

Un instrumento musical es un sistema para producir uno o más tonos placenteros, y son utilizados por los músicos para trasladar la notación simbólica de una composición musical a los correspondientes sonidos.

Si se tiene un cuerpo flexible es posible mover en él diversas partes de diferentes maneras, haciendo que se multipliquen las formas en las que se puede hacer vibrar el sistema, y aparecen una gran cantidad de frecuencias de resonancia. Al considerar cuerpos flexibles nos acercamos a lo que es un instrumento real, ya que no podría construirse uno utilizando exclusivamente cuerpos rígidos.

Por lo anterior, puede decirse que un instrumento musical consiste en la combinación de uno o más sistemas resonantes capaces de producir uno o más tonos y medios para excitar estos sistemas que están bajo el control del músico. Por ejemplo, cuando se pulsa una cuerda de guitarra, se produce una onda en ella; esta onda se refleja una y otra vez en los extremos de la cuerda, formando una onda estacionaria. Ésta, a la vez, produce una onda sonora en el aire, cuya frecuencia está determinada por las propiedades de la cuerda. Esto es lo que hace a los instrumentos de cuerda tan útiles para producir música.

Según los *mecanismos utilizados* para producir el sonido, se puede clasificar a los instrumentos musicales en tres categorías, de modo que los instrumentos son de cuerda, de viento o de percusión: este método de clasificación que se utiliza en la actualidad, data de la antigua Grecia.

A los efectos de trabajar una clasificación conveniente para el curso, lo haremos según *cuál es el cuerpo vibrante*. Este tipo de clasificación se conoce como los sistemas de Mahillon y Hornbostel-Sach, y data de al menos el siglo primero antes de Cristo, siendo la clasificación en cuatro categorías. Curt Sachs agregó una quinta categoría que no será estudiada en el curso. Así, se clasifican los instrumentos como:

- ❖ *Cordófonos*
- ❖ *Aerófonos*
- ❖ *Idiófonos*
- ❖ *Membranófonos*
- ❖ *Electrófonos*

## Los cordófonos

Los instrumentos de cuerda tienen como cuerpo sonoro a una cuerda musical, es decir, que el cuerpo flexible que vibra es una o varias cuerdas.

Hacer vibrar una cuerda es una de las formas más antiguas de producir un tono musical. El área proyectada por una cuerda es bastante pequeña y por ello una cuerda vibrante no produce un movimiento apreciable del aire que la rodea. Así, el sonido generado por la vibración de un hilo no posee demasiado volumen, inconveniente que se soluciona añadiendo a todos los instrumentos de cuerda una caja de resonancia (resonancia amplia), a fin de aumentar la salida sonora. La caja recibe las vibraciones de las cuerdas a través de los puentes de apoyo, y después las transmite al aire, amplificadas. La tapa y la caja tienen mucha más superficie que la cuerda, por lo que mueven mucho más aire, transmitiendo más energía, haciendo el sonido más intenso. La caja de resonancia no fija la frecuencia del sonido sino que se amolda y modifica al resaltar algunos armónicos a la frecuencia que da la cuerda.

Veamos este proceso en detalle, volviendo a ejemplificar con una guitarra (mira la imagen). Como la madera es un cuerpo flexible, el puente vibra a causa de la vibración de las cuerdas (vale aclarar que lo



hace con una amplitud muy pequeña comparada con la de un antinodo de la cuerda), y al vibrar, también comunica su vibración a la caja de resonancia de la guitarra, que a su vez la comunica al aire. El aire vibra, y las ondas sonoras llegan al receptor, pasando a la conciencia del espectador o la cinta de un grabador. En el caso de un ser vivo, el receptor es el oído: este transforma las vibraciones en impulsos nerviosos que envía al cerebro, donde él interpreta y reconoce un sonido, por lo que luego lo analiza para extraer muchísima información. Más adelante en el curso analizaremos el proceso de la audición, pero con esto puedes tener una breve idea de cómo sucede.

## Clasificación de instrumentos de cuerda

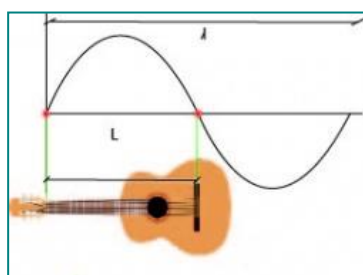
Los instrumentos de cuerdas se pueden clasificar según cómo se producen

- ❖ *Cuerda Punteada*: La cuerda se aparta con el dedo de su posición normal y se deja en libertad. Por ej.: Lira, Laúd, Arpa, Cítara, Guitarra, Ukelele, Mandolina.
- ❖ *Cuerda Frotada*: La cuerda se excita por fricción (realizada por el arco). Por ej.: Violín, Viola, Violoncelo, Contrabajo
- ❖ *Cuerda Percutida*: Para excitar la cuerda se golpea con un martillo. Por ej.: Piano y Clavicordio

## Leyes de Mersenne para vibraciones transversales

En las cuerdas pueden producirse vibraciones *longitudinales* y *transversales*. Las vibraciones longitudinales se consiguen frotando en sentido longitudinal una cuerda tensa con una gamuza; la nota resultante es intensa pero de timbre desagradable. Sin embargo, cuando se habla de instrumentos de cuerda, es usual referirse a las vibraciones transversales, en las cuales cada partícula de la cuerda vibra en un plano perpendicular a la línea de la cuerda.

Marín Mersenne (Francés, 1588 – 1648) fue un sacerdote y filósofo del siglo XVII que estudió diversos campos de la teología, matemáticas y la teoría musical. En el año 1640, el llamado “*el padre de la Acústica*”, realizó medidas de la velocidad del sonido utilizando el fenómeno del eco y demostrando que, contrariamente a lo afirmado por Aristóteles, dicha velocidad es independiente de la frecuencia de la perturbación. Mersenne también demostró experimentalmente que en una cuerda la frecuencia del armónico fundamental ( $f_1$ ) depende directamente de la raíz cuadrada de la tensión ( $\sqrt{F_T}$ ), del inverso de la raíz cuadrada de la densidad lineal de la cuerda ( $1/\sqrt{\mu}$ ) y del inverso de la longitud de la misma ( $1/L$ ).



Si la longitud de la cuerda es  $L$ , la armónica fundamental es la que se produce por la vibración cuyos nodos son los dos extremos de la cuerda (puente y clavijero), por lo cual  $L$  es la mitad de la longitud de onda  $\lambda$  de la armónica fundamental.

Así, y tras algunas operaciones matemáticas, al considerar las vibraciones transversales de una cuerda conectada a soportes fijos, las vibraciones de cuerda verifican, como vimos en ondas estacionarias que:

$$f_n = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \quad \text{Donde } n = 1, 2, 3, \dots, N$$

## Los aerófonos

En los instrumentos de viento el cuerpo flexible que vibra es una columna de aire, por lo cual estamos en condiciones de afirmar que son aquellos que contienen un volumen gaseoso capaz de producir sonido al ser convenientemente excitado. Ten cuidado, pues el cuerpo sonoro es el volumen gaseoso (el cuerpo flexible que vibra) y no el recipiente que lo contiene; el recipiente tiene la importante función de definir la forma del volumen gaseoso pero fuera de esto influye relativamente poco sobre los fenómenos sonoros.

### Clasificación de los instrumentos de viento

Según el número de aberturas que poseen:

- ❖ Abiertos: poseen dos o más aberturas
- ❖ Cerrados: poseen una sola abertura

Según su forma interior:

- ❖ Cónico: saxofón, fagot
- ❖ Cilíndrico: flauta travesera, clarinete
- ❖ Prismáticos: instrumentos, primitivos, algunos tubos del órgano

Según el modo de excitación de la columna aérea:

- ❖ Tubos de embocadura: flauta travesera, flauta de pico, tubos de órgano.
- ❖ Tubos de lengüeta: acordeón, armónica, clarinete, saxofón, oboe, fagot.
- ❖ Tubos de boquilla o lengüeta labial: trompa, trompeta, trombón y tromba.

### Leyes de las vibraciones de los tubos

La vibración de las columnas de aire contenidas en los tubos sonoros es debida a la formación de una onda estacionaria. Por tanto, las columnas poseen nodos (vibración nula) y vientres (amplitud de vibración máxima), equidistantes de los anteriores. La distancia entre dos nodos o dos vientres consecutivos es siempre de media longitud de onda. En los extremos cerrados siempre se producen nodos y en los extremos abiertos generalmente se producen vientres. El punto de excitación no puede ser un nodo, pero no necesita ser un vientre, pudiendo estar en un punto intermedio. No es necesario que las aberturas de un tubo coincidan con los extremos, pudiendo éstos estar cerrados y haber una o más aberturas en otras partes del tubo.

❖ *Tubos abiertos*: Las distintas vibraciones del tubo verifican:

$$f_n = \frac{nv_s}{2L}$$
$$n = 1, 2, 3, \dots$$

❖ *Tubos cerrados*: Las distintas vibraciones del tubo verifican:

$$f_n = (2n - 1) \frac{v_s}{4L}$$
$$n = 1, 2, 3, \dots$$

### Leyes de longitudes

1. La frecuencia correspondiente al sonido fundamental de un tubo, varía inversamente proporcional a la longitud del mismo
2. El sonido fundamental de un tubo cerrado es la octava grave del sonido fundamental de un tubo abierto de la misma longitud

### Ley de armónicos

Los tubos abiertos emiten la serie completa de los armónicos correspondientes a su longitud, los tubos cerrados emiten sólo los armónicos de orden impar

## Los idiófonos

Los idiófonos agrupan una serie de instrumentos donde lo que vibra no son cuerdas ni el aire, sino el mismo cuerpo del instrumento. Si bien puedes entender que son todos los instrumentos de percusión por analogía con el otro tipo de clasificación, cabe destacar que si entran en esta categoría algunos de ellos, pero también aquellos que se pueden raspar, frotar o entrechocar. Veamos cuáles son entonces algunos casos particulares de los idiófonos.

### ❖ *Varilla*

Las varillas son cuerpos rígidos cuya longitud es notablemente mayor que las dimensiones restantes. Pueden vibrar con vibraciones longitudinales, transversales o de torsión. Ellas se clasifican en simétricas, cuando poseen un punto de apoyo único situado en su centro o puntos equidistantes de éste y asimétricas, cuando están apoyadas sobre puntos dispuestos asimétricamente o fijas en un punto único distinto del centro. Para provocar vibraciones longitudinales, la varilla se frota fuertemente en sentido longitudinal. Cuando las varillas vibran longitudinalmente, se comportan como tubos sonoros, abiertos las simétricas y cerrados las asimétricas. Algunos ejemplos son el xilófono, celesta y triángulo.

### ❖ *Placa*

Las placas o placófonos son una sub clasificación de los idiófonos, y retomaremos su estudio luego de trabajar con los membranófonos. Podemos decir que se conciben como las placas metálicas que al ser golpeadas, el metal del que está hecho vibra y produce el sonido. Algunos ejemplos de ellos son los platillos, las campanas y el gong.

## Los membranófonos

Son los instrumentos musicales en los que la vibración se produce en una membrana tensa, llamada parche, que se fabrica con piel o de materiales sintéticos. Pueden tener una o dos membranas tensas, como en el caso de algunos instrumentos cilíndricos que tienen un parche en cada extremo. Algunos ejemplos son los timbales, el bombo, el tambor, el redoblante y la pandereta.

## COMPORTAMIENTO DE IDIÓFONOS Y MEMBRANÓFONOS

Las placas (idiófonos) y membranas son cuerpos de superficie grande con relación a su espesor, y excitadas por percusión o fricción emiten sonidos caracterizados por un complejo grande de parciales discordantes. Las placas, debido a su rigidez, sólo necesitan un punto de apoyo, mientras que las membranas necesitan tensión previa para vibrar, como se mencionaba anteriormente.

Los idiófonos y membranas pueden ser clasificados según cómo es la nota, es decir, si es o no definida.

- ❖ *Con nota definida:* Producen sonidos de tono preciso. Algunos ejemplos son el diapasón, xilófono, marimba, celesta, glockenspiel, campana carillon, campanas tubulares y timbales
- ❖ *Sin nota definida:* Los instrumentos con parche, tambores, y afines, no dan una nota definida salvo excepciones. Esto se debe a que el parche tiene una cantidad enorme de maneras de vibrar, y por lo tanto muchas frecuencias propias. Al golpear suenan todas más o menos juntas con amplitud parecida, por lo que el oído no reconoce ninguna, escuchando ruido. Con los idiófonos, más específicamente con los placófonos como los platillos, sucede algo similar, puesto que su forma redonda hace que vibre con muchas frecuencias a la vez. Así, el aporte de estos instrumentos es al ritmo y no a la melodía, puesto que producen ruidos. Algunos ejemplos más de este tipo de instrumentos son los triángulos, pandereta, castañuelas y gong.