tema del sonido, o como un proyecto específico al final. Demostrar en la sala y comentar con los alumnos y alumnas los instrumentos construidos.

La mejor forma de apreciar los fundamentos acústicos de la música es observando y construyendo diferentes instrumentos musicales. El estudiante debe darse cuenta que tanto los elementos que se utilicen como la forma en que se dispongan, influyen en la calidad del sonido de los instrumentos musicales.

Indicaciones al docente:

Encomendar a los estudiantes la realización de un informe sobre un tema integrador que sea del interés de ellos. Exponer a los estudiantes un abanico de temas posibles, como los que se sugieren a continuación, para ser investigados. Por ejemplo: Causas y consecuencias de la contaminación acústica, que puede ser subdividido en: contaminación acústica en las ciudades, contaminación acústica en las industrias, contaminación acústica en los océanos. Otros temas pueden ser:

- El sonido como medio de comunicación
- La sordera
- La barrera del sonido
- El sonar y sus aplicaciones
- Los grandes órganos de iglesias
- Biografía de alguno de los famosos fabricantes de instrumentos musicales

Se recomienda especificar con mucha claridad las características que deberá poseer este trabajo. El tema ha de estar perfectamente acotado y claramente especificadas las características que debe tener el informe final, el plazo de entrega y el modo en que será evaluado.

Si se opta por el trabajo grupal, lo que es recomendable, será conveniente reforzar valores como la necesaria colaboración, intercambio de información significativa y respeto por la opinión de los miembros del grupo.

Se recomienda dar a esta actividad el carácter de proyecto y orientar permanentemente a los estudiantes en las distintas etapas del trabajo.

Es aconsejable que los estudiantes escriban el informe con un procesador de textos.

Indicar qué aspectos de la investigación se tendrán en cuenta en el momento de calificarla y la ponderación de la nota (coeficiente uno o dos).

Las actividades anteriores pueden coordinarse con las profesoras o profesores de Artes Musicales.

Aprovechar el Principio de Superposición para comentar que un “principio” en física es una afirmación no demostrada, que surge directamente de la observación de la naturaleza y que tiene gran generalidad. A diferencia de las “leyes”, no se expresa a través de una ecuación.

Mencionar al técnico y al ingeniero en sonido. Referirse a las carreras que ellos estudian y a los correspondientes campos laborales.

Ejemplos de preguntas y problemas para la evaluación

- 1) Describan en forma breve un método para medir la amplitud y la frecuencia de un cuerpo que oscila verticalmente al estar atado a un resorte o elástico.

a) Amplitud	b) Frecuencia
--------------------	----------------------

- 2) De acuerdo con las observaciones que ha realizado y de la experiencia que posee, indique dos situaciones en que se manifiesten claramente los fenómenos de ***reflexión, transmisión y absorción*** del sonido.

Reflexión del sonido	a)
	b)
Transmisión del sonido	a)
	b)
Absorción del sonido	a)
	b)

- 3) Dos astronautas posados sobre la superficie de la Luna, con sus típicos trajes, se comunican a través de ondas radiales (cada uno lleva consigo un transmisor y un receptor). ¿Podrían comunicarse por medio de sonidos si sus equipos electrónicos fallaran?

- 4) ¿Qué elementos son necesarios para convertir una pieza común en estudio de grabación de buena calidad?

- 5) Explique la razón de por qué no reconocemos nuestra voz al oírla en una grabación magnetofónica, por muy buena que sea la calidad de dicha grabación, y sí reconocemos las de otras personas.

- 6) Indique el rango de longitudes de ondas de los sonidos que percibe un oído humano normal.

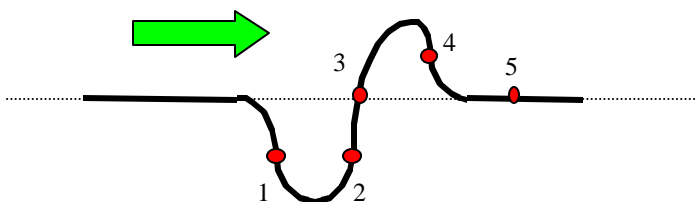
- 7) Indique un ejemplo de fenómeno que corresponda a cada uno los siguientes tipos de ondas:

Tipo de onda	Ejemplo de fenómeno
Pulso	
Viajera o periódica	
Transversal	
Estacionaria	

- 8) Hay dos diapasones emitiendo su sonido característico, uno de 240 Hz y el otro de 242 Hz. ¿Con qué período se escuchan las pulsaciones?

10) La figura siguiente representa la forma que posee, en un instante dado, una cuerda por la que viaja un pulso en la dirección indicada por la flecha.

- a) En el recuadro adjunto dibuja una flecha (ver ejemplo) que represente la dirección en que se deben estar moviendo las partículas 1, 2, 3, 4 y 5 en dicho instante debido al pulso. La línea de puntos representa la posición de equilibrio de la cuerda. Si la partícula se encuentra en reposo, en vez de flecha, dibuja una cruz (X).



partícula	Flecha
1	
2	
3	
4	
5	

Ejemplo

partícula	Flecha
1	
2	X

- b) En relación a la rapidez de cada una de las partículas destacadas: 1, 2, 3, 4 y 5, se puede afirmar que en el instante representado:
- A) todas poseen la misma velocidad puesto que la onda viaja con rapidez constante
 - B) 1 tiene mayor velocidad que 2
 - C) 5 tiene mayor velocidad que todas las demás
 - D) 3 posee mayor velocidad que todas las demás
 - E) falta información para comparar las velocidades de las partículas