

---

## ACERCA DEL AUTOR



**Julián Zafra** es un ingeniero de sonido de Barcelona, y escritor de algunos libros, artículos y reseñas sobre el mundo del audio profesional. Desde muy temprana edad, la música formó parte de su vida, estando esta muy presente en el ámbito familiar de su hogar. Este comenzó desde muy joven a tocar la guitarra eléctrica en diversas formaciones musicales. Su hermano mayor fue guitarrista en varias bandas de rock de principios de los 80, como

los Yunques y los Monstruos.

A finales de los 90, y tras haber finalizado la formación académica como ingeniero de grabación, pone en marcha su primer estudio de grabación, iniciando así una primera etapa freelance con grabaciones y mezclas en diferentes discos, producciones de artistas de hip-hop, R&B, hardcore y rock sinfónico, entre otros estilos. Pero la cada vez más pronunciada decadencia de la industria discográfica a finales de los 90 y la escasa actividad en las grabaciones de estudio dan lugar a su incursión en el mundo de los directos, haciéndolo a través de varias empresas del sector y combinando giras junto a diversas formaciones y bandas a lo largo de la península desde el año 1999 al 2002. También, durante un tiempo, estuvo trabajando en diversas convenciones en hoteles de lujo de Barcelona, Catalunya y resto de península, así como en algunas cavas de Catalunya.

Durante 2002-2005 residió cuatro años en Dublín, Irlanda, ejerciendo durante un tiempo como técnico de radio en Anna Livia FM, en la Universidad Griffith Collage de Dublín, así como haciendo algunas sonorizaciones de directos por el país celta. Desde el 2007 al 2016, durante prácticamente una década, ejerció como técnico fijo y residente en actuaciones de flamenco y jazz en la Sala Tarantos/Jamboree de Barcelona, combinando esto con ser técnico de sonido en diferentes conciertos y festivales a lo largo de todo el panorama nacional. Trabajando para un gran número de artistas tanto nacionales como internacionales. Con todo ello, siempre y paralelamente grabando y mezclando discos como ingeniero de sonido freelance, tanto en su estudio de grabación privado como en diferentes estudios, así como obras de teatro, giras y directos con diferentes formaciones de jazz, flamenco, fusión, rock, pop, world music, pasando por world music, flamenco, fusión, música clásica, raíz, funk, o el blues, entre algunos de los diversos géneros en los que ha trabajado.

En el año 2018 publica bajo la editorial Ra-Ma su primer libro “Ingeniería del sonido”, el cual es una lectura recomendada y de referencia para cualquier profesional o aficionado en el mundo del audio profesional. En el año 2019 se publicó “Mezcla en el audio profesional”. Esta vez una obra específica sobre el mundo de la mezcla en el audio.

En el año 2023 se publica “Masterización en el Audio, Teoría, Metodología y Praxis”. Obra sobre mundo de la masterización de audio.

### Algunos artículos y menciones publicados sobre el autor

#### ➤ Earthworks High Definition Microphones

[https://www.facebook.com/earthworksaudio/photospcb.1015623054\\_0489116/10156230537834116/?type=3](https://www.facebook.com/earthworksaudio/photospcb.1015623054_0489116/10156230537834116/?type=3)



#### ➤ Tannoy and Lab Gruppen

<https://www.installation-international.com/technology/barcelona-club-jazzed-tannoy-vx>



#### ➤ Revista de audio Estado Unidense Tape Op Magazine

<https://tapeop.com/reviews/gear/137/mezcla-en-el-audio-professional-book/>



#### ➤ Artículos/revisiones para fabricantes de equipos de estudio de grabación



<https://simpleway.audio/Review-Simple-Way-J1.-Español.-Por-Julian-Zafra.pdf>



<https://instalia.eu/resena-del-preamplificador-kahayan-de-microfono-linea-instrumento/>

<http://audioforo.com/wp-content/uploads/2019/03/Kahayan-Solid-4000-Mix-Buss-Processor.pdf>

<https://instalia.eu/sumador-de-32-canales-pilon-32-500-de-kahayan/>

<https://hifireference.com/reviews/kahayan-8x4-midi-amp-speaker-selector-review/?fbclid=IwAR0LJQJirJOwoj7fiT0ZO4hpyXFNa3JO6AYfEzrRzr8K4GTy6SGCHSBaukA>

➤ **Colaboraciones en artículos publicados en prensa y medios de comunicación**

## El Confidencial

EL DIARIO DE LOS LECTORES INFLUYENTES

[https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2019-11-30/efecto-tunel-misterio-cascos-cancelacion-ruido-molestias\\_2358708/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2019-11-30/efecto-tunel-misterio-cascos-cancelacion-ruido-molestias_2358708/)

➤ **Nominaciones premios de la música**

- Candidato a Mejor técnico de sonido de la XV Edición de los Premios de la Música.  
[http://www.premiosdelamusica.com/descargas/pdf\\_candidatos.php?id\\_edicion=25&ano=2011&numero=15&id\\_categoria=25&categoria=Mejor+T%E9cnico+de+Sonido%20](http://www.premiosdelamusica.com/descargas/pdf_candidatos.php?id_edicion=25&ano=2011&numero=15&id_categoria=25&categoria=Mejor+T%E9cnico+de+Sonido%20)
- Candidato a Mejor álbum de pop alternativo de la XV Edición de los Premios de la Música.  
[http://www.premiosdelamusica.com/descargas/pdf\\_candidatos.php?id\\_edicion=25&ano=2011&numero=15&id\\_categoria=6&categoria=Mejor+%C1lbum+de+Pop+Alternativo](http://www.premiosdelamusica.com/descargas/pdf_candidatos.php?id_edicion=25&ano=2011&numero=15&id_categoria=6&categoria=Mejor+%C1lbum+de+Pop+Alternativo)

➤ **Premios Canarios de la Música, nominados en 2018**

<https://www.premioscanariosdelamusica.com/nominados>

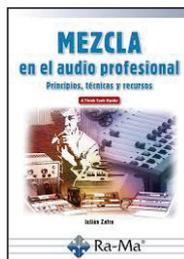
➤ **Créditos**

Discogs: <https://www.discogs.com/es/artist/6137568-Julian-Zafra>

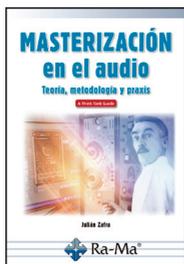
➤ **Libros publicados acerca del mundo del audio profesional**



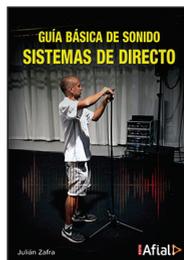
Ingeniería de sonido  
<https://www.ra-ma.es/autores/ZAFRA-JULIAN/>



Mezcla en el audio profesional  
[https://www.ra-ma.es/libro/mezcla-en-el-audio-profesional\\_102885/](https://www.ra-ma.es/libro/mezcla-en-el-audio-profesional_102885/)



Masterización en el audio, teoría, metodología y praxis.  
[https://www.ra-ma.es/libro/masterizacion-en-el-audio\\_145490/](https://www.ra-ma.es/libro/masterizacion-en-el-audio_145490/)



Guía básica de sonido. Sistemas de directo.  
<https://www.afial.net/guia-basica-de-sonido/>



---

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer esta publicación a todos aquellos colegas de gremio, los cuales han colaborado de manera totalmente desinteresada, aportando su experiencia y opiniones acerca del mundo de la masterización. Dejando una invaluable fuente de información al servicio educativo e informativo al mundo del audio profesional. También quiero agradecer a la editorial Ra-Ma su labor y trabajo en la divulgación educativa mediante sus publicaciones y su extenso catálogo de obras de los distintos autores. Agradecer a los distintos fabricantes de equipos de audio, los cuales han querido contribuir y ofrecer soporte y apoyo en esta publicación. A mi familia, amigos y por supuesto a todos los colegas profesionales del sector, los cuales diariamente contribuyen a que el extenso mundo del audio profesional tenga más que asegurada la custodia en cuanto a la evolución del sector.

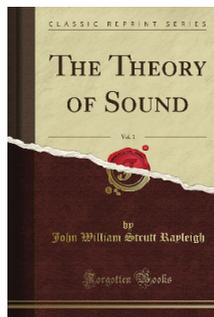
# 1

---

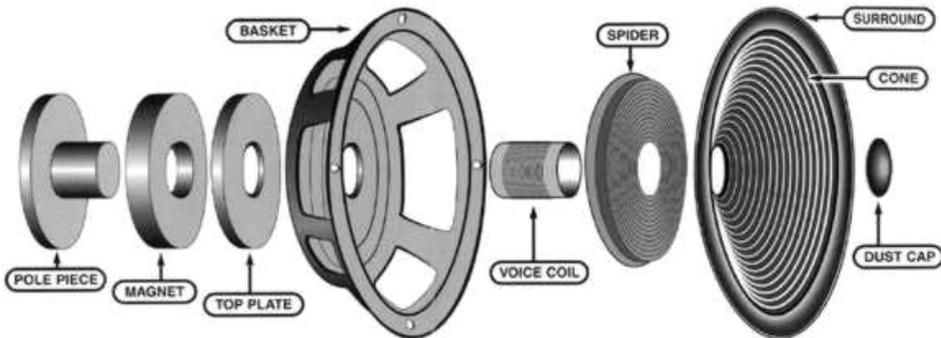
## ORÍGENES E HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE SONIDO



La primera forma de altavoz surgió cuando se desarrollaron los sistemas telefónicos a fines del siglo XIX. Pero fue en 1912 que los altavoces realmente se volvieron prácticos, debido en parte a la amplificación electrónica de válvulas. En la década de 1920, se usaban en radios, fonógrafos, sistemas de megafonía, sistemas de sonido de teatro y en proyecciones de películas de cine hablado. En cuanto a la teoría y principios de la acústica/sonido realmente esto no ha cambiado mucho desde que John William publicase “La teoría del sonido” en 1877.



## 1.1 ¿QUÉ ES UN ALTAVOZ?



Un altavoz es un transductor electroacústico el cual convierte una señal eléctrica de audio a un correspondiente sonido. El tipo de altavoz más común hoy en día es el altavoz dinámico. Este fue inventado en 1925 por Edward W. Kellogg y Chester W. Rice.



Edward W. Kellogg



Chester W. Rice

El altavoz dinámico funciona con el mismo principio básico que un micrófono dinámico, excepto a la inversa para producir sonido a partir de una señal eléctrica. Altavoces de reducidas dimensiones se encuentran en muchos aparatos en la actualidad, desde radios y televisores hasta reproductores de audio portátiles, ordenadores e instrumentos musicales electrónicos.



Los sistemas de altavoces más grandes se utilizan para música, refuerzo de sonido en teatros y conciertos, así como en sistemas de megafonía en diversos recintos.

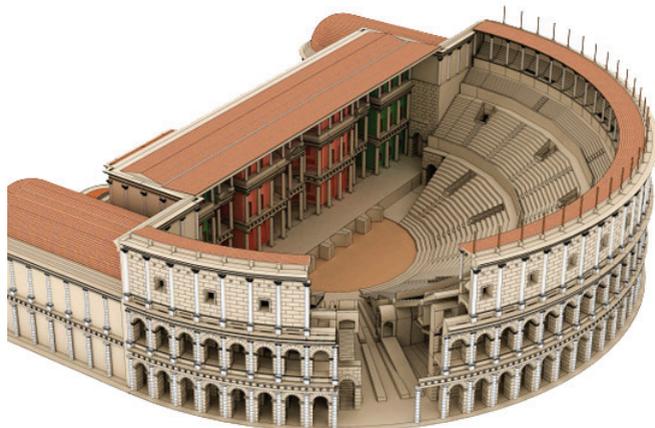


## 1.2 SISTEMAS PIONEROS DE PA

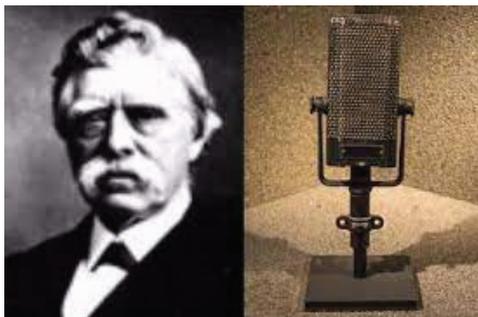
PA es la abreviación del término anglosajón “Public Address” el cual refleja las aplicaciones más comunes en los sistemas de PA como pueden ser las estaciones de tren, los estadios de deportes, pabellones, hospitales, aeropuertos, hoteles etc.



Hasta finales del siglo XIX, todas las formas de “PA” se realizaban mediante acústica arquitectónica, ya que no existía por entonces una alternativa viable para mejorar la comprensión del habla.



Sin embargo, el primer paso para cambiar por completo la forma en que las personas perciben el sonido llegó en 1875, cuando el inventor y profesor de música británico-estadounidense David Edward Hughes inventó el micrófono de carbono.

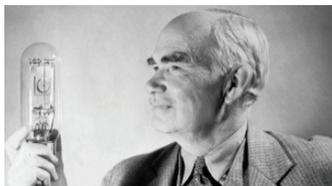


Un par de décadas más tarde, el físico británico Oliver Lodge inventó el primer altavoz de bobina móvil experimental del mundo. Conocido como el “teléfono vibrador”, este invento contenía las mismas características básicas que los altavoces de hoy día: un diafragma vibrado por una bobina de voz, cuyo sonido era amplificado por una bocina.



Oliver Lodge junto a su sistema pionero de altavoz.

Años más tarde, en 1906 el inventor estadounidense Lee DeForest inventó el Audion, el primer dispositivo capaz de amplificar una señal eléctrica. Esta amplificación fue posible gracias a los tres electrodos del dispositivo, los cuales se componían de un filamento calentado, una rejilla y una placa.



Lee DeForest

Alrededor de 1911, los ingenieros Americanos Edwin Jensen y Peter Pridham desarrollan el “Magnavox” El primer sistema de megafonía eléctrico del mundo utilizado para amplificar el habla.

RADIO BROADCAST ADVERTISER 110

## MAGNAVOX

Receiving Sets which establish an authoritative standard of excellence for the daily enjoyment of radio.

**L**ONG identified with the most efficient radio reproducing and amplifying equipment, Magnavox has developed its new Receiving Sets under conditions insuring superior design, precision of manufacture, and a gratifyingly low cost.

Exacting tests prove that the Magnavox Receiver is not only the simplest to operate but one whose daily performance will satisfy the most discriminating.

Magnavox Radio Receivers, Vacuum Tubes, Reproducers, Power Amplifiers, and Combination Sets are sold by reliable dealers everywhere.

THE **MAGNAVOX COMPANY**, Oakland, California  
New York: 200 West 57th Street San Francisco: 278 Broadway Street  
Canadian Distributors: Pacific Electric Limited, Toronto, Montreal, Winnipeg



**Receiving Set TRF-5**

A 5-tube sound radio frequency receiver mounted in hand-diecast metal cabinet, in illustrated design. . . . \$125.00

**Reproducer M4**

A highly desirable successor to TRF-5, in illustrated design. . . . \$18.00

**Receiving Set TRF-50**

Same as TRF-5 but larger cabinet with covered floor and built-in Reproducer. . . . \$150.00



★ Tested and approved by RAINBOW BROADCASTER ★

Este se basó de un altavoz dinámico de bobina móvil que presentaba una bobina móvil de una pulgada, un diafragma corrugado de tres pulgadas y una bocina de 34 pulgadas. Otro pionero clave en los sistemas de PA fue la compañía británica de telecomunicaciones Marconi. A lo largo de la década de 1920, Marconi fabricó un gran volumen de sistemas de megafonía de audio para satisfacer las crecientes demandas de este mercado emergente. Alrededor de 1925 el Rey George V utilizó un PA Marconi para dirigirse a 90,000 personas durante la exposición del Imperio Británico en Wembley. En 1926 Guy R Fountain crea Tannoy, incorporando sistemas de altavoces “Dual Concentric” (el tweeter es colocado detrás del centro del transductor de medios o graves) en todos sus

modelos a partir de 1940 otorgando una gran reputación en el sonido mediante una gran precisión, claridad que los hizo extremadamente populares en las industrias de grabación y transmisión para monitorear audio.



Guy R Fountain

Tannoy también suministró sistemas de PA a las fuerzas armadas durante la segunda guerra mundial. Distinguidos por sus diseños coaxiales, Tannoy fue la creadora de los sistemas de “True Point Source”, y es en la actualidad, la compañía de altavoces más antigua del mundo.



Tannoy Westminster Royal SE

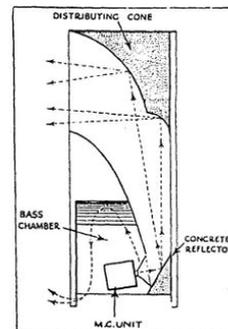


Anuncio de Tannoy en 1976

Por 1934 el ingeniero eléctrico inglés Paul Voigt crea un solo altavoz el cual cubre todo el rango de frecuencias mediante el uso de un crossover mecánico.



Paul Voigt



Diseño del altavoz de Voigt



En la década de 1960, las bandas de sonido en vivo llevaban en las giras sus propios sistemas de megafonía, aunque estos eran sistemas relativamente pequeños y la mayoría de las bandas todavía confiaban en los sistemas de PA del lugar en el que actuaban. Un momento decisivo en la historia de los sistemas de sonido llegó en agosto de 1965, cuando la archiconocida banda musical “The Beatles” actuó en el Shea Stadium de Nueva York.



The Beatles en su actuación en el Shea Stadium de N.Y.

Para dicho evento se contaron con cuatro amplificadores Altec 1570, cada uno con 175W de sonido, los cuales se distribuyeron alrededor del estadio. En ese momento, dichos niveles de potencia de salida eran prácticamente desconocidos para un concierto en vivo. Sin embargo, dicha idea no resultó según lo planeado, ya que la multitud de 42.000 fans gritando “ahogó” por completo los sistemas de megafonía que se emplearon. Se estima que el ruido proveniente de la multitud fue de 135 decibelios (dB), más del doble de la salida proveniente del equipo de sonido de “The Beatles”. Un año después, “The Beatles” decidieron no volver a salir de gira, por lo que, en muchos sentidos, este concierto puede verse como un verdadero desastre de la música en vivo. Sin embargo, este fue un catalizador para el cambio que iba a suceder un poco más tarde en los sistemas de sonido.

Bob Heil creó alrededor de 1966 Heil Sound, el cual creó sistemas de sonido en giras para bandas como The Grateful Dead y The Who o Joe Walsh entre algunos de los artistas que giraron con sus sistemas de sonido.

**Since 1970...**

Groups such as **THE WHO**, **HUMBLE PIE**, **Joe Walsh** have relied on **HEIL SOUND SYSTEM** for their ultimate sound while touring. For years, **HEIL SOUND** was available only for the major touring acts.



**NOW**, this incredible sound equipment is being made available for **YOUR** group through highly professional dealers at unbelievable prices.

- **SUPER** sounding HEIL radial horns & speakers.
- **FIBERGLASS** covering insures lasting road use.
- Numerous specialties - talk boxes, snake cables, frunks, cable testers, electronic crossovers.

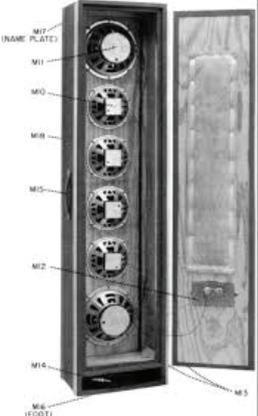




**HEIL SOUND SYSTEM**  
HEIL Industrial Boulevard  
Marissa, Illinois 62257  
618-295-3000

The Who y un sistema de PA Heil Sound

En 1967, la compañía Shure desarrolló el VA300-S, el cual consistía en unas columnas de altavoces altamente direccionales con una línea de radiación de amplio rango, a pesar de que estas no fueron demasiado populares por aquella época.




Sistema Shure VA300-S

Si las bandas iban a tocar en vivo, necesitaban un sistema de sonido más grande y potente para (literal y figurativamente) destacarse entre la multitud y hacer de sus conciertos una experiencia memorable. Como se mencionó anteriormente, la actuación de The Beatles en el Shea Stadium dejó poco que desear y las bandas confiaron en gran medida en los obsoletos sistemas de PA que ofrecían en los lugares donde se actuaba. El ingeniero de audio británico Charlie Watkins definía de esta manera los antiguos sistemas de sonido: “Eran horribles, ¡tremendamente horribles! Por lo general, era un equipo viejo y pésimo con altavoces de cono duro de 12 pulgadas con cajas repartidas. Watkins seguía sin pensar el “¿por qué pasó tanto tiempo? “. Charlie Watkins está etiquetado como el “padre británico de PA” y fue periférico en la redefinición de la producción de música en vivo. Fue él quien defendió la disposición del ruteo de señal desde el mezclador al amplificador de potencia y de este hacia el altavoz. Algo lo cual es el principio que todavía figura en la mayoría de los sistemas de megafonía contemporáneos.

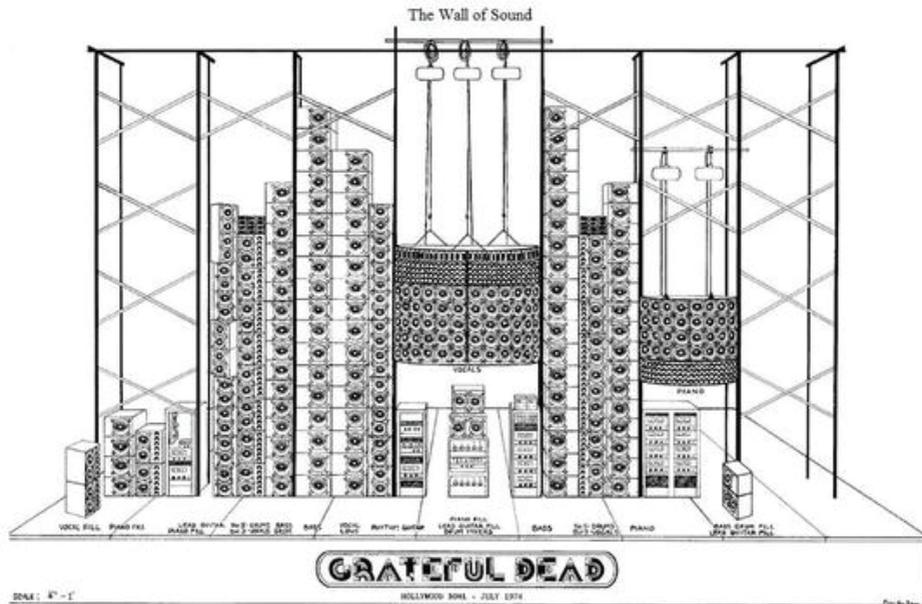


29 de agosto de 1970, 3er festival anual de la Isla de Wight, Sistema de PA de “The Who” y vista detallada de tres mezcladores WEM Audiomaster empleados para el multitudinario evento



Algunos de los sistemas de audio desarrollados por Watkins bajo WEM (Watkins Electric Music)

En los años 70's, fue la década en la que se creó la amplificación de sonido moderna. En febrero de 1970, el ingeniero de sonido estadounidense Bob Hall construyó un sistema de sonido para la banda de rock The Grateful Dead, para la actuación en el Fox Theatre de Missouri, Estados Unidos. El resultado fue un sistema de 20,000W que rompió récords mundiales y aportó algunos avances desde el “teléfono vibrador” de Oliver Lodg. En 1.974 en San Francisco, Augustus Owsley “Bear” Stanley III, el renombrado químico y visionario del audio, el cual, mediante el LSD, había estado financiando a los Dead y grabando la banda en vivo desde algunos de sus primeros shows, diseñó una configuración donde posicionaba a la banda y al público para escuchar lo mismo, permitiendo al mismo tiempo eliminar la retroalimentación (acople), el resultado de una señal de salida dirigida (realimentada) a una entrada. Bear imaginó a la banda y al público experimentando lo mismo. Esto cerraría la brecha entre el artista y la audiencia, quienes escucharían exactamente la misma mezcla horizontalmente desde una línea de fondo unificada “como si todos estuvieran tocando acústicamente”. A día de hoy el sistema “The Wall of sound” sigue siendo el sistema de audio más perfecto en cuanto a la teoría de lo que vendría ser una homogeneidad, sinceridad y cobertura acorde al posicionamiento y la interacción del sonido entre los músicos en un escenario y el público.



El sistema "The Wall of sound" de los Grateful Dead

Otro de los fabricantes de sistemas de PA fue la compañía Altec, la cual, aparte de diseñar altavoces para los estudios de grabación, también desarrolló algunos sistemas para grandes eventos en directo para festivales como Woodstock o Monterrey.



Bill Hanley en el control FOH durante el festival de Woodstock en 1969

La capacidad de los altavoces continuó desarrollándose en los años 80 y 90, con un creciente número de fabricantes de audio que se mudaron al mercado de conciertos para aprovechar esta tendencia. Entre ellos se encontraba el fabricante estadounidense Easter Acoustic Works (EAW), que se hizo famoso al desarrollar el sistema de altavoces KF580 en 1985. Un sistema de rango completo triamplificado por 3 vías en un recinto trapezoidal.

Dicho sistema fue el punto de referencia para el sonido en vivo durante muchos años. Hasta el día de hoy, está incluido en más especificaciones técnicas para presentaciones en vivo que cualquier otro altavoz.



EAW KF580

En 1.992 en Francia, el doctor Christian Heil y su equipo de ingenieros de sonido mediante el fabricante L-Acoustics revolucionaron la producción de sistemas de sonido modernos, al desarrollar su sistema de fuente lineal dv-DOSC.

Este sistema superó las interferencias causadas por altavoces estrechamente alineados y ayudó a impulsar el sonido mediante una energía adicional, con una respuesta de frecuencia más uniforme. Sin ninguna pretensión más que la de cubrir sus necesidades, y con la idea de fabricar un sistema puntero a escala nacional, Heil desarrolló lo que fue el primer sistema de sonido de fuente lineal y todo un referente mundial para el desarrollo de grandes sistemas de PA en los diseños de “line array”, siguiendo este los pasos de los diseños de sistemas pioneros de “True Point Source” de fabricantes como Tannoy los cuales eran destinados a los estudios de grabación.

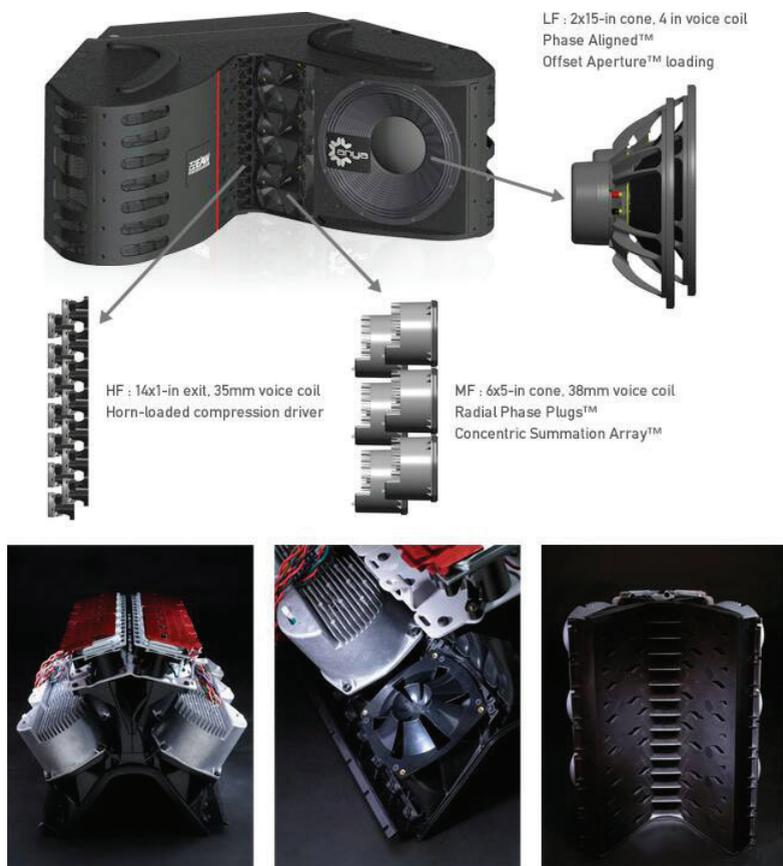
Los line array son en gran medida un producto de la era de los ordenadores y hoy en día, casi todos los fabricantes profesionales de altavoces de audio adoptan el modelo line array como diseño y fabricación de sus principales sistemas de audio. Heil es ampliamente reconocido como el “padre de los line array modernos”.



L-Acoustics dv-DOSC

Digamos que desde el diseño de Heil por 1992, los diseños en los altavoces prácticamente no han sufrido unos cambios sustanciales en sus diseños, ya que, a parte de los materiales de los componentes internos, así como el de los propios recintos acústicos, es poco lo que queda por inventar. Ha habido tal vez un centenar de pequeños cambios durante las últimas décadas, pero la mayoría son cosméticos. Los principios de los sistemas se han mantenido básicamente sin cambios.

Es mediante los procesos digitales de la señal donde en la actualidad se están diseñando relevantes e innovadores sistemas complejos de sonido. El Anya de EAW es un ejemplo de lo que es un sistema basado en DSP el cual posee un rendimiento que se puede llegar a adaptar al medio físico y acústico sin la necesidad de angular cada una de las cajas del sistema, siendo mediante un proceso digital donde se realiza su directividad, así como los pertinentes arreglos de los conjuntos.



Sistema Anya de la compañía EAW

# 2

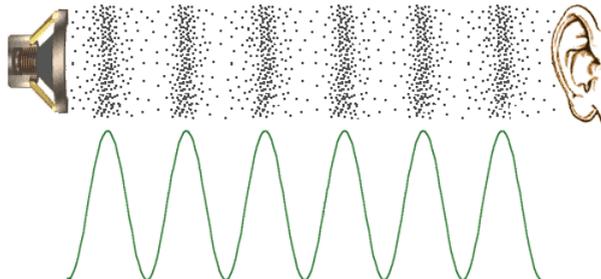
## ¿QUÉ ES EL SONIDO?



### 2.1 DEFINICIÓN

Este vendría a ser como un fenómeno físico al movimiento de aire que puede emitir una fuente emisora, generando esta una serie de ondas de presión sonora que, al llegar a nuestro oído, las percibimos como sonido.

Para medir la velocidad/ciclos de onda se utiliza la unida de Hertz (1 ciclo x segundo), de esta manera, la longitud de onda será la estipulada por la frecuencia de esta. Para medir la intensidad o volumen de presión (SPL) se utiliza el decibelio. Esta es una medida logarítmica y se emplea para medir la ganancia o atenuación de una señal.



El espectro humano tiene un rango auditivo que va desde los 20Hz a los 20kHz, siendo justo al nacer donde alcanzamos el máximo potencial del sentido auditivo. Con los años, este va menguando, sufriendo un proceso de paulatina degradación, especialmente afectando a las altas frecuencias, proceso conocido también como presbiacusia.

La degradación auditiva es un factor presente y pronunciado en edades adultas, pero existen otros factores, los cuales pueden afectar a la aceleración de la pérdida auditiva. Una exposición y prolongación a altos volúmenes de presión sonora en un trabajo durante mucho tiempo son factores que podrían acelerar sumamente la degradación de la capacidad auditiva. El límite de nivel de presión sonora para el oído está sobre los 130db, siendo este el umbral de dolor y donde se sufrirían ya molestias en este. Una pérdida súbita e inmediata por medios mecánicos en el oído medio, se produciría a unos niveles algo mayores. Una larga exposición a niveles superiores a los 130db podría producirnos una irreparable y permanente pérdida de audición, así como otros posibles daños de gravedad.

Por lo tanto, es por nuestro propio interés y como por el de los demás, el no contribuir a la degradación en la salud auditiva de las personas, cuidando los niveles y valores de los volúmenes con los que estamos trabajando, ya sea en los directos como en el estudio de grabación. Por suerte o para algunos quizás no tanta, ya se está comenzando a controlar por parte de las instituciones públicas, los niveles de presión sonora a los que se está trabajando en los diferentes recintos, tanto los interiores como exteriores, mediante el uso de limitadores controlados por los propios ayuntamientos e instituciones gubernamentales. De igual manera, comienza también a haber un cambio de consciencia entre muchos de los profesionales del sector.



Limitador registrador de nivel sonoro CESVA LF010

# 3

## PRINCIPIOS BÁSICOS DEL SONIDO

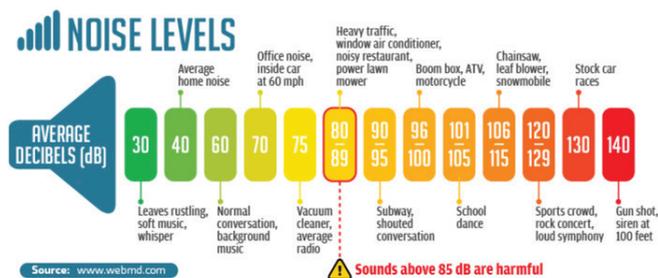
Vamos a repasar algunos de los más elementales principios físicos del sonido. Ya que estos son necesarios para poder entender el comportamiento de todo sistema de audio, indiferentemente de la escala, medio o lugar donde vamos a realizar nuestras sonorizaciones.

### 3.1 LA NATURALEZA DEL SONIDO

*“El sonido son vibraciones longitudinales en un medio envolvente (aire, agua, hierro, etc.), las cuales son transmitidas a un objeto vibrante el cual cuando se comunica al cerebro por el oído, este produce la sensación de la escucha”.*

El rango de escucha de un ser humano oscila entre debajo de las 10 vibraciones por segundo (10Hz) hasta por encima de las 18.000 vibraciones por segundo (18KHz). El valor de las vibraciones del sonido es la frecuencia del sonido, la cual es normalmente expresada en términos de ciclos por segundo. El sonido es una transferencia de energía desde una molécula hasta una molécula de un medio. Desde una fuente hasta el receptor.

### 3.2 DECIBELIO



El decibelio equivale a una décima parte de un bel, una unidad de medida que lleva el nombre de Alexander Graham Bell, que se utilizó por primera vez en telecomunicaciones. La pérdida de señal es una función logarítmica de la longitud del cable. Su conveniente base logarítmica lo convirtió en una unidad conveniente por la cual una gran cantidad de las medidas están representadas. Sin embargo, siempre requiere un punto de referencia. Por lo tanto, agregamos una letra después de la designación “dB”. Estos son algunos de los valores de referencia de voltaje de señal más empleados en el mundo del audio:

De esta ecuación, aprendemos que, si un nivel de presión sonora es el doble que otro, esto significa que es 6 dB mayor; los humanos percibimos los valores de SPL subjetivamente, pero como por lo tanto como regla general, un sonido que es 6 dB más alto en nivel se percibe como el doble de alto en volumen sonoro.

### 3.2.1 ¿Cuántos db al doblar la potencia?

La duplicación del factor (el doble del factor) significa:

- Para el nivel de volumen: +10 dB,
- Para el nivel de presión acústica: +6 dB SPL y para el nivel de tensión eléctrica: +6 dB,
- Para el nivel de intensidad del sonido: +3 dB y para el nivel de potencia (energía): +3 dB

10 dB SPL más significa que el amplificador necesita 10 veces más potencia.

## 3.3 OTRAS UNIDADES DE MEDICIÓN DE NIVEL DE SONIDO

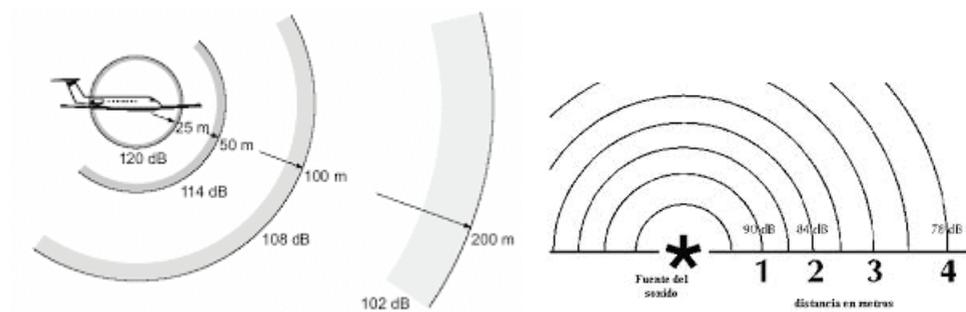
---

- **dBu**: Un punto de referencia de voltaje. Originalmente designado como dBv. El punto de referencia es 0.775Vrms. Utiliza una ecuación de 20 logs (ver abajo, “dB SPL”).
- **dBV**: Un punto de referencia de voltaje diferente. El punto de referencia es 1.000V rms.
- **dBm**: Un punto de referencia de potencia eléctrica, referenciado a 1 mW en una carga de 600 ohmios.
- **dBW**: Un punto de referencia de potencia eléctrica, referenciado a 1W.
- **dB<sub>r</sub>**: Un nivel de referencia arbitrario, que debe especificarse mucho.
- **dBFS**: Una referencia de voltaje utilizada al especificar convertidores de audio digital; “FS” significa “Escala completa”, que se refiere al nivel de voltaje máximo posible antes de la sobrecarga digital del convertidor.
- **dB<sub>PWL</sub>**: Un punto de referencia de potencia acústica, raramente utilizado.

- **dB SPL:** un punto de referencia de presión acústica, de uso frecuente. La presión acústica se mide por unidad de área en una ubicación determinada; medido en dinas por cm<sup>2</sup>, o Newtons por m<sup>2</sup>. Sin embargo, se utiliza una ecuación de 20 log:
- $dB SPL = 20 \log (p1 / p0)$ , donde p0 es un valor absoluto 0.0002 dinas / cm<sup>2</sup>, o 0.000002 Newtons / m<sup>2</sup>.

### 3.4 ATENUACIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA

Cuando un sonido es emitido desde una fuente de sonido (fuente de sonido puntual) el sonido se esparce sobre un espacio en forma de esfera, por lo que (onda de superficie esférica) el nivel de presión sonora será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. En otras palabras, cada vez que se duplica la distancia el nivel de presión sonora es atenuado en -6 dB.



Al duplicar la distancia se produce una pérdida de -6db

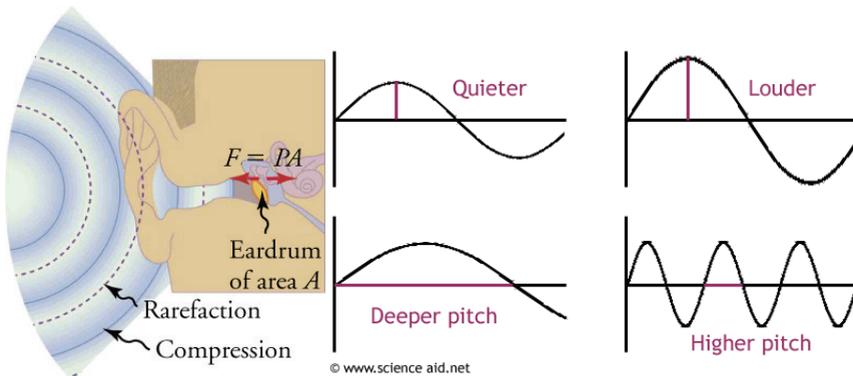
<b>Colt .45 Pistol (25 feet)</b>	<b>140</b>
<b>Threshold of Pain</b>	<b>130</b>
	<b>120</b>
<b>Underground Train</b>	<b>110</b>
	<b>100</b>
<b>Average Home Hi-Fi Level</b>	<b>90</b>
<b>Average Factory</b>	<b>80</b>
	<b>70</b>
<b>Average Conversation</b>	<b>60</b>
<b>Average Office</b>	<b>50</b>
<b>Residential Ambient Noise</b>	<b>40</b>
<b>Quiet Whisper (5 feet)</b>	<b>30</b>
	<b>20</b>
	<b>10</b>
<b>Threshold of Hearing</b> 0.0002 Dyne/Sq. cm	<b>0</b>

#### dbSPL Table

Algunos ejemplos exponenciales de presión sonora

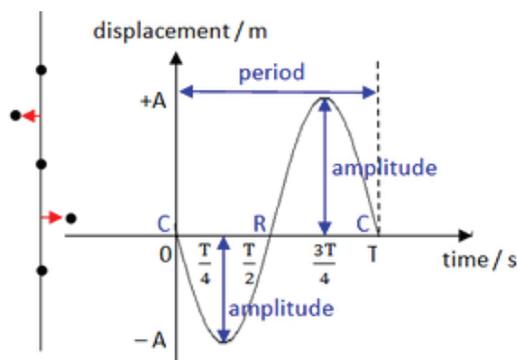
### 3.5 AMPLITUD (A)

La amplitud es la fluctuación o desplazamiento de una onda desde su valor medio. Con las ondas de sonido, es la medida en que las partículas de aire se desplazan, y esta amplitud de sonido se experimenta como el volumen del sonido. Las compresiones y rarefacciones de ondas sonoras viajan por el canal auditivo y hacen vibrar el tímpano. Existe una fuerza neta en el tímpano, ya que las presiones de la onda sonora difieren de la presión atmosférica que se encuentra detrás del tímpano. Un mecanismo complicado convierte las vibraciones en impulsos nerviosos, que luego son interpretados por el cerebro.



### 3.6 PERIODO (T)

Es el tiempo que toma un ciclo de una oscilación completa. El período de una onda es el tiempo que transcurre entre la llegada de dos crestas consecutivas (los picos o valles) en una determinada ubicación X. Esta definición es idéntica a la afirmación de que el período es el tiempo que la vibración en X tarda en pasar de la cresta a otra. El período de una onda se da en segundos.

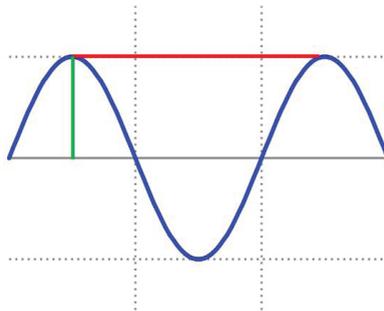


$$\text{Periodo} = 1 + \text{Frecuencia}$$

### 3.7 LONGITUD DE ONDA ( $\lambda$ )

La longitud de onda es la distancia desde un punto de una onda a un punto similar de la misma onda; es decir, de cresta a cresta, y desde el punto central a valle. En definitiva, la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda sinusoidal.

- El valor máximo positivo que toma la amplitud de una onda sinusoidal recibe el nombre de “pico o cresta”.
- El valor máximo negativo, “vientre o valle”.
- El punto donde el valor de la onda se anula al pasar del valor positivo al negativo, o viceversa, se conoce como “nodo”, “cero” o “punto de equilibrio”.



#### Wavelength ( $\lambda$ )

Distance between identical points on consecutive waves

#### Amplitude

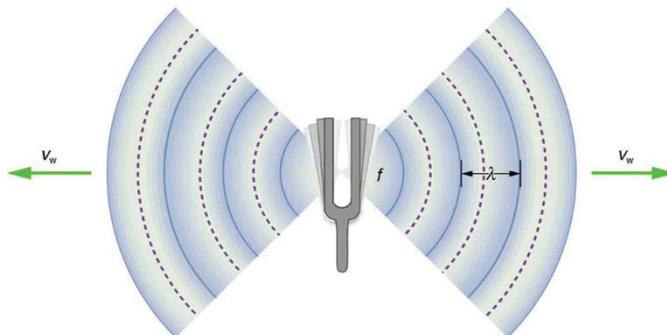
Distance between origin and crest (or trough)

#### Frequency ( $\nu$ )

Number of waves that pass a point per unit time

#### Speed

= wavelength x frequency



### 3.8 VELOCIDAD

---

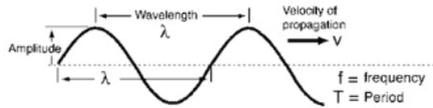
La velocidad de onda en el uso común se refiere a la velocidad en sí, aunque, correctamente, la velocidad implica tanto la velocidad como la dirección. La velocidad de una onda es igual al producto de su longitud de onda y frecuencia (número de vibraciones por segundo) y es independiente de su intensidad.



La luz viaja más rápidamente que el sonido

Cuando los fuegos artificiales explotan en el cielo, la energía de la luz se percibe antes que la energía del sonido. Por lo tanto, el sonido viaja más lentamente que la velocidad de la luz. El destello de una explosión se ve mucho antes de que se escuche su sonido, lo que implica que el sonido viaja a una velocidad finita y que es mucho más lento que la luz. También se puede detectar directamente la frecuencia de un sonido. La percepción de la frecuencia se llama tono. La longitud de onda del sonido no se detecta directamente, pero se encuentra como evidencia indirecta en la correlación del tamaño de los instrumentos musicales y su tono. Los instrumentos pequeños, como un piccolo, suelen producir sonidos de tono alto, mientras que los instrumentos grandes, como la tuba, suelen emitir sonidos de tono bajo. El tono alto significa una longitud de onda pequeña, y el tamaño de un instrumento musical está directamente relacionado con las longitudes de onda del sonido que produce. Por lo tanto, un instrumento pequeño crea sonidos de onda más corta. Bajo ese mismo similar argumento, sostiene que un instrumento grande crea sonidos de longitud de onda larga. La relación de la velocidad del sonido, su frecuencia y longitud de onda es la misma para todas las ondas.

## Longitud de onda



Las ondas sonoras viajan a través del aire a la velocidad de 1130 ft/Jsec (344 m / seg) a nivel del mar a una temperatura estándar día (que es 59 grados Fahrenheit o 15 grados centígrados). La velocidad del sonido es independiente de la frecuencia. La distancia física cubierta por uno ciclo completo de una frecuencia dada el sonido a medida que pasa por el aire se llama la longitud de onda. La longitud de onda es expresada por la ecuación:

$$\text{Longitud de onda} = \frac{\text{Velocidad del sonido}}{\text{Frecuencia}}$$

**Table Of Select Frequency Wavelengths**

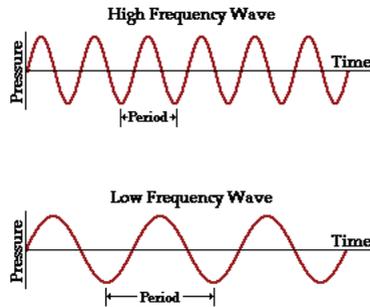
Frequency (ISO centers)	Wavelength (in feet)*	Pitch (to closest whole tone)**
25 Hz	44.8	G0
27.5 Hz	40.59	A0 (lowest piano note)
40 Hz	28.3	E1 (lowest note of 4-string bass)
63 Hz	17.9	B1
80 Hz	14.2	E2 (lowest note of guitar)
100 Hz	11.3	G2
160 Hz	7.1	E3
200 Hz	5.65	G3 (lowest note of violin)
250 Hz	4.48	B3
400 Hz	2.83	G4
500 Hz	2.25	B4
800 Hz	1.42	G5#
1 kHz	1.13	B5
1.25 kHz	0.89	D6#
2 kHz	0.56	B6
2.5 kHz	0.46	D7#
3.2 kHz	0.36	G7
5 kHz	0.22	D8#
6.4 kHz	0.18	G8/G8#
8 kHz	0.14	B8
10 kHz	0.11	D9#
20 kHz	0.055	D10#

\* The speed of sound varies as a function of temperature; therefore wavelengths also vary. This chart is based on 20 degrees C.

\*\*Musical notes are rounded to the nearest whole tone and are not intended to be precise.

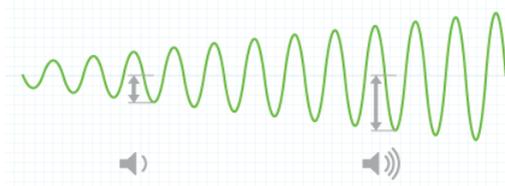
Tabla de longitudes de onda según su frecuencia y tono en la escala musical

## Tono/Timbre (Pitch)



En acústica, este viene a ser un sonido que puede reconocerse por su regularidad de vibración. Un tono simple tiene una sola frecuencia (fundamental), aunque su intensidad puede variar. Un tono complejo consta de dos o más tonos simples, llamados armónicos. El tono de frecuencia más baja se llama fundamental; los otros, connotaciones. Una combinación de tonos armónicos es agradable de escuchar y, por lo tanto, se llama tono musical.

## Volumen



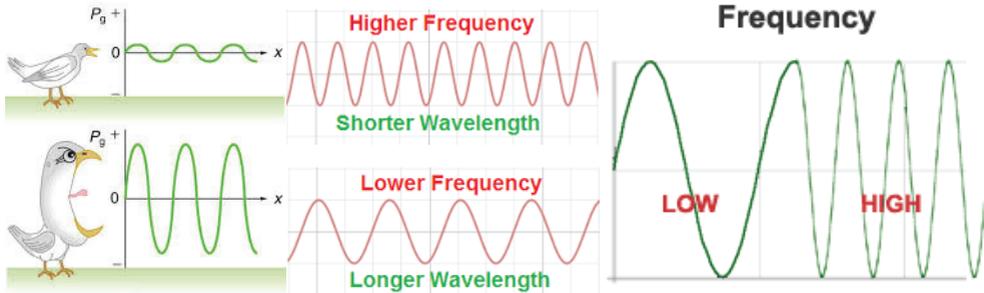
El volumen es una sensación producida en el ser humano. Está relacionado con una cantidad medible mediante una intensidad de onda. La intensidad de una onda depende de la amplitud de esta. Se define matemáticamente de la siguiente manera:

Intensidad:  $I (w / m^2) = (W / m^2)$ , donde  $W$  es potencia, en vatios, y  $m^2$  es área, en metros cuadrados.

## 3.9 FRECUENCIA (F)

En términos matemáticos, la frecuencia viene a ser la cantidad de ciclos vibratorios completos de un medio por una cantidad de tiempo dada. La frecuencia y el período son cantidades claramente diferentes, pero relacionadas entre si. La frecuencia se refiere a la frecuencia con la que ocurre algo. El período se refiere al tiempo que tarda algo en suceder. Por lo tanto, la frecuencia es una cantidad de velocidad, mientras que el período es una cantidad de tiempo. La frecuencia es los ciclos / segundo. El período es el segundo / ciclo. Como un ejemplo de la distinción y la relación de la frecuencia y el período, imaginarnos a un pájaro carpintero que se encuentra picando sobre un árbol a una

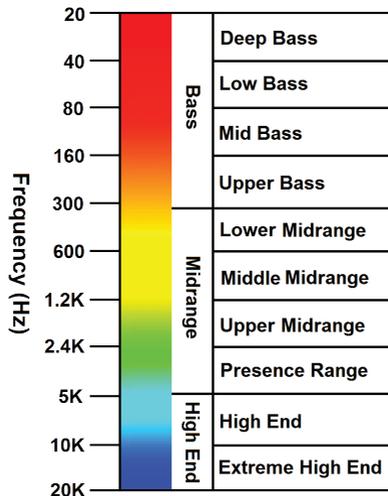
velocidad periódica. Si el pájaro carpintero pica sobre un árbol 2 veces en un segundo, en este caso la frecuencia sería de 2Hz. Cada picoteo debe durar medio segundo, por lo que el período es de 0,5 s.



Comúnmente, las diferentes bandas del espectro se suelen sectorizar en seis secciones, estas son las que contribuyen a definir la tesitura del sonido. Cada instrumento, ruido o sonido posee su singular rango de frecuencia en el espectro del audio.

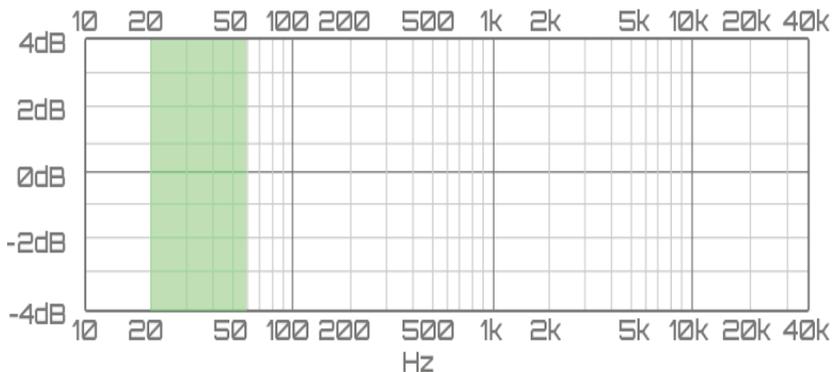
### Espectro del sonido

Un espectro de sonido muestra las diferentes frecuencias presentes en un sonido. La mayoría de los sonidos están formados por una complicada mezcla de vibraciones. Un espectro de sonido es una representación de un sonido, generalmente una muestra corta de un sonido, en términos de la cantidad de vibración en cada frecuencia individual. Generalmente se presenta como un gráfico de potencia o presión en función de la frecuencia. La potencia o presión generalmente se mide en decibelios y la frecuencia se mide en vibraciones por segundo (o hercios, abreviatura Hz) o miles de vibraciones por segundo (kilohercios, abreviatura kHz).

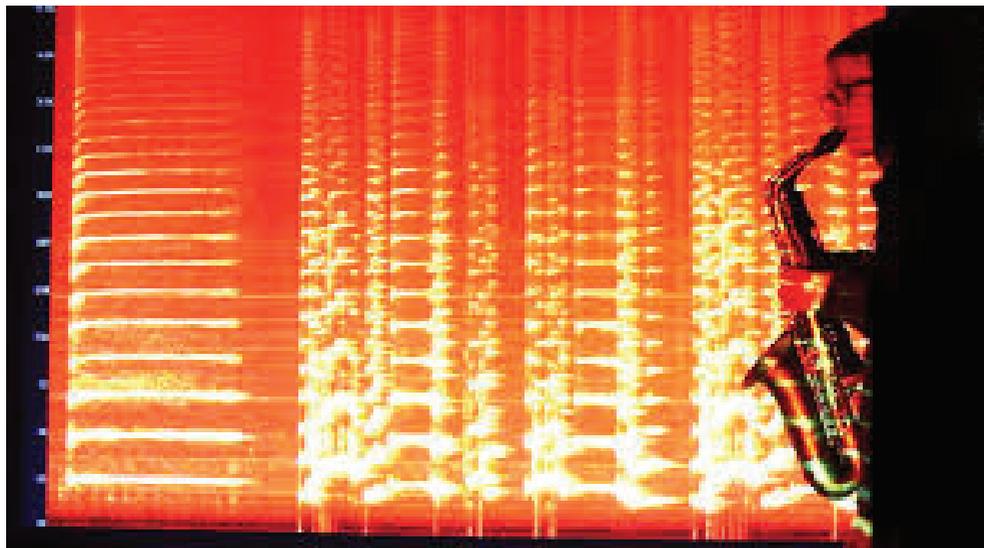


### 3.10 ESPECTRO DE FRECUENCIA

El espectro de frecuencias de audio representa el rango de frecuencias que el oído humano puede interpretar. La frecuencia del sonido se mide en la unidad Hertz (Hz). Este rango de frecuencia audible, en la persona promedio al nacer, es de 20Hz a 20.000 Hz (20kHz).



#### Espectro del sonido



Un espectro de sonido muestra las diferentes frecuencias presentes en un sonido. La mayoría de los sonidos están formados por una complicada mezcla de vibraciones. Un