

MEGAFONIAS. PRINCIPIOS BÁSICOS

INTRODUCCIÓN

La megafonía es un conjunto de técnicas cuya misión principal es amplificar y transmitir el sonido garantizando su inteligibilidad. Otros equipos tienen como propósito general reproducir con la máxima fidelidad el sonido original, como los de sonido profesional o los HIFI domésticos. En el caso de **la megafonía prevalece la inteligibilidad**, Por tanto, en este curso se incidirá más en presión acústica, relación señal-ruido, cobertura e inteligibilidad que en fidelidad, respuesta en frecuencia o potencia.

El sonido, ya sea definido como la vibración mecánica capaz de producir una sensación auditiva (desde el punto de vista físico), o como **la sensación auditiva producida por una vibración mecánica** (desde el punto de vista acústico), **es sujeto de estudio de varias disciplinas.**

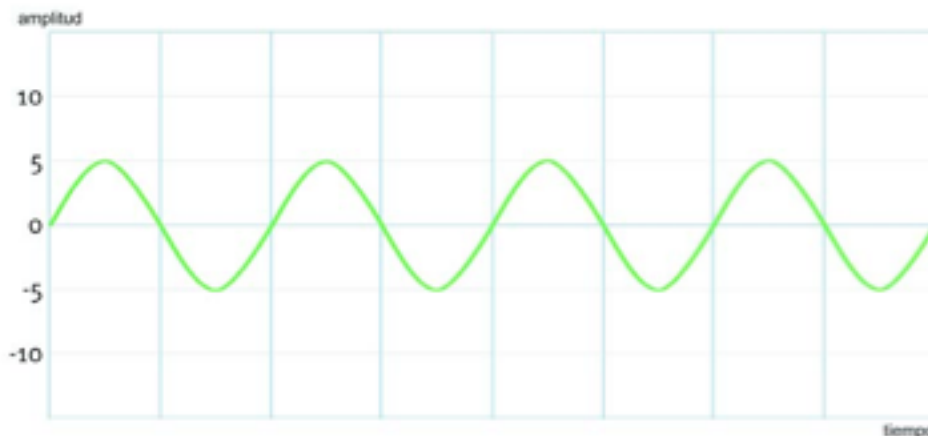
Para abordar el estudio de todo lo relacionado con la megafonía, es necesario repasar algunos **conocimiento básicos en acústica física y en electroacústica**

ACÚSTICA FÍSICA

La onda de sonido o vibración sonora es una oscilación de las partículas de los cuerpos elásticos y densos alrededor de su posición de reposo. El aire, el agua, una tubería metálica... son cuerpos elásticos y densos, y transmiten el sonido según sus propiedades. Por ejemplo, el sonido se transmite mucho más rápido en el agua que en aire, y en el vacío,

no se transmite.

Una onda de sonido se caracteriza por una serie de parámetros característicos, cada uno asociado a una dimensión física y a una sensación auditiva.



Observando la forma de onda de un sonido puro, por ejemplo producido por un diapasón y capturado por un osciloscopio, podemos definir:

Período (T)

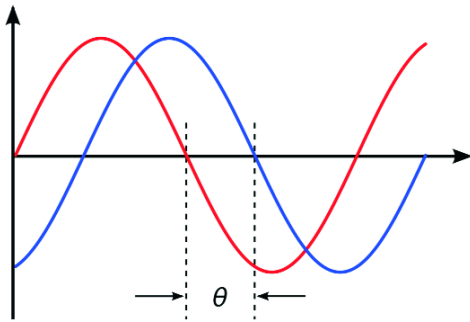
Intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo repetitivo, medido en segundos (s).

Amplitud

Valor que indica si el sonido es fuerte o débil. Se mide habitualmente en voltios (V), en referencia a su conversión eléctrica, o en dB SPL (*sound pressure level*) si nos referimos a su presión sonora. También se denomina intensidad de sonido y en ocasiones erróneamente sonoridad, un parámetro psicoacústico que corresponde a la valoración subjetiva de la amplitud.

Diferencia de fase (θ)

Diferencia, en segundos (s), entre dos ondas sonoras en un punto dado de sus ciclos.



Frecuencia

Uno de los parámetros más importante del sonido es su frecuencia (f), se mide en hertz (Hz) y es la cantidad de vibraciones que se producen en un segundo. La frecuencia nos indica si un sonido es grave (pocas vibraciones) o agudo (muchas vibraciones). En muchos equipos de audio es posible variar la cantidad de graves y agudos con el control de tono.

Un sonido está formado por la superposición de muchas frecuencias. Excepto la nota pura que produce un diapasón, o una onda generada artificialmente, prácticamente todos los sonidos están compuestos por un número infinito de ondas. La de mayor amplitud es la más importante y se denomina frecuencia fundamental. El resto de frecuencias superpuestas son los armónicos, múltiplos de la fundamental, y determinan el timbre del sonido que permite diferenciar, por ejemplo, un violín de un piano tocando la misma nota, o dos cantantes interpretando la misma canción.

Por debajo de 20 Hz los humanos no percibimos los sonidos como continuos, y por encima de 20.000 Hz nuestro oído no responde al estímulo. Por analogía con los equipos de sonido, hablamos de una respuesta en frecuencia del ser humano de 20 a 20.000 Hz.

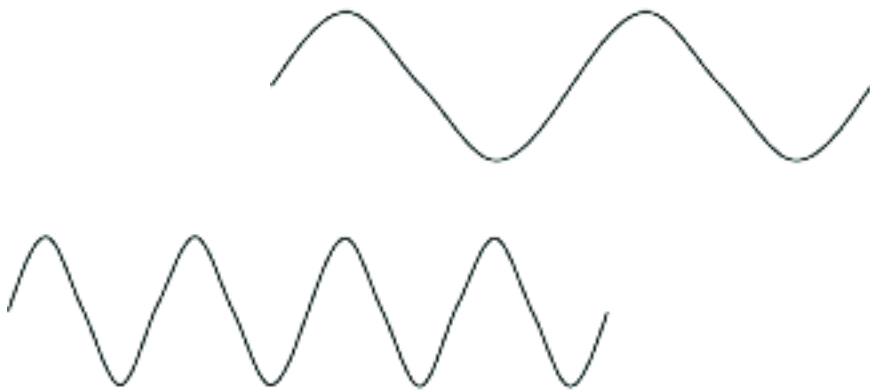
En megafonía lo importante es la inteligibilidad y sabemos que el oído es más sensible a la banda de frecuencias entre 700 y 6.000 Hz. Muchos sistemas de sonorización se centran en esa banda de frecuencias,

con altavoces específicos o con filtros que eliminan el resto de frecuencias.

Longitud de onda

Otro parámetro importante es la longitud de onda (λ), que se define como el espacio que recorre el sonido en un período completo, en metros (m). Como analogía, vale la onda que se forma en un estanque al lanzar una piedra. El espacio entre dos crestas o dos valles sería la longitud de onda.

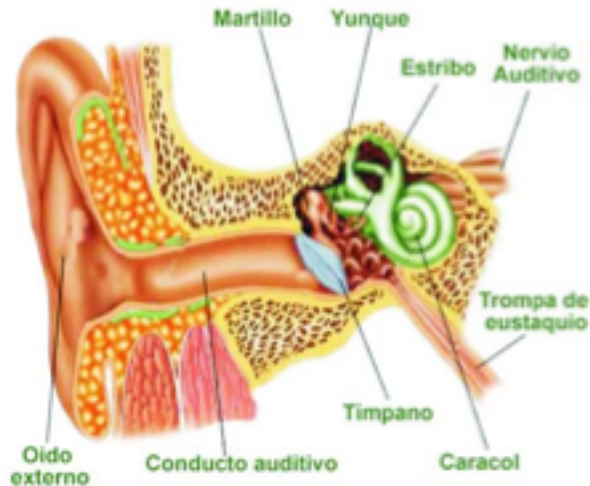
Para el margen de frecuencias audibles por el ser humano, la longitud de onda oscila entre 1,7 cm y 17 m, aproximadamente. Se comprueba, por tanto, que la longitud de onda de un sonido grave (frecuencia baja) es grande, y la de un sonido agudo (frecuencia alta), es pequeña.



Sonido grave

Sonido agudo

Fisiología del oído



El oído humano es un órgano complejo, capaz de recoger, amplificar y transmitir la señal de audio hasta el cerebro. Siguiendo el camino de la onda de sonido, la vibración entra por la parte externa del oído, el pabellón auditivo, encargado de recoger y orientar el sonido hacia el interior a través del conducto o canal auditivo, que amplifica los sonidos de nivel bajo y protege de los de nivel alto produciendo cerumen.

Al final del conducto auditivo empieza el oído medio. El tímpano es una membrana que vibra y está en contacto con una cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo). La trompa de Eustaquio es el órgano encargado de igualar la presión ambiental con la del oído medio y se nota su función, por ejemplo, debajo del agua o en viajes en avión, cuando la presión atmosférica cambia con más rapidez.

La cadena de huesecillos son un transductor acústico-mecánico, responsable de mover el líquido del interior de la cóclea (o caracol), un órgano en forma de espiral ya en el oído interno. El movimiento de este líquido produce una onda en una membrana, la membrana basilar, donde se apoya el órgano de Corti, formado por miles de **células receptoras (unas 24.000)**. En función de la onda formada en la membrana basilar se excitarán más o menos células, que al estar conectadas a las neuronas transmiten la información al cerebro. **Estas células no se regeneran; sonidos muy elevados, lesiones, la edad... provocan la**

muerte de algunas de ellas y la consiguiente pérdida de audición.

Presión acústica

La definición de presión acústica es fuerza aplicada por unidad de superficie, superpuesta a la presión atmosférica. Su unidad de medida es el Pascal (Pa).

Decibelios

El oído humano detecta desde los 0,00002 Pa (umbral de audición) hasta los 65 Pa (umbral de dolor). Para manejar convenientemente este amplio margen de 6 órdenes de magnitud utilizamos los decibelios. las variaciones de intensidad acústica que puede percibir el oído abarcan una amplísima gama de niveles, con una relación de más de 1.000.000 de veces entre los más fuertes y los más débiles. se acostumbra a utilizar una medida relativa denominada "decibelio" (dB), cuyo valor 0 dB corresponde al umbral de audición (20 microPa), y cada 20 dB corresponde a multiplicar por 10 el nivel de presión acústica. De esta forma, 120 dB corresponde a 20 Pa y señalan la entrada al umbral del dolor. El cambio de sonoridad más pequeño que podemos apreciar es de 1 dB aproximadamente.

Umbral de audición	0,00002 Pa	0db SPL
Conversación a 1m	0,02Pa	60db SPL
Tráfico intenso a 20m	0,25 Pa	82db SPL
Umbral del dolor	65 Pa	130db SPL

Ruido

La definición de ruido, en audio y por tanto en megafonía, es **“cualquier sonido no deseado”**. Como el objetivo final es la inteligibilidad del mensaje emitido por los altavoces, **es imprescindible conocer y cuantificar el sonido habitual del recinto donde se emite el mensaje. Hay grandes diferencias entre una oficina, un centro comercial, un pabellón deportivo, un laboratorio y una industrial metalúrgica, por ejemplo. El instrumento utilizado para medir el ruido es el sonómetro.**

Umbral de audición: Pa	0 dB
Lugares tranquilos	35 dB
Salas de rencias	45 dB
Oficina privada	50 dB
Conversación a 1 m: Pa	60 dB
Salas de embarque (puerto)	55 dB
Andén estación (sin	60 dB
Andén estación (con	75 dB
Cines, teatros,	65 dB

posiciones	
Tráfico medio a 20 m	70 dB
Restaurante, bar	70 dB
Tráfico intenso a 20	80 dB
Interior de autobús	90 dB
Taller mecánico, ajes	95 dB
Turbina de ador a 1 m	110 PL
Martillo neumático a 30 Pa	123 PL
Umbral de dolor: 65	130 PL
Nivel lesivo	140 PL

Atenuación

La propagación de la onda de sonido se ve afectada por la naturaleza del medio en que se transmite. El sonido, igual que la luz, forma una onda esférica en el aire en reposo. **A medida que el sonido se aleja de la fuente que lo produce su energía se reparte en volúmenes mayores y, por tanto, se atenúa.** La teoría aplicada considera una fuente sonora puntual que genera una onda de superficie esférica cuyo nivel de presión sonora es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Inteligibilidad

La inteligibilidad **depende de varios factores.** Normalmente **es peor cuantas más reflexiones se perciben**, por tanto mejor en campo directo que en reflejado, y peor finalmente en campo difuso. La interpretación que hace el cerebro cuando recibe el mismo sonido varias veces es distinta en función de su diferencia temporal, efecto descrito por Helmut Haas en 1949 y por ello denominado efecto Haas:

- Si la diferencia es inferior a 5 ms, el cerebro localiza el sonido en función de la dirección que tuviera el primer estímulo, aunque los otros provengan de direcciones diametralmente opuestas.

- Si el retardo está entre los 5 y los 50 ms, el oyente escucha un único sonido, pero de intensidad doble y localiza a la fuente a medio camino entre todas.

- Si el sonido reflejado tarda más de 50 ms el cerebro distingue procedencia y retardo temporal. Si se trata de una reflexión única se denomina ECO.

En 50 ms, dado que la velocidad de propagación del sonido en el aire es de unos 340 m/s, la distancia que recorre una onda es de unos 17 m.

En la transmisión del sonido uno de los factores que más influye en la pérdida de inteligibilidad es la reverberación, un efecto que se produce al recibir ondas reflejadas de suficiente intensidad y con un retardo superior a los 20 ms.

Se trata de un efecto fácilmente reconocible, por ejemplo en una gran catedral, con su grandes dimensiones, sus techos altos, su arquitectura y materiales constructivos... las ondas reflejadas se atenúan poco y recorren grandes distancias, llegando al oyente con grandes retardos.

En definitiva, la inteligibilidad depende de las condiciones acústicas del recinto (la reverberación), el ruido ambiente y el equipo electroacústico. Para medirla se utilizan diferentes sistemas.

ELECTROACÚSTICA

La electroacústica engloba el conjunto de técnicas que se ocupan de la transformación de la energía sonora (música y palabra) en señales eléctricas y viceversa, permitiendo obtener de nuevo los sonidos originales.

Como la finalidad principal de un sistema de megafonía es la difusión de música y voz con la mayor claridad posible, toda la cadena electroacústica debe estar diseñada para transmitir de forma clara e inteligible el mensaje sonoro, lo que **dependerá, entre otros factores, de la calidad de nuestro producto y la naturaleza del lugar a sonorizar.** Es por ello que se deberá poner cierta atención en la elección del producto, para adecuar los equipos a las necesidades reales del espacio a sonorizar.

LA CADENA DEL SONIDO

Tanto en megafonía como en cualquier otra aplicación de audio (doméstico, estudios, directo...) **el sonido pasa por tres fases:**

la captación y conversión a señal eléctrica, el tratamiento de señal y su amplificación, y la conversión de nuevo en presión acústica a través de los altavoces.

CAPTACIÓN Y CONVERSIÓN. MICRÓFONOS

El micrófono es un traductor eléctrico acústico que transforma la onda sonora en señal eléctrica. Recibe la presión sonora en su membrana (diafragma) y la envía a un conversor mecánico-eléctrico que la transforma en señal eléctrica. Si no hay sonido no se genera señal eléctrica. Esta señal manipulada de manera conveniente se podrá escuchar por medio de altavoces o auriculares.

Las micrófonos poseen varias **características** que son las que van a definir sus posibilidades de uso.

SENSIBILIDAD

La sensibilidad indica la capacidad que tiene un micrófono para captar sonidos débiles o de poca intensidad.

DIRECTIVIDAD

Es la respuesta del micrófono dependiendo de la dirección de donde proceda la fuente sonora y esta directividad se representa mediante diagramas polares.

Según su directividad hay varios tipos de micrófonos:

Unidireccionales: recogen sonidos **frontalmente**.

Bidireccionales: recogen sonidos de **atrás hacia adelante**. Los laterales apenas son captados.

Omnidireccionales: aquellos que el nivel de señal eléctrica que proporcionan es independiente a su direccionalidad.

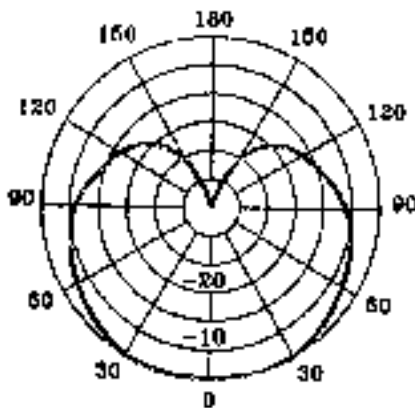


Diagrama polar de un micrófono cardioide. El sonido se recibe mejor por delante.

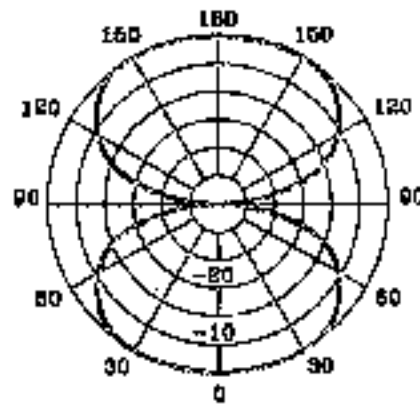


Diagrama polar de un micrófono en 8. El sonido se recibe igual por ambos lados.

Micrófonos según su construcción

Micrófonos dinámicos

Poseen una bobina y el movimiento de esta cuando vibra en el interior del campo magnético genera en ella una corriente eléctrica que es la que proporciona esta clase de micrófonos. Permiten que se puedan emplear con cables largos y conectarlos a cualquier sistema sin tener problemas de adaptación de impedancias.

Son micrófonos muy robustos, por ello se emplean en exteriores, y tienen un coste bajo. Su sensibilidad no es muy inferior

a la de otros micrófonos. Además, permiten un margen de frecuencias muy amplio (entre 20 y 20000 Hz). Por todas estas ventajas son de los más utilizados en la actualidad.

Micrófonos de condensador

El diafragma de estos micrófonos es la placa móvil de un condensador. La otra es fija, y la separación entre ambas es de 25 micras. Este condensador **está conectado a alimentación eléctrica** y a una resistencia, entre cuyos terminales obtendremos la señal eléctrica de salida del micrófono. Ante la presión de una onda sonora habrá una variación de la posición relativa de ambas placas y por tanto de la capacidad, generándose a la salida del circuito una señal eléctrica proporcional a la presión ejercida sobre el diafragma. El principal problema que plantean estos micrófonos es la necesidad de alimentación eléctrica. Existen dos formas de alimentación: AB y **PHANTOM**, siendo esta última la más habitual. Podremos alimentarlos con cualquier señal entre 9 y 52 voltios. Se puede realizar mediante alimentadores de corriente continua, o mesas de mezcla y equipos que suministren esta tensión (usualmente 48 V). Por otra parte tienen una excelente calidad, una respuesta en frecuencia muy plana y una gran fidelidad. **Tienen una gran sensibilidad, por lo que disponen de atenuadores de sensibilidad que evitan saturaciones de señal.**

En sistemas inalámbricos el micrófono puede ser de solapa (Lavalier) o de bastón, también llamado de mano. El de solapa se conecta por medio de un cable a un emisor que envía la señal del micrófono a un receptor. El de bastón dispone del emisor en su extremo, y funciona de idéntica manera. El receptor (que puede recibir varios micrófonos a la vez), es sensible a Radiofrecuencia y se conecta al equipo de audio. Este micrófono evita usar cables en las aplicaciones que así lo requieran.

A pesar de lo que pueda parecer, los micrófonos de solapa

que vemos en debates y telediarios de televisión no suelen ser inalámbricos. Usan cables que se encuentran directamente conectados a las mesas. Evidentemente son omnidireccionales, pues no apuntan a la boca del locutor, y poseen filtros para evitar el efecto proximidad. Los micrófonos que vemos aparte, sobre la mesa, son de emergencia, y están cerrados a la espera de que falle el micrófono de solapa. Pensemos que es una situación en directo y exige prevenir cualquier eventualidad.

Por último encontramos los **micrófonos** canceladores de ruido. Se les llama también bigoterías o **diadema** porque se han de usar poniéndose en contacto entre la nariz y el labio superior. Se utilizan para comentaristas (generalmente en retransmisiones deportivas) en ambientes ruidosos.

Colocación de los micrófonos

Efecto de la proximidad

Como norma general, se puede decir que **la mejor calidad de sonido y mayor reducción en la captación de ruido ambiente se obtendrá cuanto más próximo se sitúe el micrófono a los labios y garganta del orador**. Esto es especialmente importante cuando se utilicen micrófonos omnidireccionales, ya que captan todos los sonidos del ambiente con gran fidelidad.

Sin embargo, hay algunos **límites a esta proximidad**; en primer lugar, a la mayoría de los micrófonos les afectan negativamente los “golpes de aire” (pop) que se producen en los labios o boca al pronunciar ciertas consonantes explosivas.

En el caso de utilizar micrófonos **direccionales**, **la ventaja en la proximidad de estos a la boca no es tan acusada**, ya que estos no recogen apenas los sonidos o ruidos que no vengan en su dirección de máxima sensibilidad (de frente).

Acoplamiento acústico. Efecto Larsen

Otro punto a tener en cuenta, en ocasiones el más importante, a la hora de elegir y situar bien los micrófonos es el **evitar el acoplamiento acústico (efecto Larsen o feedback)** El proceso se desencadena cuando cualquier sonido producido en la estancia, por minúsculo que sea, es recogido por el micrófono, amplificado y difundido de nuevo por los altavoces, de forma que cuando llega de nuevo al micrófono, lo hace con una intensidad superior a cuando se recogió anteriormente. De aquí **la importancia de situar los micrófonos lejos del área de acción de los altavoces** y, si esto no es posible, elegir modelos muy direccionales y orientarlos de forma que el haz sonoro de los altavoces más próximos, incida en el micrófono en la dirección donde esté presente menor sensibilidad.

Si de todas formas se produce el acoplamiento acústico, habrá que reducir el volumen del amplificador hasta que desaparezca por completo y un poquito más, ya que si se deja demasiado próximo a la realimentación se obtendrá una prolongación y coloración del sonido en las frecuencias propicias a la realimentación.

No se debe olvidar, en las **instalaciones con varios micrófonos, cerrar o atenuar todos aquellos que no se usen**, ya que estos serán causantes de la realimentación.

Nota: La frecuencia del pitido producido cuando una instalación entra en acoplamiento acústico, es aquella en la que hay una mayor ganancia acústica, ya sea debido a un mayor rendimiento del altavoz o del micro a esa frecuencia o también, a una respuesta no plana del amplificador, por ejemplo por tener los controles de tono con fuertes realces. Por lo tanto, **una forma de reducir o evitar el acoplamiento será la utilización de altavoces con respuesta en frecuencia extremadamente plana, amplificadores lineales y micrófonos muy direccionales.**

Si aún así hay acoplamiento, habrá que aplicar soluciones más drásticas como: modificar la situación de los altavoces, reducir la

potencia de los altavoces más próximos a los micrófonos y utilizar un ecualizador gráfico

MESA DE MEZCLAS

Características

La mesa de mezclas es el elemento fundamental del estudio de sonido. Básicamente podemos asimilarse a una gran autopista, donde cada carril es una línea o agrupación de líneas que llevan sonido. La mesa, por tanto, recibe señales de audio y devuelve otras diferentes que son el resultado de la combinación de las primeras.

Es evidente que el número de señales que se devuelva va a depender de la calidad de la mesa, aunque siempre va a generar una salida master L-R,

La señal que recibe la mesa de mezclas puede ser generada por un micrófono, un lector de CD, un giradiscos, cualquier reproductor o generador de señal sonora, o instrumentos musicales eléctricos o electrónicos que produzcan una señal de audio. Pensemos, por tanto, en la diversidad de señales posibles que puede admitir nuestra mesa de mezclas.

Hay una gran diversidad y tipología de mesas, según sea su uso, en un estudio de grabación, en un directo, en un salón de actos... **pero todas poseen cuatro partes: entradas, auxiliares, monitorización, salidas**

CONVERSION A PRESION ACUSTICA

ALTAVOCES

Básicamente, un altavoz es un transductor o **conversor de energía eléctrica en energía acústica**. Es decir, **el altavoz recibe del amplificador señales eléctricas y por procedimientos muy variados, según el tipo de altavoz, las transforma en las variaciones de presión del aire circundante correspondientes a esas señales.**

Tipos

Altavoz de cono o de difusión directa

Para reproducir fielmente las frecuencias más bajas (tambores) deberá tener un gran diámetro.

Para reproducir fielmente las frecuencias más altas (violines) deberá tener una inercia pequeña y, por tanto, pequeñas dimensiones.

columna acústica:

es un conjunto de altavoces alineados que permite obtener una **mayor direccionalidad en la radiación del sonido** en el plano vertical. En el plano horizontal, la irradiación tiene la misma amplitud que la de un solo altavoz. Se emplean en los casos en que es importante obtener un sonido direccional.

Altavoz de bocina:

la presión sonora producida por la membrana se transmite al aire encerrado dentro de la bocina, cuya forma es tal que amplifica los efectos, además de conferir **una notable direccionalidad** a los sonidos. Su estructura los hace **idóneos para la difusión al aire libre, porque las partes delicadas están protegidas contra los agentes atmosféricos**; en cambio, raramente se emplean en locales cerrados debido, sobre todo, a la distorsión que introducen en los sonidos, especialmente si se trata de música. No son adecuados

para transmitir las bajas frecuencias (por debajo de los $200 \div 300$ Hz) y precisan que éstas se atenúen a la salida del amplificador por medio de un regulador de tono del propio amplificador.