Ejercicios de Bioacústica

Ejercicios resueltos de sonido:

EJERCICIO 1: *Determinar la máxima frecuencia de una onda sonora cuya mínima longitud de onda es de 3,3 milímetros, y que se propaga por aire.*

Para determinar la frecuencia de una onda sonora es necesario conocer su velocidad de propagación en el medio y la longitud de onda que posee, ya que guardan la siguiente relación:

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Como se puede observar, la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia. Es por esto que la máxima frecuencia se producirá con la menor longitud de onda emitida. Primero unificamos las unidades: λ_{min}= 3,3 mm = 0,0033 m
Entonces calculamos la frecuencia:

$$f_{max} = \frac{340\ m/s}{0{,}0033\ m} = \mathbf{103{,}03\ kHz}$$

EJERCICIO 2: *Una gaviota emite un sonido en el aire tiene una frecuencia de 1 kHz. ¿Cuál es su longitud de onda en el aire y en el agua? ¿Cambia su frecuencia en el agua? Datos: v_{aire}=344m/s; v_{agua}= 90 km/min*

En este problema se plantea la propagación de un sonido en dos instancias. La primera en el aire con una velocidad de 340 m/s, y la segunda en el agua con una velocidad de 90 km/min. El sonido al cambiar de medio **no modifica su frecuencia**, es por esto que su valor será de 1 kHz tanto en el aire como en el agua. La longitud de onda será diferente en un medio y en otro.

Primero calcularemos la longitud de onda de ese sonido en el aire:

$$\lambda_{aire} = \frac{v_{aire}}{f} = \frac{344\ m/s}{1000\ 1/s} =$$

$\mathbf{0,344\ m}$

Luego calculamos la longitud de onda de ese sonido en el agua:
v_{agua}= 90km/min = 1500m/s

$$\lambda_{agua} = \frac{v_{agua}}{f} = \frac{1500\ m/s}{1000\ 1/s} = \mathbf{1,5\ m}$$

EJERCICIO 3: *Los ruidos cardíacos son sonidos breves y transitorios producidos por la apertura y el cierre de las válvulas; se dividen en sistólicos y diastólicos. El segundo ruido cardíaco (S2) aparece al comienzo de la diástole y es el resultado del cierre de las válvulas aórtica y pulmonar. Si el nivel de sensación sonora del segundo ruido cardíaco es de 5 dB, ¿cuál es la intensidad del sonido de S2? Si la intensidad del sonido de S2 se duplica, ¿cuál es el nuevo nivel de sensación sonora?*

El nivel de sensación sonora se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$NS = 10dB. log\frac{I}{I_0}$$

I : Intensidad del sonido
I_0 : mínima intensidad sonora perceptible = 10^{-12} W/m^2

Si conocemos el nivel de sensación sonora del segundo ruido cardíaco (S2), podremos determinar cuál es la intensidad del sonido.

$$5dB = 10dB.\log\frac{I}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}$$

$$\frac{5\cancel{dB}}{10\cancel{dB}} = \log\frac{I}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}$$

$$0{,}5 = \log \frac{I}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}$$

$$10^{0{,}5} = \frac{I}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}$$

$$10^{0{,}5} = \frac{I}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}$$

$$\boldsymbol{I = 3{,}16\,.\,10^{-12}\,W/m^2}$$

Ahora podremos determinar el nivel de sensación producido en el mismo foco por un segundo ruido cardíaco que ha duplicado su intensidad sonora.

I = 2 x (3,16 .10^{-12} W/m^2) = 6,32.10^{-12} W/m^2

$$NS = 10dB.log\frac{I}{I_0} = 10dB.\log\left(\frac{6{,}32.\,10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}{10^{-12}\,\frac{W}{m^2}}\right) = 10dB\;.\,0{,}8 = \mathbf{8\;dB}$$

GUÍA DE EJERCICIOS DE SONIDO Y AUDICIÓN (Resueltos)

1- Cuando se coloca un diapasón sobre el extremo abierto de un tubo, lleno de un gas, se observa que la mínima longitud del tubo que produce resonancia es 30 cm. Suponiendo que la frecuencia del diapasón es de 300 Hz, calcular la velocidad de propagación del sonido en el gas.

Los 0,3 m son ¼ de la longitud del tuvo =>

$\lambda_0 = 4 * 0{,}3\ m = 1{,}2\ m$ y $f_0 = 300\ Hz$ =>

$v = \lambda_0\ f_0 = 1{,}2m\ 300\frac{1}{s} = 360m/s$

2- En los instrumentos musicales de viento (un extremo abierto), se denomina soprano al que tiene frecuencia fundamental más alta. Un clarinete soprano tiene una longitud de 58,9 cm. ¿Cuál es su frecuencia fundamental si se sabe que la velocidad de propagación del sonido en aire es 344 m/s?

Los 58,9 cm son ¼ de la longitud del tuvo =>

$\lambda_1 = 4 * 0{,}589\ \ m = 2{,}356\ m$ y $f_1 = \frac{v}{\lambda} = \frac{344\ m/s}{2{,}356\ m} = 146\ Hz$

3- Un instrumento musical de cuerda (extremos cerrados) posee cuerdas de 50 cm de longitud. Cuando la frecuencia de oscilación es 1020 Hz se forma una onda que contiene 6 nodos (contando ambos extremos)

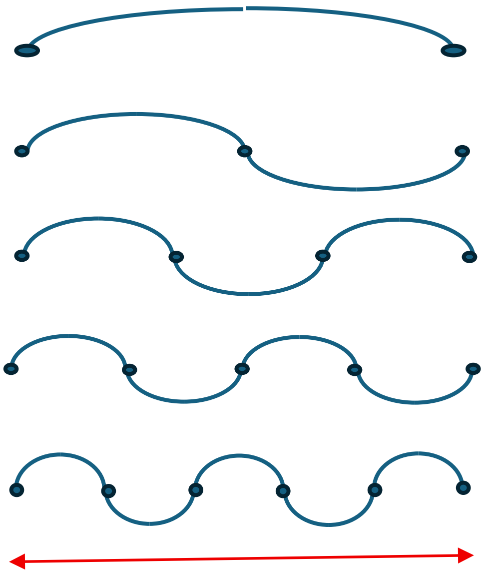
a) ¿Cuál es la velocidad de propagación de la onda en la cuerda?

b) ¿Cuál es la longitud de la onda sonora que se propaga en el aire, si la velocidad de propagación en el aire es 340 m/s?

Los 50 cm son 1/2 de la longitud del tuvo =>

$\lambda_1 = 2 * 0{,}50\ m = 1\ m$

Si hay 6 nodos es porque hay dos longitudes y media



$$\frac{\lambda_1}{2} = 0{,}5\ m$$

6 nodos corresponde al 5to armónico

$$\lambda_5 = \frac{\lambda_0}{6-1} = \frac{1\ m}{5} = 0{,}2\ m$$

$$f_0 = 1020\ Hz \quad => \quad v = \lambda\, f = 0{,}2m\ 1020\frac{1}{s} = 255\ m/s$$

4- Una persona oye un sonido puro, cuya longitud de onda en el aire es 34,4 cm. El sonido proviene de un instrumento de cuerdas; cada una de estas mide 0,5 m. Las velocidades de propagación en el aire y en las cuerdas son 344 m/seg y 200 m/seg, respectivamente. La cantidad de nodos en la onda estacionaria de las cuerdas es (Sugerencia: dibuje la onda estacionaria en la cuerda):

a) 2 b) 4 c) 6 d) 8 e) 10 f) 12

$\lambda_{\text{aire}} = 0{,}344 \text{ m}$

$\ell_{cueda} = 0{,}5\, m$ =>

$\lambda_{1 \text{ cuerda}} = 1 \text{ m},\ \lambda_{2 \text{ cuerda}} = 0{,}5 \text{ m},\ \lambda_{1 \text{ cuerda}} = \frac{0{,}5}{3} \text{ m} \ldots \ldots$

O sea,

$\lambda_{\text{n cuerda}} = \frac{1 \text{ m}}{n}$

$v_{aire} = 344 m/s$ y $v_{cerda} = 200 m/s$ =>

$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{344\ m/s}{0{,}344\ m} = 1000\ Hz$

como las frecuencias son iguales en el aire y en la cuerda =>

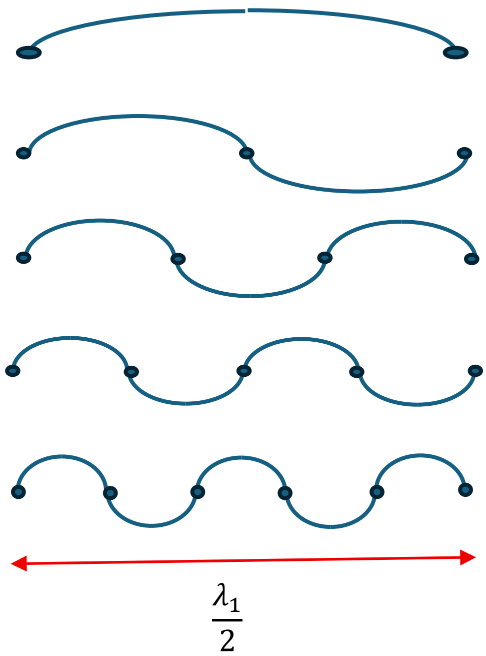
$\lambda_{\text{cuerda}} = \frac{v_{cuerda}}{f} = \frac{200\ m/s}{1000\ Hz} = 0{,}2\ m$ => $\lambda_{\text{n cuerda}} = \frac{1 \text{ m}}{n} = 0{,}2\ m$ =>

$n = 5$, armónico 5 => hay 6 nodos

Notar que con los dos extremos fijos

El número de nodos menos 1 concuerda

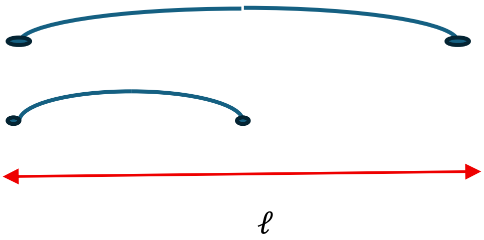
Con el número de armónico



5- La onda de sonido estacionaria fundamental que se forma en un tubo cerrado por ambos extremos tiene una frecuencia de 440 Hz. ¿Cuál de los siguientes cambios llevaría esa frecuencia al doble?

a) abrir uno de los extremos.
b) abrir ambos extremos.
c) aumentar la longitud del tubo al doble.
d) reducir la longitud del tubo a la mitad.
e) aumentar la longitud del tubo al doble y abrir uno de los extremos.
f) reducir la longitud del tubo a la mitad y abrir uno de los extremos.

Al reducir la longitud a la mitad, la nueva longitud de onda del fundamental se va a la mitad. Cómo la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda $f = \frac{v}{\lambda}$ *entonces la frecuencia se duplica*.



6- Si nos encontramos a 10 m de una avenida concurrida el ruido tiene un nivel de intensidad de 70 dB. ¿Cuál es el nivel de intensidad si nos encontramos a 50 m de la avenida?

$$I = \frac{Pot_{emisor}}{4\,\pi\,r^2}$$

$$\beta = NS = 10.\log\left(\frac{I}{I_0}\right)\ dB \quad \text{dónde} \quad I_0 = 10^{-12}\ W/m^2$$

A 70 m => $I_{70m} = \frac{Pot_{emisor}}{4\,\pi\,(50\ m)^2}$

A 10 m => $I_{10m} = \frac{Pot_{emisor}}{4\,\pi\,(10\ m)^2}$

$$\frac{I_{70\,m}}{I_{10\,m}} = \frac{(10\ m)^2}{(50\ m)^2} = 0{,}04 \quad => \quad I_{70m} = 0{,}04\ I_{10m}$$

$$\beta_{10\,m} = 10.\log\left(\frac{I_{10\,m}}{I_0}\right)\ dB = 70\ dB$$

$$\beta_{70\,m} = 10.\log\left(\frac{I_{70\,m}}{I_0}\right)\ dB = 10.\log\left(\frac{0{,}04\ I_{10m}}{I_0}\right)\ dB$$

$$\beta_{70\,m} = 10.\log(0{,}04)\ dB + 10.\log\left(\frac{I_{10m}}{I_0}\right)\ dB = -13{,}9794\ dB + 70\ dB$$

$$\beta_{70\,m} = 56{,}021\ dB$$

7- Un cohete explota a una altura de 400 m produciendo en un punto del suelo verticalmente debajo de él, una intensidad sonora media de 6,2 x 10 $^{-2}$ W/ m ^{2}. El nivel de intensidad sonora a una distancia de 10 m del cohete es (I_0= 10 $^{-12}$ W/ m ^{2}):

a) 70 dB b) 108 dB c) 140 dB d) 76 dB e) 0 dB f) 150 dB

A 400 m => $I_{400m} = \frac{Pot_{emisor}}{4\,\pi\,(400\,m)^2} = 6{,}2\ \ 10^{-2}\ \ W/\,m^2$

A 10 m => $I_{10m} = \frac{Pot_{emisor}}{4\,\pi\,(10\,m)^2}$

$\frac{I_{10\,m}}{I_{400\,m}} = \frac{(400\,m)^2}{(10\,m)^2} = 1600$ => $I_{10m} = 1600\,I_{400m}$

$$\beta_{10\,m} = 10.\log\left(\frac{I_{10\,m}}{I_0}\right)\ dB = 10.\log\left(\frac{1600\ I_{400\,m}}{I_0}\right)\ dB$$

$$\beta_{10\,m} = 10.\log\left(\frac{1600\ \ 6{,}2\ \ 10^{-2}\ \ W/\,m^2}{10^{-12}\ W/m^2}\right)\ dB = 139{,}965$$

8- El nivel de intensidad sonora producida por una bocina a 25 m de distancia es de 90 dB. Otra bocina produce el mismo nivel a 50 m de distancia. Se cumple que:
a) Las dos bocinas emiten con la misma potencia.
b) A 25 m de distancia la segunda bocina produce un nivel de intensidad sonora de 180 dB.
c) La potencia de la segunda bocina es el doble de la potencia de la primera bocina.
d) A 25 m de distancia, la diferencia entre los niveles producidos por ambas bocinas es de 6 dB.
e) Un oyente ubicado en un punto que esté a 25 m de la primera bocina y a 50 m de la segunda bocina, percibe un nivel de intensidad sonora de 180 dB.
f) A 50 m de distancia, la primera bocina produce un nivel de intensidad sonora de 22,5 dB.

$\beta 1_{25\,m} = 90\ dB$
$\beta 2_{50\,m} = 90\ dB$
⇨ $I1_{25m} = I2_{50m}$ =>
$\frac{I2_{50\,m}}{I2_{25\,m}} = \frac{Pot_2}{Pot_1}\frac{(25\,m)^2}{(50\,m)^2} = 1$ => $Pot_2 = 4\,Pot_1$ => **No vale a) ni c)**

Analizo el b): A 25 m de distancia la segunda bocina produce un nivel de intensidad sonora de 180 dB

$I2_{50m} = \frac{Pot_2}{4\,\pi\,(50\,m)^2}$ => $\beta 2_{50\,m} = 90\ dB$
$I2_{25m} = \frac{Pot_2}{4\,\pi\,(25\,m)^2}$ => *la intensidad se multiplica por 4, porque la distancia se va a la mitad y está elevada al cuadrado =>*

$I2_{25m} = 4\,I2_{50m}$ =>

$\beta 2_{25\,m} = 10.\log\left(\frac{I2_{25\,m}}{I_0}\right)\ dB = 10.\log\left(\frac{4\,I2_{25m}}{I_0}\right)\ dB$
$\beta 2_{25\,m} = 10.\log(4)\ dB + 10.\log\left(\frac{I_{25m}}{I_0}\right)\ dB = 6{,}02\,dB + 90\,dB = 96\,dB$
⇨ ***No vale b)***

Analizo el d): A 25 m de distancia, la diferencia entre los niveles producidos por ambas bocinas es de 6 dB.

Correcta según el cálculo anterior

Aunque ya se qué no son ciertas, analizo e) y f)

e) Un oyente ubicado en un punto que esté a 25 m de la primera bocina y a 50 m de la segunda bocina, percibe un nivel de intensidad sonora de 180 dB.

No se suman las sonoridades $\boldsymbol{\beta}$, sino que se suman las intensidades.

$$\beta_{Total} = 10.\log\left(\frac{I1_{25\,m} + I2_{50\,m}}{I_0}\right)\ dB = 10.\log\left(\frac{2\,I1_{25m}}{I_0}\right)\ dB$$

$$\beta_{Total} = 10.\log(2)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I1_{25m}}{I_0}\right)\ dB = \ 3\ dB + 90\ dB = 93\ dB$$

Si se duplica la intensidad, la sonoridad aumenta en 3 dB

f) A 50 m de distancia, la primera bocina produce un nivel de intensidad sonora de 22,5 dB

Si se duplica la distancia, la intensidad disminuye 4 veces (a la cuarta parte) => la sonoridad disminuye 6 dB:

$$\beta 1_{50\,m} = 10.\log\left(\frac{I1_{50\,m}}{I_0}\right)\ dB = 10.\log\left(\frac{1/4\,I1_{25m}}{I_0}\right)\ dB$$

$$\beta_{Total} = 10.\log(1/4)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I1_{25m}}{I_0}\right)\ dB = \ -6\ dB + 90\ dB = 84\ dB$$

9- Un altoparlante emite un tono puro de 1 kHz, tal que a 50 m de distancia de la fuente el nivel de intensidad sonora es 80 dB (siendo $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2). Considerando que el medio no absorbe energía sonora, se cumple que:

a) Para el doble de potencia sonora emitida, se obtiene un nivel de intensidad sonora de 160 dB a 50 m de distancia de la fuente

b) A 100 m de distancia de la fuente, la intensidad sonora es 80 x 10^{-12} W/m^2

c) A 50 m de distancia de la fuente, la intensidad sonora es 80 x 10^{-12} W/m^2

d) A 100 m de distancia de la fuente, el nivel de intensidad sonora es 40 dB

e) A 50 m de distancia de la fuente, la intensidad sonora es 10^{-4} W/m^2

f) A 100 m de distancia de la fuente, el nivel de intensidad sonora es 20 dB

$$f = 1000\ Hz$$

$$\beta_{50\ m} = 80\ dB$$

a) falso, si se duplica la intensidad aumenta la sonoridad en 3 dB, no son proporcionales

b) $I_{50m} = \frac{Pot}{4\ \pi\ (50\ m)^2} \qquad I_{100m} = \frac{Pot}{4\ \pi\ (100\ m)^2}$

$$\frac{I_{100\ m}}{I_{50\ m}} = \frac{Pot}{Pot}\frac{(50\ m)^2}{(100\ m)^2} = 0{,}25 \qquad I_{100\ m} = 0{,}25\ I_{50\ m}$$

$$\beta_{50\ m} = 10.\log\left(\frac{I_{50\ m}}{I_0}\right)\ dB = 80\ \ dB$$

$$\log\left(\frac{I_{50\ m}}{I_0}\right)\ \ = 8$$

$$\frac{I_{50\ m}}{I_0}\ \ = 10^8$$

$$I_{50\ m} = I_0\ 10^8 = 10^{-12}\frac{W}{m^2}10^8 = 10^{-4}\frac{W}{m^2}$$

Verdadero e) A 50 m de distancia de la fuente, la intensidad sonora es 10^{-4} W/m^2

=> falsos b) y c)

d) y f) falso

$$\beta_{100\ m} = 10.\log\left(\frac{I_{100\ m}}{I_0}\right)\ \ dB = 10.\log\left(\frac{0{,}25\ I_{50\ m}}{I_0}\right)\ \ dB$$

$$\beta_{Total} = 10.\log(0{,}25)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I_{50m}}{I_0}\right)\ \ dB = \ -6\ dB + 80\ dB = 74\ dB$$

10- Si se escucha música con un nivel de 25 dB y luego se aumenta el volumen hasta alcanzar 28 dB, se cumple que:

a) La intensidad de la onda sonora se multiplicó por 2 y su amplitud por √2.
b) La intensidad de la onda sonora se multiplicó por 9 y su amplitud por 3
c) La intensidad y la amplitud de la onda sonora aumentaron, aproximadamente, 316 veces cada una
d) La intensidad de la onda sonora quedó igual pero su amplitud se triplicó
e) Se cuadruplicó la intensidad de la onda sonora y se duplicó su amplitud
f) La amplitud de la onda sonora aumentó unas 17,8 veces, aproximadamente, y su intensidad 316 veces.

$\beta 1 = 25\ dB$

$\beta 2 = 28\ dB$

Un aumento de 3 dB corresponde a la duplicación de la intensidad

$\beta 2 = 10.\log\left(\frac{2\,I}{I_0}\right)\ \ dB =$

$\beta 2 = 10.\log(2)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I}{I_0}\right)\ \ dB =\ 3\ dB + 25\ dB = 28\ dB$

Y como $I \propto A^2$ => si I se duplica es porque A se multiplico por rais de 2

a) Verdadera

11- El zumbido de un insecto produce, a cierta distancia, un nivel de intensidad sonora de 30 dB. Entonces, 100 de esos insectos zumbando simultáneamente producen, a la misma distancia, un nivel de intensidad sonora de:

a) 32 dB b) 50 dB c) 60 dB d) 130 dB e) 103 dB f) 3000 dB

$I_{100} = 100\ I_1$

$\beta_{100} = 10.\log\left(\frac{100\ I_1}{I_0}\right)\ \ dB =$

$\beta 2 = 10.\log(100)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\ \ dB =\ 20\ dB + 30\ dB = 50\ dB$

12- Un sonido es 1000 veces más intenso que otro. Establecer la relación entre las perturbaciones de presión y las diferencias entre los niveles de intensidad, respectivamente.

a) 10 y 10 dB b) 90 y 45 dB c) 8 y 8 dB
d) 100 y 30 dB e) 31,6 y 30 dB f) 25,7 y 30 dB

El enunciado no está claro

$I_{1000} = 1000\, I_1$

$\beta_2 = 10.\log\left(\frac{1000\, I_1}{I_0}\right)\ dB =$

$\beta 2 = 10.\log(1000)\ \ dB + 10.\log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)\ \ dB =\ 30\ dB + \beta 1$

Y como $I \propto \Delta p^2$ => si I se multiplica por 1000 => Δp aumenta como la raíz de 1000 => 31,62

13- La frecuencia de la sirena de un patrullero detenido es 700 Hz. Una persona percibe este sonido como de frecuencia 770 Hz cuando el patrullero se le acerca con una velocidad v. Entonces, si el patrullero se aleja de la persona con la misma velocidad v, la frecuencia del sonido escuchado (en Hz), suponiendo que la velocidad de propagación del sonido en el aire es 340 m/s será:

Frecuencia del patrullero en reposo: $f_0 = 700\ Hz$

Si ahora el emisor se acerca a una persona (en reposo), esta recibe: $f = 770\ Hz$

Podemos despejar la velocidad con que se acerca el patrullero:

$\lambda = (v_s - v_{emisor})T_0 = v_s T$

$\frac{(v_s - v_{emisor})}{f_0} = \frac{v_s}{f}$ => $\boxed{f = f_0 \frac{v_s}{(v_s - v_{emisor})}}$ => $(v_s - v_{emisor}) = \frac{f_0}{f} v_s$ =>

$v_{emisor} = v_s - \frac{f_0}{f} v_s = v_s\left(1 - \frac{f_0}{f}\right) = 340\ m/s\left(1 - \frac{700Hz}{770Hz}\right) = 30{,}91 m/s$

Si ahora se aleja con esta misma velocidad:

$\boxed{f = f_0 \frac{v_s}{(v_s + v_{emisor})}}$

➩ $f = 700\ Hz \frac{340\ m/s}{\left(340\frac{m}{s} + 30{,}91 m/s\right)} = 641{,}66\ Hz$

14- Una persona se desplaza desde Retiro a Tigre en tren a 72 km/h; en sentido contrario avanza otro tren a 30 m/s que acciona su bocina con una frecuencia de 1000 Hz. Antes de que ambos trenes se crucen, la frecuencia escuchada por la persona será (considerando la velocidad de propagación del sonido en el aire= 344 m/s):

a) 1159 Hz b) 862 Hz c) 866 Hz d) 1031 Hz e) 1000 Hz f) 1191 Hz.

Si el receptor se acerca a

La expresión general, es: $f = f_0 \frac{v_s + v_{receptor}}{v_s - v_{emisor}}$

Si el emisor se acerca al

La persona se encuentre en el tren 1, con $v_{Tren1} = 72 \frac{km}{h} = 20\ m/s = v_{receptor}$, *es receptor del sonido del tren2, que se acerca con velocidad* $v_{Tren2} = 30 \frac{m}{s} = v_{emisor}$, *entonces,*

$$f = 1000\ Hz \frac{344\frac{m}{s} + 20 m/s}{344\frac{m}{s} - 30\ m/s} = 1159{,}23\ Hz$$

15- Desde un vehículo que se mueve a 72 km/h se emiten pulsos de ultrasonido de frecuencia 120 kHz. Estos pulsos se reflejan sobre otro móvil que viaja delante en la misma dirección y sentido a velocidad de 77,1 km/h. Calcular con qué frecuencia se reciben en el primer vehículo los pulsos reflejados. Velocidad del sonido: 340 m/s

$f_0 = 120\ Hkz$

$v_1 = 72\ {km}/{h} = 20\ {m}/{s}$

$v_2 = 77{,}1\ {km}/{h} = 21{,}4166\ {m}/{s}$

Llegan al 2do vehículo y los percibe,

$f = f_0 \frac{v_s + v_{receptor}}{v_s - v_{emisor}}$ *si ambas se acercan*

$f = f_0 \frac{v_s - v_{receptor}}{v_s - v_{emisor}}$ *si se acerca el emisor y se aleja el receptor*

Primero, el móvil 1 es el emisor y el 2 el receptor,

$$f' = 120000\ Hz \frac{340\frac{m}{s} - 21{,}466 m/s}{340\frac{m}{s} - 20\ m/s} = 119468{,}75\ Hz$$

Finalmente, se refleja con esa frecuencia en el 2 y lo recibe el 1 =>

El móvil 2 es el emisor (se aleja) y el 1 el receptor (se acerca),

$f = f_0 \frac{v_s + v_{receptor}}{v_s + v_{emisor}}$ *si se acerca el receptor y se aleja el emisor*

$$f'' = 119468{,}75\ Hz \frac{340\frac{m}{s} + 20 m/s}{340\frac{m}{s} + 21{,}416666\ m/s} = 119000{,}46\ Hz$$

Ejemplo: Eco Doppler. *Este dispositivo es utilizado para medir la velocidad del flujo sanguíneo, a través de la frecuencia emitida por el transmisor f0 y la frecuencia recibida por receptor fR: Aquí los glóbulos rojos primero actúan como receptor, y luego como emisor en movimiento*

$$v_{GR} = \left(\frac{f_0 - f_R}{f_0 + f_R}\right) . v_s$$

v_{GR} es velocidad de los glóbulos rojos

v_s es velocidad del sonido en el medio, en este ejemplo la sangre.

El transmisor (en reposo) emite una frecuencia f_0. Al entrar en la sangre, esta frecuencia no se modifica.

El glóbulo rojo es el receptor en movimiento, se aleja con velocidad v_{GR}. Entonces la frecuencia que percibe el glóbulo es,

$$f = f_0 \frac{v_s - v_{receptor}}{v_s} = f_0 \frac{v_s - v_{GR}}{v_s}$$

Dónde v_s es la velocidad del sonido en la sangre.

Se refleja con esa misma frecuencia, por lo cuál, el glóbulo actúa como un transmisor en movimiento, que se aleja. Entonces el receptor capta una frecuencia (siendo la frecuencia que llega al receptor la misma que la de la onda que se propaga por la sangre, por lo que la velocidad, por eso la velocidad que aparece en el cálculo es la velocidad de propagación del sonido en la sangre),

$$f' = f \frac{v_s}{v_s + v_{emisor}} = f \frac{v_s}{v_s + v_{GR}} = f_0 \frac{v_s - v_{GR}}{v_s} \frac{v_s}{v_s + v_{GR}} = f_0 \frac{v_s - v_{GR}}{v_s + v_{GR}} = f_{Receptor}$$

$$\frac{v_s - v_{GR}}{v_s + v_{GR}} = \frac{f_R}{f_0} \qquad v_s - v_{GR} = \frac{f_R}{f_0}(v_s + v_{GR}) \qquad v_s - \frac{f_R}{f_0} v_s = \frac{f_R}{f_0} v_{GR} + v_{GR}$$

$$v_s\left(1 - \frac{f_R}{f_0}\right) = v_{GR}\left(1 + \frac{f_R}{f_0}\right)$$

$$v_s \frac{\left(1 - \frac{f_R}{f_0}\right)}{\left(1 + \frac{f_R}{f_0}\right)} = v_{GR}$$

$$v_{GR} = v_s \frac{(f_0 - f_R)}{(f_0 + f_R)}$$

16- El efecto Doppler se caracteriza por:

a) La variación de la frecuencia del sonido que se percibe cuando la fuente de este está en movimiento.
b) el movimiento ondulatorio de los líquidos cocleares.
c) distorsiones de la percepción a nivel coclear.
d) el bajo umbral auditivo debido a daños de las células ciliares.
e) el pequeño intervalo entre el umbral de audición y el umbral de dolor.
f) el incremento de la intensidad del sonido en un factor de 100.

17- Cuando un sonido alcanza un objeto que se mueve en el mismo sentido que ese sonido, se refleja

a) con una velocidad mayor que la que traía.
b) con una velocidad menor que la que traía.
c) sin modificar su frecuencia ni su velocidad, aunque sí su longitud de onda.
d) sin modificar su frecuencia ni su velocidad ni su longitud de onda.
e) con una frecuencia mayor que la que traía.
f) con una frecuencia menor que la que traía.

Respuestas de la guía de sonido y audición:

1- 360 m/s
2- 146 Hz
3- a) Vp = 204 m/s;   b) λ = 0,33 m
4- c) 6 nodos
5- Reducir L a la mitad
6- 56 dB
7- 140 dB
8- d) A 25 m diferencia de 6 dB
9- 642 Hz
10- a) 1159 Hz
11- e) A 50 m de distancia de la fuente, la intensidad sonora es 10^{-4} W/m^2
12- a) La intensidad de la onda sonora se multiplicó por 2 y su amplitud por $\sqrt{2}$.
13- b) 50 dB
14- 119 kHz
15- a) La variación de la frecuencia del sonido que se percibe cuando la fuente de este está en movimiento.
16- e) 31,6 y 30 dB
17- f) con una frecuencia menor que la que traía.