

Conservatorio Superior de Música de Badajoz.

Asignatura de Acústica.

Profesor: Francisco Vila Doncel

CUESTIONES Y PROBLEMAS RESUELTOS.

Generalidades. Ondas y propiedades del sonido.

1.- Relacione los siguientes nombres del mundo de la ciencia con el motivo principal de su mención en los estudios de acústica:

- | | | |
|--------------|-------|---|
| 1. Chladni | | a) Fundamento del timbre, fisiología de la audición |
| 2. Helmholtz | | b) Sistemas de afinación |
| 3. Fourier | | c) Acústica de las salas |
| 4. Moog | | d) Sintetizadores electrónicos |
| 5. Pitágoras | | e) Vibración de los parches |
| 6. Sabine | | f) Análisis matemático de las formas de onda |

Respuesta: 1.e), 2.a), 3.f), 4.d), 5.b), 6.c)

2.- Marque el tipo de cada una de las siguientes ondas:

- | | | | |
|----|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. | Propagación del sonido en el aire: | <input type="checkbox"/> Transversal | <input type="checkbox"/> Longitudinal |
| 2. | Vibración de una cuerda: | <input type="checkbox"/> Transversal | <input type="checkbox"/> Longitudinal |
| 3. | Vibración de una columna de aire: | <input type="checkbox"/> Transversal | <input type="checkbox"/> Longitudinal |
| 4. | Ondulaciones en la superficie del agua: | <input type="checkbox"/> Transversal | <input type="checkbox"/> Longitudinal |
| 5. | Monedas en fila que se empujan unas a otras: | <input type="checkbox"/> Transversal | <input type="checkbox"/> Longitudinal |

Respuesta: 1.L, 2.T, 3.L, 4.T, 5.L

3.- Diga cuál es la velocidad del sonido en el aire y calcule a qué distancia estará una tormenta, sabiendo que el trueno tarda 9 segundos en llegar.

Respuesta: La velocidad del sonido en el aire es, aproximadamente, de 340 m/s. En 9 segundos el sonido

$$\text{recorrerá } 340 \frac{m}{s} \times 9s \times \frac{1km}{1000m} \approx 3km$$

4.- Diga qué características tiene el timbre de un diapasón de horquilla.

Respuesta: La forma de onda del sonido de un diapasón de horquilla (no de un diapasón de lengüeta), es senoidal. Se dice que es un timbre puro, sin armónicos, y además tiene apariencia de simplicidad, dulzura e inexpresividad.

5.- Suponga que una onda se repite siempre igual y que su forma de onda es compleja.

- ¿Quién nos asegura que lo podremos descomponer en formas de onda más sencillas?
- ¿Qué forma tendrá cada una de ellas?
- ¿Qué nombre reciben?

Respuesta: a) El teorema de Fourier. b) Senoidal. c) Armónicos.

6.- Diga por qué decimos que la envolvente influye en el timbre de un sonido, aun cuando la forma de onda es la misma.

Respuesta: Aunque el timbre depende exclusivamente de la forma de onda según una definición "estricta", según una interpretación "amplia" el timbre está determinado por multitud de factores además de la forma de onda, entre ellos la envolvente, ya que permite distinguir un instrumento de otro.

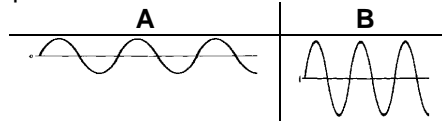
7.- Razone por qué al golpear un diapasón de la, durante unos momentos se oye un mi muy agudo.

Respuesta: Una nota distinta en el momento del golpe puede ser un transitorio de ataque. En efecto, el primer armónico distinto de la es el tercero, que es un mi situado una octava más una quinta por encima.

8.- Ante la representación gráfica de un sonido, diga en qué propiedades del mismo se traducirían cada una de las siguientes características del dibujo: a) mayor altura de los picos, b) mayor longitud de las ondas, c) curva más lisa y suave, d) curva que no es periódica, e) ondas más apretadas y estrechas.

Respuesta: a) Sonido más fuerte. b) Sonido más grave. c) Sonido más dulce, con menos armónicos agudos. d) Ruido. e) Sonido más agudo.

9.- Observe las siguientes representaciones a escala de dos sonidos distintos:



1. ¿Qué sonido tiene mayor amplitud? A B
2. ¿Qué sonido es más agudo? A B
3. ¿Qué sonido tiene mayor duración? A B
4. ¿Qué sonido tiene una frecuencia más baja? A B
5. ¿Qué sonido tiene un matiz más suave? A B
6. ¿Qué sonido es más breve? A B

Respuesta: 1.B, 2.B, 3.A, 4.A, 5.A, 6.B

10.- Los ruidos no son ondas periódicas y por tanto escapan al análisis de Fourier. Diga por qué se incluyen en el estudio del timbre.

Respuesta: por la interpretación "amplia" del concepto de timbre, en la que se incluye el ruido, entre otros factores, además de la forma de onda.

11.- Explique la diferencia entre ondas transversales y ondas longitudinales.

Respuesta: en las ondas transversales las partículas vibran en el mismo sentido en que la onda se transmite, mientras que en la onda transversal las partículas vibran en un sentido perpendicular a aquel en que la onda se transmite.

12.- Diga qué se entiende por "frecuencia natural de vibración" de un cuerpo y ponga tres ejemplos.

Respuesta: Es la frecuencia con que oscila un cuerpo cuando se perturba su estado de equilibrio y se le deja vibrar libremente. P. ej.: cadencia con que oscila un péndulo, nota que da una cuerda tensada, vibraciones de una señal de tráfico cuando se la empuja.

13.- Explique en términos acústicos qué se entiende por "pureza" de un sonido.

Respuesta: un sonido solamente es acústicamente puro cuando su forma de onda es senoidal, es decir, no tiene ningún armónico aparte de sí mismo. Entre un sonido puro y un sonido corriente con muchos armónicos hay distintos grados de "pureza"; mayor cuantos menos armónicos tenga.

14.- Explique en términos acústicos las siguientes caracterizaciones del timbre: "sonido dulce" y "sonido brillante".

Respuesta: Sonido dulce y sonido brillante son términos prestados de otros sentidos (gusto, vista) para denotar la ausencia o presencia, respectivamente, de armónicos agudos en el espectro, justamente los que confieren brillantez al sonido.

Cuerdas.

1.- Indique hacia dónde hay que llevar los tres parámetros de las cuerdas para que produzcan sonidos más graves.

Respuesta: La longitud ha de ser mayor, la tensión menor y el grosor y densidad han de ser mayores.

2.- Cuando se atacan distintas cuerdas con el arco de un violín, cada una suena a una altura diferente. Explique a qué es debido.

Respuesta: aunque tienen la misma longitud, los otros factores que determinan el tono son la tensión y el grosor, que son distintos para cada cuerda.

Tubos.

1.- Diga por qué mecanismo es posible dar la misma nota con dos longitudes distintas de un tubo.

Respuesta: la misma nota puede ser armónico de dos notas base distintas, por tanto escogiendo dos armónicos que coincidan entre las dos longitudes, el tubo da la misma nota.

2.- Entre un tubo abierto y otro cerrado, diga cuál produce las notas más agudas y por qué.

Respuesta: Los tubos cerrados suenan una octava más grave que si estuvieran abiertos porque en el extremo cerrado hay un nodo. En lugar de tener una onda completa, tenemos media onda. La onda completa correspondería entonces a un tubo el doble de largo y por eso suena una octava más grave.

3.- Explique los términos “longitud acústica” y “longitud real” de un tubo sonoro.

Respuesta: Longitud real es la longitud de un tubo cuando ésta varía por medio de una vara o mediante asas añadidas por la acción de válvulas o pistones; Longitud acústica es la longitud de un tubo que se hace más corta conforme se destapan agujeros a partir del extremo.

4.- Diga por qué al abrir distintos orificios en un tubo sonoro, éste produce diferentes notas.

Respuesta: porque varía su longitud acústica.

5.- Diga si en los extremos abiertos de un tubo sonoro hay un vientre o un nodo, y por qué los tubos cerrados producen sólo armónicos impares. Si el timbre del clarinete se asemeja al de una onda cuadrada, ¿a qué tipo de tubo corresponde su comportamiento?

Respuesta: en el extremo abierto hay un vientre. En el extremo cerrado hay un nodo, por tanto en un tubo cerrado no puede haber una, dos, tres, etc. ondas completas, que corresponden a los armónicos 1, 2, 3 etc., sino media, una y media, dos y media, etc. que corresponden a los armónicos 1, 3, 5, etc. La onda cuadrada consta sólo de armónicos impares, por eso su timbre recuerda al del clarinete, que se comporta como un tubo cerrado.

Parches y láminas.

1.- Si se distribuye arena sobre el parche de un timbal, al golpearlo con la maza la arena se acumula en líneas que forman estrellas y circunferencias. Diga qué fenómeno pone de manifiesto este hecho y cómo se aplica al estudio de las propiedades del sonido.

Respuesta: se pone de manifiesto la vibración fraccionada de los cuerpos de dos dimensiones. La vibración fraccionada explica que el sonido de los cuerpos al vibrar está compuesto de armónicos.

2.- Diga a qué es debido que los cuerpos tridimensionales tengan un espectro sonoro en el que aparecen multitud de frecuencias no armónicas entre sí.

Respuesta: El esquema simple de una serie armónica solamente se da en cuerpos sencillos como cuerdas tensadas y columnas de aire, cuerpos simétricos con una sola dimensión a considerar (su longitud). Los cuerpos asimétricos como las varillas y todos los cuerpos en general tienen tres dimensiones, y en cada dirección del espacio puede darse un esquema de vibración fraccionada distinto a las demás direcciones, por eso el espectro refleja infinidad de frecuencias superpuestas.

Fenómenos sonoros.

1.- Comente brevemente el término “coloración” como posible sinónimo de “distorsión”.

Respuesta: Al distorsionarse una onda cambia su espectro de frecuencias, de la misma forma que el espectro de la luz blanca es distinto cuando pasa por un cristal de color. Los ruidos también se colorean cuando cambia su espectro, aun cuando no tienen forma de onda definida que se pueda distorsionar, por eso para los ruidos no se puede utilizar el término distorsión, sino coloración.

2.- Cuando se golpea un diapasón y luego se coloca contra una superficie plana, su sonido se oye mucho más fuerte. Diga por qué.

Respuesta: porque la vibración del diapasón no se transmite con eficacia al aire hasta que una gran superficie, capaz de empujar muchas partículas de aire, resuena al contacto con el diapasón.

3.- Diga qué fenómeno es el responsable de que la voz humana cambie su timbre cuando se la escucha por teléfono.

Respuesta: la distorsión de la línea telefónica, que es de banda estrecha y limita el espectro por ambos lados.

4.- Diga a qué fenómeno es debido que no oigamos el teléfono cuando estamos en la ducha, y que en cambio un violín con vibrato se oiga por encima de un grupo de violines tocando sin vibrato.

Respuesta: al enmascaramiento. El vibrato es una forma de escapar al enmascaramiento porque introduce frecuencias nuevas.

5.- En un coche, estamos oyendo música orquestal a bajo volumen y cuando el motor arranca, sólo se oyen las trompas. Diga por qué.

Respuesta: porque el ruido del motor enmascara un amplio espectro de la música, dejando sin enmascarar las frecuencias distintas al propio ruido, o los armónicos de éstas.

6.- Cite el fenómeno por el cual algunos objetos metálicos tales como radiadores, llaves, etc., vibran en coincidencia con determinadas notas de un instrumento, o sus armónicos.

Respuesta: el fenómeno de la resonancia o simpatía, que se produce solamente cuando coinciden la frecuencia del cuerpo que vibra, con la frecuencia natural de vibración del segundo cuerpo.

Instrumentos de cuerda frotada.

1.- La viola está afinada una quinta más baja que el violín; sin embargo, sus dimensiones lineales no se corresponden con la longitud que deberían tener las cuerdas. Explique por qué.

Respuesta: para hacer la viola más manejable, sus cuerdas son más gruesas y así tienen la tesitura adecuada sin aumentar excesivamente el tamaño del instrumento.

2.- Mencione las ventajas e inconvenientes de que el violín no tenga trastes en el mástil.

Respuesta: los trastes facilitan la exactitud en la afinación temperada, pero son fijos y dificultan realizar ciertos recursos expresivos tales como el vibrato y los semitonos desiguales.

3.- Explique por qué es necesaria una caja de resonancia en los instrumentos de cuerda.

Respuesta: las cuerdas por sí solas no transmiten eficazmente la vibración al aire; además, gracias a la caja se puede "moldear" el timbre del instrumento gracias a la distinta resonancia de los armónicos.

4.- Diga qué es el alma de un instrumento de cuerda frotada y para qué sirve.

Respuesta: Es un palo corto, situado dentro de la caja en posición descentrada bajo una de las patas del puente y sujeto por la presión de las tapas, que sirve para transmitir la vibración del puente y la tapa superior, hacia la tapa inferior.

5.- Indique el significado de las expresiones a) *sul tasto*, b) *col legno*, c) *sul ponticello*, d) *pizzicato*.

Respuesta: a) Pasar el arco lejos del puente, hacia la mitad de las cuerdas. b) Golpear las cuerdas con la madera del arco. c) Frotar las cuerdas muy cerca del puente. d) Pulsar las cuerdas con los dedos.

6.- Defina los términos: a) "vibrato" y b) "trémolo".

Respuesta: a) Variación periódica del tono. b) Variación periódica de la intensidad.

Instrumentos de cuerda pulsada.

1.- Diga por qué no suena de la misma manera una cuerda de guitarra, cuando se pulsa en su punto medio que cuando se hace cerca de un extremo.

Respuesta: el contenido armónico es distinto porque en su punto medio, por la ley de Young no puede haber un nodo, luego están eliminados todos los armónicos pares; atacando cerca de un extremo el sonido es más brillante porque se favorecen las ondas de longitud corta y por tanto se potencian los armónicos agudos.

2.- Diga a qué distancia hay que pisar la cuerda de una guitarra, para que produzca los siguientes intervalos respecto a la cuerda al aire: a) una octava, b) una quinta, c) un semitono. (Se puede utilizar la serie armónica).

Respuesta: a) la relación de octava es 2:1 en frecuencia, corresponde a 1:2 en longitud, se consigue reduciendo la longitud a la mitad pisándola en su punto medio. b) la quinta de la serie armónica es 3:2 en frecuencia, corresponde a 2:3 en longitud, se consigue pisando en un tercio, la cuerda queda reducida a 2/3. c) el semitono de la serie armónica (hasta el armónico 16) es 16:15, para que la cuerda quede reducida a 15/16 habrá que pisarla en 1/16 de su longitud.

3.- Diga por qué razón la forma de la caja de resonancia de un instrumento influye tanto en su timbre.

Respuesta: si en las medidas de la caja hay una dimensión en la que la longitud de onda de un armónico encaje un número exacto de veces, ese armónico resonará; en caso contrario no se formará la onda estacionaria y el armónico no resuena. El timbre depende de qué armónicos resuenan y cuáles no, por eso el timbre depende de la forma de la caja.

4.- Diga por qué las cuerdas de una guitarra se deben aflojar cuando ésta no se va a utilizar por largo tiempo.

Respuesta: porque la caja de la guitarra, a causa de su tapas planas, no soporta indefinidamente la fuerza de deformación que produce la tensión de las cuerdas. El mástil también presenta tendencia a ceder ligeramente en el sentido de esta tensión.

5.- Explique por qué los trastes de la guitarra se encuentran cada vez más juntos conforme se baja por el mástil.

Respuesta: para que cada traste suba el tono de la cuerda un intervalo constante de un semitono, la proporción de longitud en que se acorta la cuerda ha de ser también constante (un 5,61%); puesto que cada semitono que se sube, la cuerda es más corta, para mantener constante esta proporción cada traste está más junto que el anterior.

Instrumentos de cuerda percutida.

1.- Explique por qué al pulsar o golpear una cuerda con un objeto blando, su timbre es más dulce y menos brillante.

Respuesta: porque los armónicos agudos quedan ahogados al estar la cuerda más tiempo en contacto con el objeto.

2.- Diga qué diferencia principal existe entre el mecanismo de percusión de las cuerdas del clavicordio y del piano.

Respuesta: en el clavicordio, la tangente golpea la cuerda y se queda en contacto con ella; la cuerda vibra teniendo como extremos el puente y la propia tangente; en el piano el macillo se separa por la acción del escape y la cuerda vibra libremente entre el puente y la cejilla.

3.- Diga qué utilidad tiene la tabla armónica de un piano.

Respuesta: Hace las mismas funciones que la caja de resonancia de otros instrumentos: amplificar el sonido mediante resonancia y comunicar más eficazmente las vibraciones al aire.

Instrumentos de viento.

1.- Explique cómo sería posible imitar el timbre de un clarinete, empleando únicamente diapasones de horquilla.

Respuesta: Puesto que el sonido del clarinete presenta principalmente armónicos impares, tomando un diapason por cada armónico impar y haciéndolos sonar a la vez estaríamos sintetizando aproximadamente dicho timbre.

2.- Explique por qué las cañerías del agua, de vez en cuando, “cantan” con el grifo apenas abierto y se callan si se abre el grifo del todo.

Respuesta: en los instrumentos de viento, la nota con que el instrumento suena es una perturbación de frecuencia indeterminada que resuena en la longitud del tubo; de igual forma, si la turbulencia que se produce en un grifo mal cerrado resuena en un tramo de cañería, se podrá oír dicha frecuencia de resonancia. Al abrir el grifo desaparecen las turbulencias.

3.- Nombre los tres principales mecanismos de producción de perturbaciones presentes en los instrumentos de viento.

Respuesta: bisel, caña, embocadura.

4.- Cite cuatro métodos empleados en los instrumentos de viento, para variar la longitud acústica o real del tubo.

Respuesta: agujeros o llaves, vara, pistones, cilindros.

5.- Explique a qué fenómeno es debido que un instrumento de viento de longitud fija, tal y como la corneta militar, sea capaz de producir distintas notas, y diga qué notas son o qué intervalos forman.

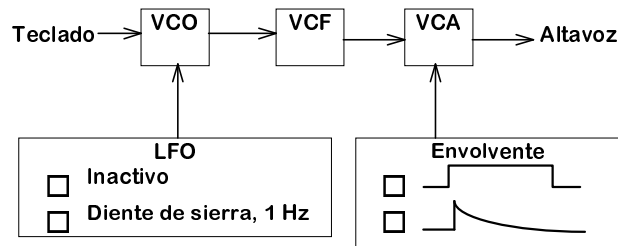
Respuesta: da distintas notas porque al aumentar la presión del aire se van produciendo los sonidos de la serie armónica. Estos sonidos están separados por intervalos cada vez menores, que son: octava, quinta, cuarta, tercera mayor, tercera menor, etc. A excepción de los sonidos números 7, 9 y 11, todos ellos hasta el número 12 pertenecen a un acorde perfecto mayor.

Instrumentos electrónicos.

1.- Diga qué efecto se produce si, en un sintetizador modular, se conecta la salida del LFO (oscilador de baja frecuencia) a la entrada del VCO (oscilador controlado por voltaje).

Respuesta: un vibrato, ya que conectado de esta forma, la frecuencia del VCO varía al ritmo del LFO.

2.- Un músico quiere utilizar un sintetizador modular para imitar el sonido de un piano, pero debido a dos errores graves, sólo obtiene el sonido de una sirena de submarino. No se parezca a él y marque con los botones que hay que pulsar en el LFO y en el generador de envolvente del VCA para obtener el sonido del piano y no el de la sirena. A continuación, explíqueme por qué el sonido de un piano es tan difícil de imitar con un sintetizador tan sencillo.



Respuesta: la sirena de un submarino sube y baja en frecuencia por la acción de una onda en el LFO. Sin embargo el sonido del piano no fluctúa en frecuencia, por tanto el LFO debe estar inactivo. Respecto a la envolvente, la del piano no es plana como la de una sirena, sino de tipo percusivo, con un ataque pronunciado y una relajación lenta. El sonido de un piano es demasiado complejo en su evolución como para imitarlo satisfactoriamente con una forma de onda fija y sólo dos tipos de envolvente.

3.- Se necesita interpretar con un sintetizador multitímbrico que dispone de dieciséis osciladores, un acorde orquestal con dos osciladores por voz, en una configuración de ocho timbres. Diga de qué cantidad de notas de polifonía se dispone en cada timbre.

Respuesta: 16 osciladores entre 8 timbres, cada timbre recibe 2 osciladores. Si los dos osciladores están asignados a la misma voz, sólo habrá una voz en cada timbre.

4.- Explique por qué se llama “*uaa-uaa*” el efecto que se produce si, en un sintetizador modular, se conecta la salida del LFO (oscilador de baja frecuencia) a la entrada del VCF (filtro controlado por voltaje).

Respuesta: Porque conectado de esta forma, hay una alternancia entre timbres “cerrados” u “oscuros” (parecidos a una “ú”) y “abiertos” o “claros” (parecidos a una “ü”).

Sistemas de afinación y búsqueda de frecuencias.

1.- Defina los siguientes términos:

- quinta pitagórica o justa
- quinta del lobo
- quinta temperada

Respuesta: a) quinta de relación 3:2. b) al convertir la espiral de quintas pitagóricas (35 notas) en un círculo (12 notas), la última quinta es una coma pitagórica más pequeña y recibe su nombre por sus desagradables batidos. c) quinta reducida en la doceava parte de la coma pitagórica, para que las doce quintas del círculo se repartan el error de la quinta del lobo.

2.- Defina los siguientes términos:

- coma pitagórica
- coma Holder
- coma sintónica

Respuesta: a) diferencia entre doce quintas pitagóricas y siete octavas, o entre dos notas enarmónicas de la espiral de quintas. b) cada una de las nueve partes en que se divide el tono en el sistema de Holder. c) diferencia (de relación 81/80) entre el tono mayor y el tono menor del sistema justo, o entre la tercera mayor (o menor) justa y pitagórica, o entre el semitono cromático y el diatónico del sistema justo.

3.- Tome un *sol* natural y realice las siguientes operaciones encadenadas, según el sistema de la entonación justa:

- bájelo una quinta a *do*.
- súbalo una cuarta a *fa*.
- bájelo una tercera menor a *re*.
- súbalo una cuarta a *sol*.

¿Son iguales el *sol* que ha calculado que aquél del que partió?

¿Qué nombre recibe el intervalo existente entre ambos tonos?

*Respuesta: no son iguales, difieren en una coma sintónica porque la tercera de *fa* a *re* incluye una quinta reducida. Las demás quintas (o cuartas) son pitagóricas.*

4.- Diga qué inconvenientes prácticos presenta el sistema de afinación denominado “de la justa entonación”.

Respuesta: Que sus semitonos son distintos, sólo es válido para una tonalidad, y algunas quintas están desafinadas.

5.- Diga qué ventajas prácticas presenta el sistema temperado.

Respuesta: que sus semitonos son iguales, las quintas son casi perfectas, y permite modular libremente a cualquier tonalidad.

6.- Diga qué altura tiene el tercer armónico de *la*₄ y su frecuencia en Hz.

*Respuesta: es un mi*₆, su frecuencia se halla multiplicando por 3, $440 \times 3 = 1320$ Hz

7.- Diga qué frecuencia en Hz tiene el *si*₅.

*Respuesta: como no se especifica en qué sistema de afinación, elegimos el justo. Primero se busca qué intervalo forma el si*₅ con el *la*₄, dicho intervalo es una segunda mayor más una octava; la segunda mayor tiene una razón de 9/8, la octava tiene de razón 2/1, siendo el *la*₄ de 440 Hz la respuesta es

$$440 \times \frac{9}{8} \times \frac{2}{1} = 990 \text{ Hz}$$

8.- Encuentre por la serie armónica o por el sistema temperado a qué nota se acerca más el sonido de 1000 Hz de una carta de ajuste, sabiendo que el *la*₄ tiene una frecuencia de 440 Hz. Se dará por válida la respuesta si se indican claramente los pasos que hay que seguir.

Respuesta: como hay más de una octava de distancia, reducimos el intervalo subiendo el la a la octava superior, $440 \times 2 = 880$, que está cerca de 1000 Hz. Ahora, el intervalo que forman será de razón $1000/880$, que es aprox. 1,136. Tomando el semitono temperado de razón $s = \sqrt[12]{2} = 1,059$, y probando con s , s^2 y s^3 , vemos que el que más se acerca es $s^2 = 1,122$. Por tanto hay dos semitonos de distancia, la nota es un si natural de la octava 5, de frecuencia 987,8 Hz.

9.- Diga cuántas octavas hay que bajar el *la*₄ de 440 Hz para que, por ser demasiado grave, deje de percibirse por el oído humano.

Respuesta: Un sonido es tan grave que deja de oírse cuando baja de 20 Hz; dividiendo 440 sucesivamente por 2, llegamos a 13,75 Hz después de bajar 5 octavas.

10.- Suponiendo que los armónicos impares dieran un timbre dulce al sonido, diga dónde habría que atacar una cuerda para que su sonido tuviese un timbre lo más dulce posible, y por qué.

Respuesta: Bajo esta suposición habría que suprimir los armónicos pares, lo que se consigue atacando la cuerda en su punto medio, por la ley de Young desaparecen los armónicos que tienen un nodo en dicho punto, es decir, todos los múltiplos de 2.

11.- Calcule a cuántas r.p.m. (revoluciones por minuto), el motor de una batidora produce el *la*₂ de 110 Hz, suponiendo que a cada revolución se produce un ciclo de onda sonora.

$$\text{Respuesta: } 110 \frac{\text{ciclos}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ rev}}{1 \text{ ciclo}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 6600 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

12.- Tome el do de un violoncello, de frecuencia 130,81 Hz. Calcule la frecuencia de la cuerda de *la*, situada tres quintas pitagóricas por encima. Compare esta frecuencia con el *la* de 440 Hz de un diapason. Diga cuál será la frecuencia de los batidos que se producen cuando estas dos frecuencias se oyen simultáneamente.

Respuesta: para subir 3 quintas de razón 3/2, se calcula $130,81 \text{ Hz} \times \left(\frac{3}{2}\right)^3 = 441,48 \text{ Hz}$ y, para saber la frecuencia de los batidos se halla la diferencia con 440 Hz, que es de 1,48 Hz.

Acústica de las salas.

1.- Diga qué defectos, desde el punto de vista acústico, puede tener una sala grande y vacía, con las paredes completamente lisas y reflectantes para el sonido.

Respuesta: desde el punto de vista del oyente, la sala tendrá una reverberación excesiva y será inútil para la audición de música, y menos aún de palabra hablada, porque se prolongarán excesivamente las notas y las sílabas. Desde el punto de vista del intérprete, si bien a un cantante le puede gustar en un momento determinado una reverberación larga, en general y en el caso de grupos en particular, esta reverberación dificulta la interpretación de música tanto rápida como lenta.

2.- Diga qué defectos, desde el punto de vista de la acústica, puede tener una sala en que la pared del fondo del escenario, así como el suelo y el techo, son completamente absorbentes para el sonido.

Respuesta: desde el punto de vista del oyente, la sala tendrá una acústica excesivamente seca y una pésima difusión, cada oyente oirá mucho menos conforme se aleje del escenario, y la falta absoluta de reverberación hará a esta sala inútil para la audición de música. Desde el punto de vista de los intérpretes, éstos no se oirán a sí mismos y los grupos tampoco podrán sincronizar su interpretación porque no se oirán unos a otros. Más aún, el enunciado no dice nada de las paredes laterales y la pared trasera del patio de butacas, por lo que hay que suponer que reflejan el sonido, lo cual provocará probablemente ecos.

3.- Una sala tiene cortinas en el fondo del escenario, butacas de respaldo alto tapizadas de material absorbente, y una pared posterior reflectante. Proponga las mejoras pertinentes en la decoración de esta sala, después de escuchar las quejas de los músicos que afirman que no se oyen a sí mismos y en cambio escuchan ecos extraños en la música que interpretan.

Respuesta: Quitar las cortinas del fondo del escenario para que se oigan a sí mismos, sustituir las butacas por otras de respaldo más bajo para mejorar la difusión, y disponer algún material absorbente en la pared posterior para moderar su reflectividad y evitar así el eco.

4.- Una sala anecoica tiene todas las paredes, techo y suelo absorbentes para el sonido. Diga qué propiedades acústicas tendrá y por qué no es apta para la audición de música.

Respuesta: la misma que para la cuestión número 2, exagerada porque aquí las paredes también son completamente absorbentes.

Grabación y sonorización.

1.- Comparando las especificaciones de dos micrófonos, diga cuál es de mejor calidad.

	<u>Micrófono 1</u>	<u>Micrófono 2</u>
Respuesta de frecuencias	100-10.000 Hz	75-15.000 Hz
Linealidad	+/- 10 dB	+/- 5 dB
Nivel de salida	-60 dBm	-60 dBm

Respuesta: el micrófono 2, ya que su respuesta de frecuencias es más amplia (empieza más grave y acaba más agudo), y su linealidad es mejor (a menor magnitud, la respuesta es más lineal).

2.- Diga qué ventajas e inconvenientes presenta la utilización de múltiples micrófonos para grabar a una orquesta.

Respuesta: la ventaja de un mejor control local, es decir, sobre cada instrumento, en cuanto a su nivel relativo y en cuanto a la colocación idónea. El inconveniente de la falta de empaste entre los sonidos, y dificultad de un control global, es decir, sobre el conjunto.

3.- A la vista de la siguiente tabla de distorsión, estime cuál de las dos cadenas siguientes sonará mejor en cada uno de los siguientes casos:

- cuando se oye un disco compacto
- cuando se reproduce una cinta pregrabada
- cuando se graba una cinta y luego se reproduce en la misma cadena

	<u>Cadena 1</u>	<u>Cadena 2</u>
Lector de CD	0,0002%	0,0001%
Grabación de cinta	2%	0,5%
Reproducción de cinta	0,2%	0,1%
Amplificador	0,1%	0,01%
Altavoces	1%	2%

Respuesta: en principio la cadena 2 sonará peor, ya que el peor componente (los altavoces) son peores en esta cadena. Se aplica el principio de que el peor componente limita la calidad de toda la cadena. Esto es válido para a) y b). En el caso c) la cadena 1 graba peor las cintas, por tanto el peor componente es esta grabadora; como los componentes de la cadena 2 son mejores en general, en este caso se compensa la deficiente calidad de los altavoces y sonará mejor que la cadena 1.