Captación, edición, procesamiento, mezcla y reproducción sonora

PID_00194465

Cinto Niqui i Espinosa

Universitat Oberta de Catalunya

Cinto Niqui i Espinosa

Profesor asociado del Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad de la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad Autónoma de Barcelona desde 1992. Profesor de la Escuela Superior de Cinematografía y Audiovisuales de Cataluña, adscrita a la Universidad de Barcelona, desde 1994. Consultor de los estudios de Comunicación Audiovisual de la Universitat Oberta de Catalunya desde el 2002. Compagina la docencia universitaria con el trabajo periodístico. Es director y presentador del programa *L'altra ràdio*, de Radio Nacional de España en Cataluña. Este espacio está especializado en la cultura audiovisual y se emite desde el año 1980. Tiene los títulos de ingeniero técnico de Telecomunicaciones en la especialidad de Imagen y Sonido por la Escuela de Ingeniería Técnica de Telecomunicación La Salle Bonanova; máster de Nuevas tecnologías: comunicación audiovisual y publicitaria por la Universidad Autónoma de Barcelona; licenciado en Filología Catalana por la Universidad de Barcelona, y máster de Escritura para la televisión por la Universidad Autónoma de Barcelona.

Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundación para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es

Índice

Objetivos 5

1. Fases de la sonorización audiovisual 7
1.1. Antes del rodaje 7
1.2. Durante el rodaje 7
1.3. Edición y posproducción de sonido 8
1.4. La mezcla 10

2. Captación 14
2.1. Micrófonos 14
2.1.1. Directividad 17
2.1.2. Micrófonos estéreo 19
2.1.3. Micrófonos inalámbricos 20
2.2. Uso de los micrófonos y nociones de sonido directo 21
2.3. El tamaño de la señal digital 26
2.3.1. La normalización 28
2.3.2. El ajuste de la señal de una cadena de sonido 28

3. Edición 31
3.1. Representación de la señal 31
3.2. La edición gráfica del sonido 33

4. Procesamiento digital de la señal 37
4.1. Procesamiento de la dinámica 38
4.2. Procesamiento del espectro 43
4.2.1. Los filtros 43
4.2.2. El ecualizador 44
4.2.3. Distorsionador de frecuencia 49
4.2.4. Cambio de tono 49
4.2.5. Procesador psicoacústico de armónicos 49
4.3. Procesamiento del tiempo 50
4.3.1. Reverberador 50
4.3.2. Retardador 54
4.3.3. Efectos con modulación de frecuencia y retardo 55
4.3.4. Efectos de cambio de duración 56
4.3.5. Otros efectos 57

5. Mezcla 59
5.1. El proceso de una mezcla 60
5.2. Parámetros de una mezcla 62
5.3. Los estudios de mezclas 66

5.3.1. Monitores de estudio 68

6. Reproducción..... 69
6.1. La reproducción musical 69
6.2. La reproducción multicanal cinematográfica 73
6.2.1. Soportes digitales de reproducción multicanal para salas de exhibición 75
6.2.2. Diseño electroacústico y acústico para salas de cine 79
6.2.3. La reproducción multicanal doméstica 82
6.3. Los amplificadores 84
6.4. Los altavoces 87
6.5. Uso de los amplificadores y los altavoces 89

Objetivos

1. Entender bien todas las fases de la sonorización audiovisual y conocer a todos los profesionales que intervienen en ella.

2. Repasar los tipos de micrófonos y sus características técnicas.

3. Dar unas nociones prácticas sobre el uso de la microfonía en los trabajos de sonido directo.

4. Saber qué se tiene que hacer para medir una señal digital correctamente.

5. Entender el funcionamiento y las posibilidades creativas que tienen los editores gráficos de sonido digital.

6. Saber todas las posibilidades de procesado de la señal de audio que existen.

7. Dar unas nociones prácticas sobre el uso de los ecualizadores, compresores y reverberadores.

8. Dar unas nociones prácticas generales sobre las mezclas en la posproducción audiovisual.

9. Conocer los parámetros que intervienen y cuáles son sus funciones expresivas.

10. Saber las características generales de los sistemas de reproducción multicanal.

11. Dar algunos consejos para trabajar correctamente con los amplificadores y los altavoces.

12. Dar unas nociones prácticas generales sobre cómo se hace una sonorización musical.

1. Fases de la sonorización audiovisual

Antes de entrar a fondo en las diversas fases de la sonorización de un audiovisual, daremos un repaso general de todo el proceso de producción de un largometraje y de los profesionales que intervienen en él.

En las grandes superproducciones cinematográficas, en el departamento de sonido pueden llegar a trabajar una treintena de profesionales. Esto pasa, por ejemplo, en *The Matrix* (1999), con diseño de sonido de Don Davis, y *Titanic* (1997), con diseño de Christopher Boyes.

1.1. Antes del rodaje

Los responsables de sonido deben tener claro desde el principio del proyecto –desde las reuniones de producción– qué historia se quiere explicar.

> Mientras el diseñador de sonido empieza a trabajar en el estilo sonoro que servirá mejor al guión y a su género, el responsable del sonido directo debe resolver técnicamente cada escena.

Se tendrá que fijar en la duración del sonido, la localización –exterior, interior o plató–, el material que usará –número de micrófonos y modelos–, la posible colocación de los micrófonos –teniendo en cuenta las sombras y los movimientos de cámara– y el equipo humano necesario.

Es muy importante que el responsable del sonido directo pueda visitar las localizaciones antes del rodaje para tener una idea exacta de las características acústicas.

Si hay alguna escena complicada sería conveniente, incluso, poder hacer algún ensayo previo con los actores.

1.2. Durante el rodaje

En el momento del rodaje, un mínimo de tres personas se encargan de la captación y la grabación del sonido directo: el responsable o **jefe de sonido** (***sound recordist/mixer***), el **pertiguista** (***boom operator***) y el **ayudante** (***sound assistant***).

> En cualquier escena, lo más importante es grabar bien los diálogos.

Incluso cuando el sonido solo sea de referencia, conviene que los diálogos se entiendan a la perfección para facilitar después el doblaje (siempre hay pequeñas alteraciones del guión que con posterioridad pueden complicar y retrasar el proceso).

Normalmente, el equipo que se lleva al rodaje para grabar el sonido directo de voces, ambientes y efectos es el **DAT** (***digital audio tape***). También se pueden usar el Nagra D o algún multipista digital modular. Si el equipo de audio no tiene código de tiempo, conviene grabar bien el sonido de la claqueta para sincronizarse con la cámara y garantizar la sincronía entre imagen y sonido en la fase de posproducción.

Según la complejidad de la película, el tiempo de rodaje puede oscilar entre las cinco y las diez semanas.

1.3. Edición y posproducción de sonido

Después del rodaje, se hacen las reuniones de posproducción y empieza el trabajo de edición y sonorización. El tiempo dedicado a la posproducción está muy condicionado por el género de la película y la importancia de la empresa que la produce. Esta parte del proceso puede representar un mínimo de tres meses de trabajo. En producciones complicadas se puede llegar, incluso, al año de posproducción. Por esta razón, las superproducciones pueden tener varios **montadores** o **editores de sonido** –con los **ayudantes** respectivos (***assistants***)– trabajando a la vez para ganar tiempo: un montador dedicado a las voces, un segundo para los efectos de sonido y el tercero dedicado a las músicas. También es bastante habitual encontrar la figura del **supervisor del montaje sonoro** (***supervising sound editor***), que coordina todo el proceso y trabaja conjuntamente con el director. En producciones pequeñas, un especialista se responsabiliza de todo.

Si se ha rodado en algún formato de vídeo digital o si el laboratorio ya nos ha dado una copia *off line* en formato videográfico del revelado de la película que se ha rodado –con un código de tiempo de trabajo–, las imágenes ya se pueden introducir en algún sistema informático de edición. Uno de los más empleados en todo el mundo es el Avid, acompañado del programa de posproducción de sonido multipista Pro Tools.

Primero se premontan las tomas buenas de imagen de cada escena y, a continuación, se sincroniza el sonido directo grabado. Puede pasar perfectamente que la toma buena de imagen no corresponda a la toma buena de sonido y que haya que hacer un doblaje posterior. En esta fase, también se pueden añadir, provisionalmente, algunas músicas o efectos para comprobar el resultado.

Si se trabaja en formato de película, se hace una copia en cinta de vídeo del premontaje hecho en Avid para que el laboratorio haga el corte exacto del negativo siguiendo los códigos de tiempo. En algún fundido o encadenado

puede haber pequeñas diferencias –dos o tres fotogramas– entre la edición digital y el montaje definitivo de la película. Por lo tanto, cuando el laboratorio ha hecho el corte final de la película hay que reajustar, donde sea necesario, la sincronía de las pistas de audio grabadas en el Pro Tools para dejar la versión definitiva. Siempre que se introducen cambios de formato, un operador supervisa las transferencias de audio (el ***sound transfer operator***).

El editor encargado de las voces, o editor de diálogos (*dialogue editor*), aprovecha todo el sonido directo válido y, con la ayuda de un técnico de grabación (*ADR mixer*), procede al doblaje de las escenas que falten (ADR o *automatic dialogue replacement recording*).

Uno de los principales problemas es igualar las diferentes sonoridades de las voces del sonido directo y de las dobladas.

El sonido directo puede ocupar de dos a ocho pistas, mientras que el doblado puede necesitar de dos a cuatro. A pesar de que normalmente estas grabaciones son monofónicas, se hacen en pistas separadas para tener más libertad a la hora de fijar el nivel adecuado de cada voz en el momento de la mezcla final.

El editor de efectos (*sound effects editor*), junto con el técnico de grabación (*sound effects mixer*), trabaja los ambientes sonoros aprovechando los grabados en directo y los encontrados en las librerías discográficas.

A menudo los ambientes definitivos se obtienen sumando tres o cuatro fuentes diferentes, que por eso en estéreo pueden ocupar de seis a ocho pistas.

Después añade los efectos sincrónicos, extraídos de librerías como Sound Ideas o Hollywood Edge (por ejemplo teléfonos, disparos o explosiones). Todos estos efectos se graban en mono y se distribuyen entre cuatro y ocho pistas.

Finalmente, el editor de efectos monta todos los sonidos hechos y grabados por el equipo de efectos de sala (***foley walkers***, ***foley mixer*** y ***foley editor***) como pasos o roces, entre otros. Igual que los anteriores, estos efectos también pueden ocupar de cuatro a ocho pistas. Si la producción se hace con sonido envolvente ya se tiene que decidir qué sonidos tendrán que ir en los dos canales posteriores.

En cuanto a la música, una vez el ingeniero **especialista en mezclas musicales** (***music mixer***) ha grabado la composición original, el **editor musical** (***music editor***) coloca todos los fragmentos en su lugar. También hace lo mismo con las

músicas de librería o de discográfica. Como todas las músicas están grabadas en estéreo, se pueden necesitar de cuatro a seis pistas para poder hacer las transiciones por encadenado o las superposiciones que sean necesarias.

1.4. La mezcla

En la misma sala donde se ha hecho la posproducción de sonido con el Pro Tools se pueden iniciar las primeras pruebas de mezcla –o premezcla– de todas las pistas para preparar la definitiva y apuntar los fragmentos más delicados.

Después, en algún soporte informático de gran capacidad, se trasladan todas las pistas grabadas al Pro Tools del estudio donde se lleva a cabo la mezcla final. Estos estudios tienen unas salas de dimensiones similares a las de un cine de tamaño medio, con buena acústica, y disponen de un sistema de reproducción de alta calidad.

Para llevar a cabo la mezcla final se proyecta una copia del montaje de la película; para ahorrar, se puede visionar una copia videográfica *off line* del corte definitivo. Un operador manipula el proyector del estudio y, si es necesario, las bandas de sonido magnético (***dubbing theatre sound camera operator***).

Las mezclas se ejecutan sobre varias cintas magnéticas de formato cinematográfico –de seis pistas– o bien sobre grandes discos duros de almacenamiento masivo (como Augan o Tascam). Es un proceso muy creativo en el que los **ingenieros de mezclas** (***re-recording mixer*** o ***dubbing mixer***), con los ayudantes (***dubbing mixer assistant***), tienen que lograr el mejor equilibrio sonoro posible.

Si el número de pistas es elevado –en algunas macroproducciones se puede llegar a las cien– el trabajo se divide entre tres ingenieros: el responsable de los diálogos (***lead mixer***), el de la música (***music mixer***) y el de los efectos de sonido (***effects mixer***).

> Cada cual hace primero una submezcla previa de sus pistas (*stem*) y después se juntan las tres en dos mezclas finales: una en versión estéreo (Dolby SR Stereo) y la otra en formato de sonido envolvente (Dolby Digital 5.1, Dolby Digital Ex, DTS o SDDS).

Para facilitar el trabajo de los estudios que doblen la película a otros idiomas, se crea una banda sonora internacional, formada solo por la mezcla de la música y los efectos, sin los diálogos, conocida en inglés como ***original soundtrack*** o **pista M & E** (*music and effects*).

En todo este proceso, los ingenieros ajustan los niveles y los planos sonoros, ecualizan, añaden las *revers* necesarias –u otros efectos–, comprimen los niveles altos –gritos, golpes o explosiones– para evitar saturaciones y para adecuar la dinámica a la del formato de exhibición y colocan cada sonido en el canal de reproducción que le corresponde. En cada momento del proceso, lo que se da por bueno se guarda en la memoria: el sistema recuerda las posiciones exactas de todos los *faders* y potenciómetros que intervienen y permite repetir el fragmento, de forma automatizada, tantas veces como se quiera.

Visionados recomendados

Todas las fases del proceso de producción, posproducción y mezcla sonora para el cine se pueden ver en el magnífico documental *Las películas no se estrenan, escapan*, que se encuentra en el apartado *La cafetería de Dex* del segundo DVD de *Star Wars: Episodio II*. Ben Burtt, diseñador de sonido, y Matthew Wood, jefe de edición de sonido, explican en unos veinticinco minutos todas las fases de su trabajo.

Estructuras profesionales de superproducción

En el apartado sonoro de una superproducción cinematográfica, trabajan muchos profesionales. Si nos fijamos en los créditos de la película *The Matrix* (1999) encontramos:

Diseño de sonido

- Un diseñador de sonido

Composición musical

- Un compositor, que también dirige la orquesta que interpreta su obra

Rodaje

- Dos operadores de percha
- Un responsable del sonido directo

Posproducción

- Dos especialistas en efectos de sala
- Un supervisor de efectos de sala
- Un responsable de la grabación de los diálogos
- Dos responsables de la grabación de los efectos
- Un responsable de la grabación musical
- Dos editores de diálogos
- Dos editores de músicas
- Tres editores de efectos de sonido
- Un editor de efectos de sala
- Un primer ayudante de los editores de sonido
- Tres ayudantes de los editores de sonido

Mezcla

- Un ingeniero de mezcla musical
- Tres ingenieros responsables de la mezcla final

En total, casi treinta profesionales contribuyeron a la creación sonora de *The Matrix*.

En Cataluña y el Estado español, por razones de costes económicos, se producen pocas películas con una estructura profesional de superproducción. La película *Libertarias* (1996), de Vicente Aranda, sería uno de los pocos ejemplos en los que se puede contar una quincena de profesionales trabajando en aspectos relacionados con el sonido:

- Jaime Barros, operador de micrófono
- Carlos Faruolo, responsable del sonido directo
- Ray Gillon y Carlos Faruolo, posproducción de sonido directo
- Jorge Rodríguez Inclán y Marco de Gregori, efectos de sonido
- Gareth Hierve y Richard Todman, efectos especiales de sonido
- Marco Bermúdez, técnico de grabaciones
- José Nieto, compositor de la música original
- José Vinader, grabación musical
- Antonio García, editor de diálogos
- Bela María da Costa, editora de sonido
- José Vinader, mezcla musical
- Ricard Casals, mezclas
- Jaime Puig, consultor de sonido

Para usar los diversos formatos digitales de sonido cinematográfico se tiene que pagar una licencia. En el caso de las películas con sonido Dolby, por ejemplo, cuando se ha acabado la mezcla un técnico de la empresa va al estudio y transfiere el sonido definitivo a un soporte informático portátil. Después, procesa en el laboratorio esta copia digital de la mezcla con la tecnología Dolby y la transfiere a las bandas correspondientes de la película.

Todo el proceso de las mezclas requiere como mínimo un mes de trabajo aproximadamente (algunas superproducciones pueden alargar el proceso hasta los seis meses). Como es el último peldaño de la cadena, a menudo esta parte se hace con prisas, bien porque se tiene que estrenar en una fecha concreta, bien porque se ha agotado el presupuesto y se intenta ahorrar el máximo de horas de estudio posible.

Lecturas recomendadas

Dos manuales que tratan de la cadena de producción sonora son:

D. Miles Huber (2001). *Modern Recording Techniques* (5.ª ed.). Oxford: Focal Press.

S. Alten (1994). *El manual del audio en los medios de comunicación* (4.ª ed.). Andoáin: International Thomson Publishing Inc.

Resumen

- Antes del rodaje, el responsable del sonido directo tiene que resolver técnicamente cada escena, fijándose en la duración, la localización, el material que usará, la posible colocación de los micrófonos y el equipo humano necesario.

- En el rodaje, en cualquier escena, lo más importante es grabar bien los diálogos.

- En la posproducción, el editor de diálogos aprovecha todo el sonido directo válido y procede a doblar las escenas que falten. El editor de efectos trabaja los ambientes sonoros y añade los efectos sincrónicos y los de sala.

- Finalmente, se hace una submezcla previa de las pistas de diálogos, efectos y música, y se acaba el proceso con las mezclas finales: una en

versión estéreo (Dolby SR) y la otra en formato de sonido envolvente (Dolby Digital 5.1, Dolby Digital Ex, DTS o SDDS).

2. Captación

El sonido directo se considera una vertiente más técnica que artística. Si bien es cierto que los especialistas en este campo tienen amplios conocimientos de modelos de micrófonos, de las características y de las prestaciones que pueden obtener en cada situación, no basta con esto. Un buen técnico de sonido directo tiene que educar el oído y la sensibilidad para grabar el sonido con la máxima claridad y fidelidad posible, pero dándole una personalidad propia, un estilo definido.

- Micrófonos
- Uso de los micrófonos y nociones de sonido directo
- Tamaño de la señal digital

2.1. Micrófonos

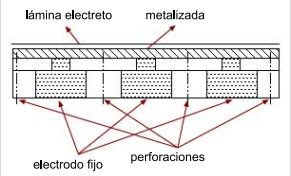
Un micrófono es un transductor de señal acústica en eléctrico. Las variaciones de presión captadas por la membrana se transforman, a la salida de la cápsula, en variaciones de tensión eléctrica. Según el transductor y el preamplificador empleado, podemos dividir los micrófonos en familias: de resistencia variable, piezoeléctricos, electromagnéticos, electrodinámicos, electrostáticos, de válvulas, de contacto –o zona de presión– y digitales. Nos vamos a fijar en estos cinco últimos.

Lectura recomendada

Encontraréis muchos datos técnicos sobre microfonía y sus características (como sensibilidad o respuesta en frecuencia) en el temario de la asignatura de la UOC *Fundamentos de tecnología audiovisual*.

Válvulas	Electrodinámicos	Electrostáticos	Digitales

(1)Los micrófonos electreto



(2)Los micrófonos de cápsula de contacto

© Crown Audio Inc.

3 4 5 6 1 2 7

(3)El M 150 de Neumann

Un micrófono de válvula sería el modelo M 150 de la marca Neumann, premiado en el año 2002 por el sector audiovisual de los Estados Unidos, que es el heredero del presti-

gioso M 50, que apareció en la década de los cincuenta. Lleva una cápsula de presión con diafragma de titanio.

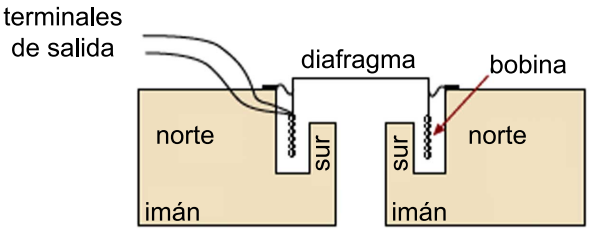
© Georg Neumann GmbH

El micrófono Neumann M 50 se ha usado mucho para grabaciones de orquestas y de instrumentos de cuerda.

El nuevo micrófono estéreo de válvula M 150 tiene una cápsula de presión con diafragma de titanio de 12 milímetros de diámetro. A bajas frecuencias tiene una respuesta circular, omnidireccional, perfecta, que se hace más estrecha a medida que subimos de octava. Permite trabajar con extensiones de cable largas sin perder nivel de señal y manteniendo la calidad del sonido. Tiene una dinámica de 119 decibelios, sensibilidad de –34 dBV (20 mV/Pan) y una respuesta en frecuencia de los 20 a los 20.000 hercios.

(4)Los micrófonos dinámicos de bobina móvil

El micrófono dinámico de bobina móvil tiene el diafragma tenso en la parte central y ondulado en los laterales. Estas ondulaciones provocan los movimientos de las dos bobinas de aluminio fino, de unas veinte o treinta espiras, de las que cuelgan. Cuando la presión sonora hace mover el diafragma, las bobinas se mueven dentro del campo magnético del imán –cortan las líneas magnéticas en ángulos rectos– y generan una fuerza electromotriz en los extremos.



La fórmula que sintetiza este proceso es la siguiente:

$$\text{fem} = B \cdot l \cdot v$$

- B: inducción magnética
- l: longitud de la bobina que ha entrado en el campo magnético

- *v*: velocidad del movimiento de la bobina

La intensidad creada por la fuerza electromotriz (fem), cuando pasa por una resistencia externa, da una tensión que es proporcional a la velocidad con la que se mueve la bobina y a su penetración en el campo magnético.

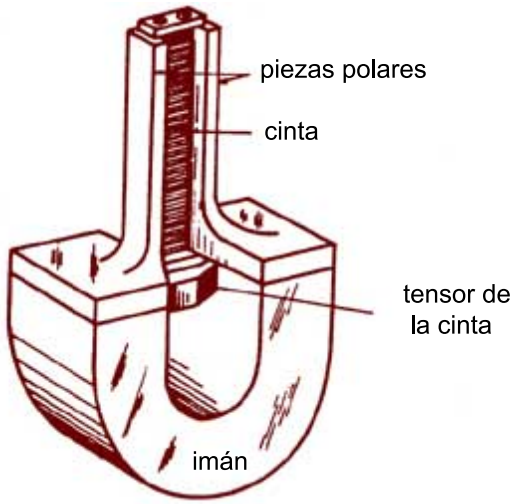
La impedancia de estos micrófonos es baja, de unos 30 ohmios, por eso muchos llevan incorporado un pequeño transformador que eleva la impedancia hasta unos 200 ohmios.

Los micrófonos dinámicos tienen una respuesta en frecuencia de 60 a 18.000 hercios; los buenos alcanzan de 20 a 20.000 hercios.

La sensibilidad oscila entre los –51 y los –63 dBV (2,8 a 0,7 mV/Pan). Un micrófono de –63 dBV tiene una sensibilidad muy baja y es adecuada para captar voces en ambientes extremadamente ruidosos.

(5)Los micrófonos de cinta

La cinta tiene entre 2 y 5 centímetros de longitud. Es muy delgada, del orden de 2 a 5 micras, y tiene una anchura de unos 3 a 4 milímetros. Las ondas sonoras hacen vibrar la cinta conductora dentro del campo magnético del imán y se origina una fuerza electromotriz, una tensión eléctrica, en los extremos. Como la tensión generada es muy débil, hay que amplificarla mediante un pequeño transformador, que a su vez hará subir la impedancia de la cápsula microfónica hasta unos valores comprendidos entre los 100 y los 500 ohmios. Su sensibilidad es próxima a los –52 o –60 dBV (2,5 y 1mV/Pan). Tienen una buena respuesta a frecuencias medias y graves. La respuesta en frecuencia va de los 50 a los 15.000 hercios.



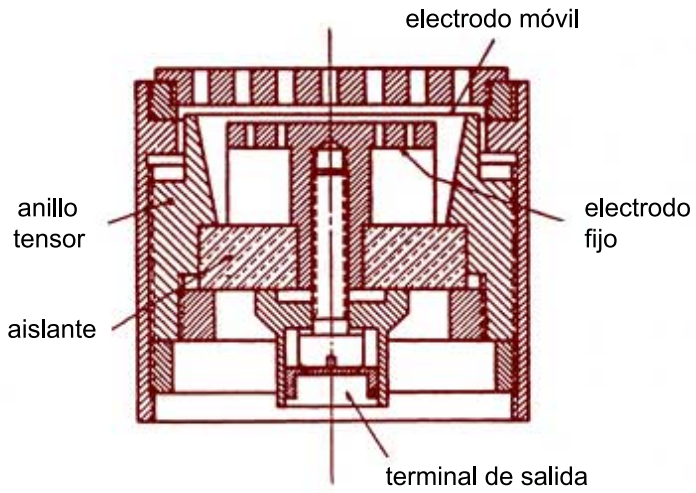
(6)Micrófonos de condensador

A medida que las ondas sonoras llegan a la membrana, cambia la distancia entre las dos placas, por lo que varía la capacidad establecida entre ambas.

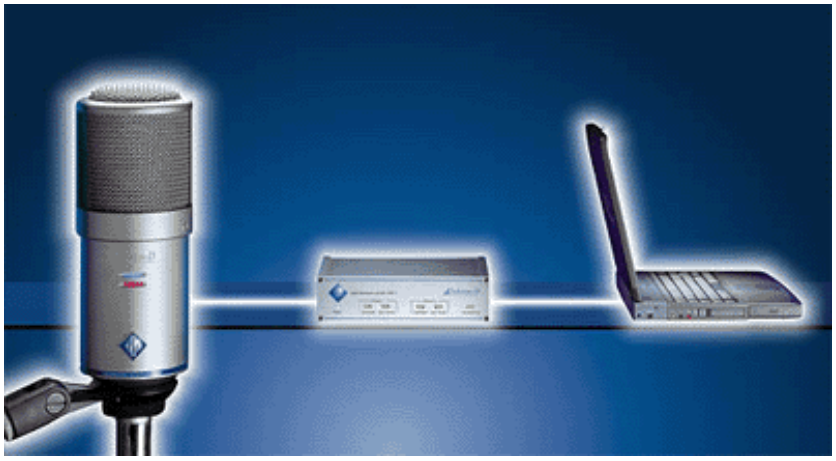
$$Q = VC$$

- *Q*: carga del condensador
- *V*: tensión entre las placas
- *C*: capacidad del condensador

Junto a la capacidad del condensador, de unos 10 a 50 pF, también intervienen la carga y la tensión aplicada. La tensión es fija y la capacidad variable, depende del movimiento de la placa móvil; por lo tanto, las variaciones de carga serán proporcionales a la presión sonora que llegue al micrófono. La impedancia de salida suele estar comprendida entre los 150 y los 250 ohmios. La sensibilidad es muy alta y oscila entre –34 y –45 dBV (20 y 5,5 mV/Pa). El margen de frecuencias, con respuesta plana, es muy bueno y alcanza de los 20 a los 20.000 hercios.



(7)El sistema Solution-D (*digital microphone*)



© Georg Neumann GmbH

A grandes rasgos, las prestaciones técnicas del sistema Solution-D son las siguientes:

- Lleva una cápsula con doble diafragma de unos 30 milímetros de diámetro.
- Puede muestrear a 44,1, 48, 88,2 o 96 kilohercios.
- Trabaja con una resolución interior de 28 bits.
- La dinámica llega a los 130 decibelios.
- La sensibilidad es alta, de unos –43 dBV (12 mV/Pan).
- El margen de frecuencias, con respuesta plana, es muy bueno y abarca de los 20 a los 20.000 hercios.

2.1.1. Directividad

Los micrófonos responden de manera diferente según cuál sea la dirección de procedencia del sonido y la frecuencia.

Todos los micrófonos tienen más tendencia a la omnidireccionalidad en bajas frecuencias y a la directividad en altas frecuencias.

El diagrama polar sirve para representar las variaciones de sensibilidad del micrófono según la dirección de incidencia de la onda sonora. Tiene una serie de círculos concéntricos, divididos en 360 grados. Los 0 grados corresponden a la dirección positiva del eje de la membrana y el círculo más exterior representa una atenuación nula –0 decibelios–, mientras que los círculos interiores representan el nivel de atenuación –5, 10, 15, 20, 25, 30 y 35 decibelios.

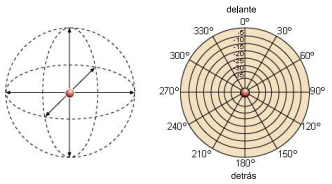
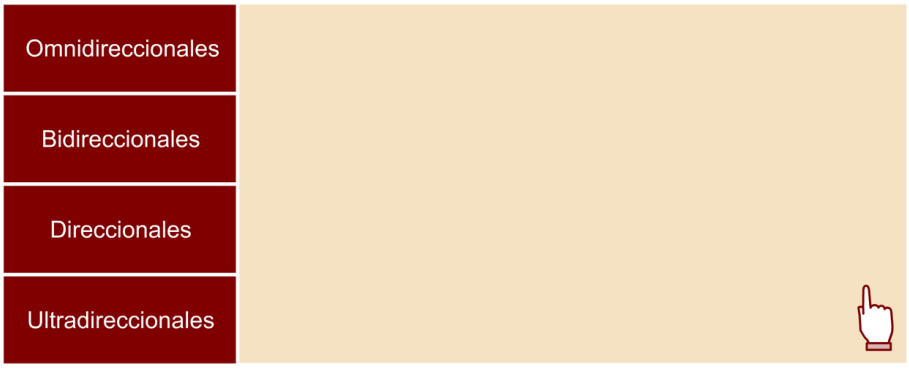


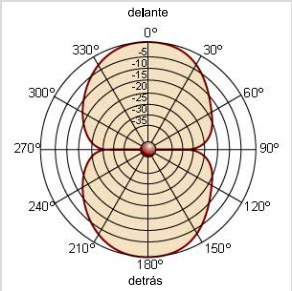
Diagrama polar

Cada micrófono tiene lóbulos de directividad diferentes según la frecuencia analizada.

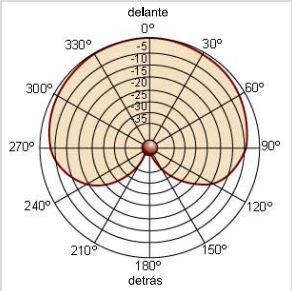


8 9 10 11

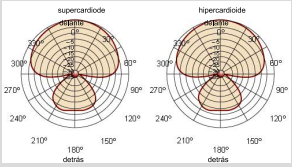
(8)Bidireccionalidad



(9)Direccionalidad



Supercardioide e hipercardioide



Un cardioide tiene un ángulo de captación de unos 130 grados; un supercardioide, de 115 grados, y un hipercardioide, de unos 100 grados, aproximadamente.

(11)Cañones ultradireccionales

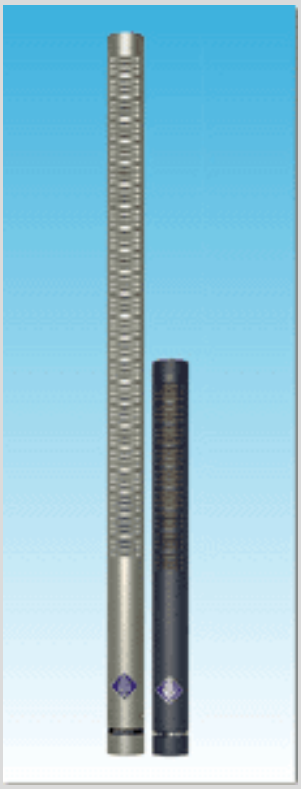
Los cañones ultradireccionales son muy directivos a frecuencias medias y altas, por encima de los 3 kilohercios, pero se comportan como cardioides a frecuencias bajas. Por lo tanto, los cañones captan los ruidos de baja frecuencia de su entorno. Por eso, muchos micrófonos llevan un filtro pasa alto con frecuencia de corte de unos 300 hercios.

© Georg Neumann GmbH

2.1.2. Micrófonos estéreo

Los micrófonos estéreos son de doble cápsula y están diseñados para llevar a cabo grabaciones estereofónicas. A menudo van acompañados de una matriz amplificadora (*matrix amplifier*) que permite ajustar la apertura del ángulo de captación. La salida de esta matriz también permite obtener la señal de dos maneras: central y lateral (MS) o izquierda y derecha (XY).

(10) Cañones



© Georg Neumann GmbH

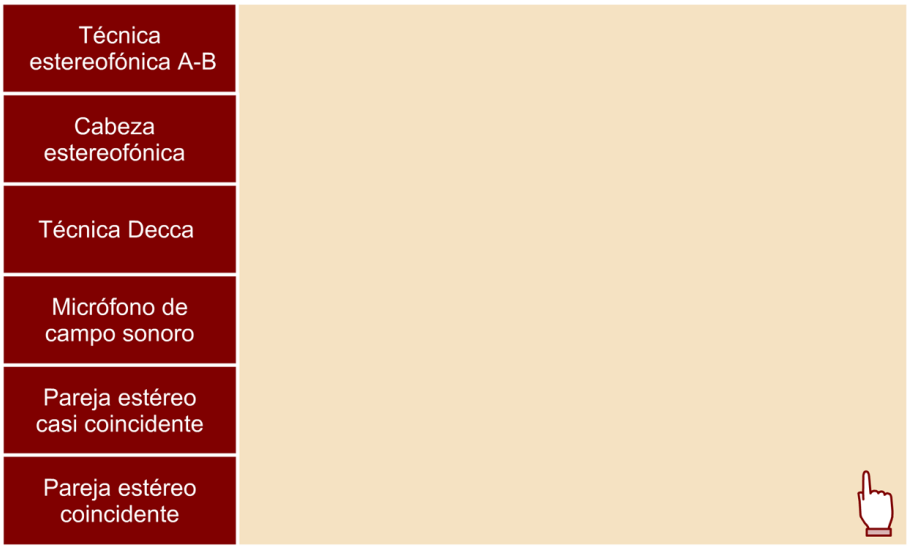
Un micrófono MS es muy útil en los rodajes cinematográficos, donde se tiene que trabajar con sonido directo estereofónico. El operador apunta el micrófono, montado en una pértiga, hacia la persona que habla (M) –como si trabajara en mono– y el sistema añade automáticamente las señales de los lados (S), así da la señal estéreo a la salida.

Hay varias técnicas de microfonía estereofónica. Algunas se basan en el uso de dos micrófonos y otras usan un micrófono de doble cápsula.

© Georg Neumann GmbH

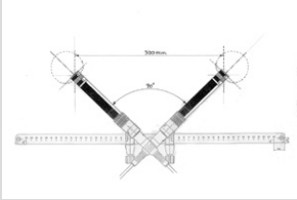
(12)

© DPA Microphones A/S



12 13 14 15

(13)

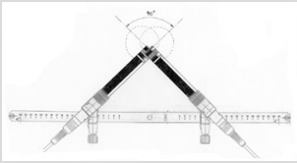


© DPA Microphones A/S

(14)

© DPA Microphones A/S

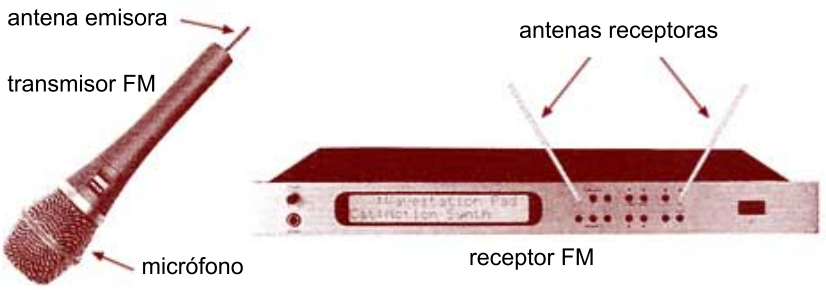
(15)



© DPA Microphones A/S

2.1.3. Micrófonos inalámbricos

El fundamento técnico de los micrófonos inalámbricos es muy sencillo: una minicápsula, por lo general de condensador, conectada a un transmisor de UHF, con su pequeña antena. La señal radiada, captada por una antena y un receptor, llega a la mesa de mezclas.



Conviene que las antenas receptoras tengan visión directa con los transmisores de los micrófonos. Si las antenas se tienen que colocar lejos de los micrófonos se pueden usar antenas directivas, que aseguran una ganancia más elevada en recepción que las verticales omnidireccionales.

La antena receptora tiene que estar montada en un lugar elevado, mirando hacia abajo, además de a un metro de la pared. No tiene que tener ningún obstáculo delante, especialmente objetos metálicos, como los cañones de luz.

Para compensar el efecto de las reflexiones en los interiores de los platós, a veces se montan dos antenas receptoras, a cierta distancia, conectadas a un receptor común que discierne, de manera automática, lo mejor de las dos señales. Esta tecnología se conoce con el nombre de sistema *Diversity*.

El técnico de sonido siempre debe preocuparse por el buen estado de las pilas de los inalámbricos. Si la grabación se tiene que hacer a la primera o se trabaja en directo, es recomendable poner nuevas. Algunas marcas de micrófonos afirman que, con pilas nuevas, un micrófono puede funcionar unas tres horas largas.

Mientras no se sobrepongan las frecuencias de trabajo, se puede usar el número de micrófonos inalámbricos que haga falta.

Resumen

- Los micrófonos dinámicos son muy resistentes y poco sensibles a los cambios de temperatura y humedad, además de muy recomendables para trabajar al aire libre. La mayoría son duros y admiten niveles de presión sonora altos sin saturar.

- Los micrófonos de condensador tienen una gran sensibilidad y una fidelidad muy buena en todas las frecuencias, en especial en los agudos, por eso se usan mucho en los estudios de sonido de todo tipo. Son mucho más frágiles que los de bobina móvil. Las cápsulas de condensador pueden ser muy pequeñas y son ideales para montarlas en los micrófonos inalámbricos de botón o pinza. Como son variables a la humedad, todas las cápsulas de condensador pueden tener alteraciones de respuesta cuando están en el exterior.

- Los micrófonos ultradireccionales, como los cañones, están diseñados para captar el sonido de una zona concreta delante de ellos y para poder hacerlo a bastante distancia de la fuente sonora.

2.2. Uso de los micrófonos y nociones de sonido directo

La toma de sonido directo consiste en captar bien los sonidos que nos interesan y evitar los que no son convenientes, en un plató, un estudio, una sala de conciertos, un escenario, un interior natural o un exterior, entre otros.

Lectura recomendada

Uno de los libros dedicados a las técnicas microfónicas musicales profesionales es el siguiente:

David Mills; Philip Williams (1998). *Profesional Microphone Techniques*. Milwaukee: Mixbooks, Hal Leonard Publishing Corporation. Este libro incluye un CD con treinta y siete ejemplos de usos de varios modelos de micrófonos.

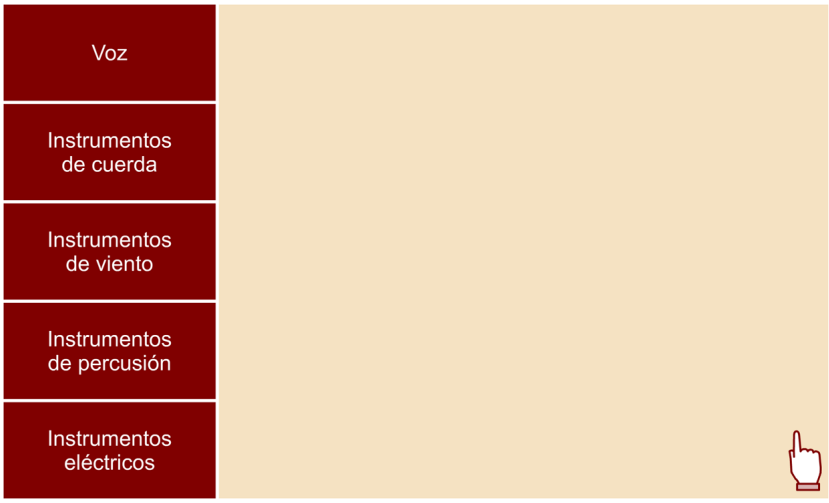
Si tenemos poco presupuesto, hay que emplear micrófonos versátiles, mientras que si disponemos de más dinero podemos tener modelos específicos para cada fuente de sonido; algunas marcas tienen modelos concretos para cada

instrumento musical. Donde se nota más la diferencia entre un micrófono de gran calidad y uno de gama baja es en las respuestas en frecuencia fuera del eje de captación. El primero la mantiene igual y el segundo no.

Para escoger el micrófono adecuado, las tres cuestiones más importantes que hay que tener en cuenta son: qué nivel tendrán las señales que se tienen que grabar, en qué margen de frecuencias estarán y cuáles serán las condiciones acústicas del lugar (si es un interior, cuidado con la excesiva reverberación y si es un espacio abierto, alerta con el ruido).

Nociones de microfonía musical

A continuación, damos algunos consejos prácticos para aprender a colocar los micrófonos en las grabaciones musicales hechas en el estudio. Recogemos algunos de los modelos de micrófonos de las marcas Neumann, AKG, Sennheiser y Shure adecuadas para cada instrumento.



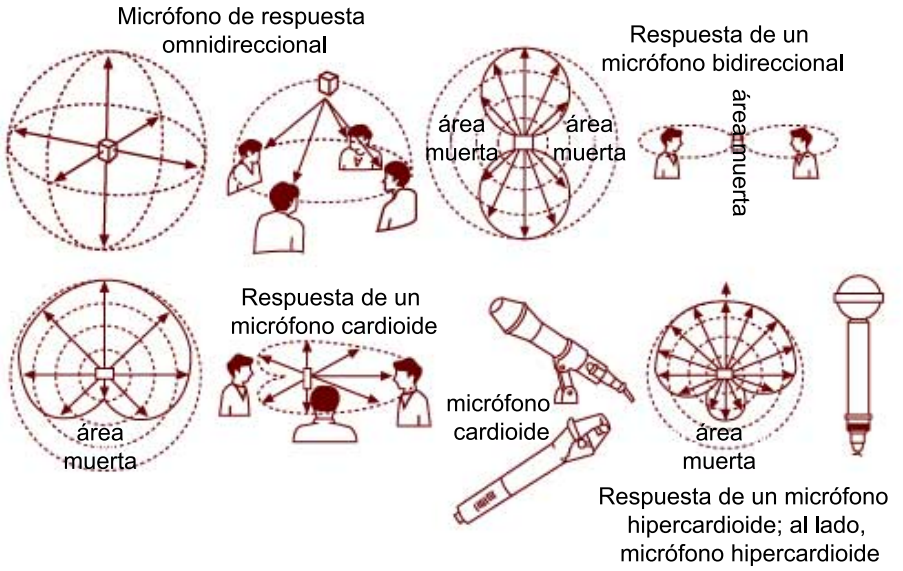
En cuanto al cine o la televisión, el trabajo en un plató siempre facilita la captación de sonido directo porque está condicionado acústicamente. Con uno o dos micrófonos de cañón se pueden sonorizar la mayoría de las escenas. Además, se pueden mantener bastante distantes de la fuente sonora.

En los interiores naturales, si hay reverberación, cuanto más cerca se ponga el micrófono de los actores, mejor.

Antes de un rodaje, es esencial que el responsable de sonido directo pueda ir a todas las localizaciones conflictivas para comprobar la acústica.

En los interiores y exteriores conflictivos –demasiado vivos o demasiado ruidosos– no hay más remedio que optar por la técnica multimicrofónica y poner minicápsulas inalámbricas a los actores que intervienen en la escena.

Según la posición del micrófono y el número de fuentes sonoras que haya que captar, tenemos que pensar qué respuesta directiva debe tener su cápsula.



Siempre, cuanta más distancia haya respecto a la fuente sonora, más sensibilidad debe tener el micrófono y más cerrado será su lóbulo de captación.

El índice de directividad

El índice de directividad, o factor de distancia (DSF), es un parámetro que ayuda a saber a qué distancia de la fuente sonora puede estar un micrófono antes de que capte la misma proporción de sonido directo y difuso o reverberante. El índice sale de la comparación con el comportamiento de un micrófono omnidireccional, cuando es igual la proporción entre el campo directo y el reverberante.

$$DSF = \frac{\text{Distancia a la fuente de un micrófono direccional}}{\text{Distancia a la fuente de un micrófono omnidireccional}}$$

El factor de distancia de un micrófono cardioide puede ser de 1,7; el de un supercardioide, de 1,9; el de un hipercardioide, de 2,1, y el del cañón, de 2,5.

Es decir, en un mismo espacio, si un micrófono omnidireccional podría estar a 2 metros de la fuente, hasta que capte igual el sonido directo y el reverberante, un micrófono de cañón lo podríamos poner a unos 5 metros.

También conviene saber qué vestidos y zapatos se usarán. Las telas naturales, como el algodón, son las mejores para evitar roces con los micrófonos miniatura. La seda, por ejemplo, hace más ruido. En algunos casos, incluso se pueden diseñar los vestidos para esconder los micrófonos. Por ejemplo, se puede hacer un pequeño agujero en una solapa de la americana para poner el micrófono y recubrir la cápsula con un trozo de tela del mismo color.

Por lo general, los especialistas en sonido directo trabajan como *freelance* y tienen su propio equipo: un grabador DAT, una pequeña mesa de mezclas y una buena familia de micrófonos con todos los complementos.

Algunos nombres representativos

De los técnicos de sonido directo cinematográfico catalanes destaca, por los años de oficio y el gran número de producciones realizadas, Joan Quilis. Hace unos años, pudimos oír su trabajo en *Tatuaje* (1976), de Bigas Luna, y en cuanto a producciones de los últimos años de la década de los noventa ha participado en películas como *Krámpack*, *Razones sentimentales* y *Alas rotas*.

Otros especialistas en este terreno de nuestro sector audiovisual son Licio Marcos de Oliveira –nacido en Brasil– (*La caja 507*, *¿Qué te juegas, Mari Pili?*, *La rubia del bar*); Albert Manera (*Fausto 5.0*, *Volverás*, *Son de mar*); Daniel Fontrodona (*El porqué de de las cosas*, *Juana la Loca*, *Darkness*); Boris Zapata –habitual del equipo del director Ventura Pons– (*Manjar de amor*, *Anita no pierde el tren*, *Amigo/Amado*); Pepe Cáceres (*Dagon*, *El viaje de Arián*, *El lado oscuro del corazón II*) y Salva Mayolas (*Los sin nombre*, *Darkness*).

De los especialistas con sede en Madrid destaca el trabajo de Gilles Ortion (en algunos créditos aparece como Orthion), ganador de ocho premios Goya al mejor sonido.

Otros nombres importantes son Alfonso Pino, cinco premios Goya; Daniel Goldstein, cuatro premios Goya; Ricardo Steinberg, tres premios Goya; Miguel Rejas –habitual de las películas de Almodóvar–, dos premios Goya, o Carlos Faruolo.

El sonido directo es más arriesgado que el del estudio y puede condicionar un rodaje, pero el resultado final es más rico y, en la mayoría de los casos, más natural. Los directores no tienen que pensar únicamente en el diseño de la imagen, deben tener en cuenta también, en algunas escenas, los condicionantes para poder captar un sonido directo de calidad.

En algunas escenas complicadas puede ser necesario hacer un ensayo previo con los actores. No se puede rodar un plano secuencia de un minuto, por ejemplo, sin haber ensayado la dicción de los actores, los movimientos de cámara y las posiciones de los micrófonos.

La colocación final de los micrófonos en un rodaje está condicionada por lo siguiente: no entrar en cuadro, los movimientos de los actores y de la cámara y la iluminación. Para evitar las sombras hay que tener el soporte de donde cuelga el micrófono cuanto más arriba mejor. Si la iluminación principal de la escena proviene de un solo punto, tenemos que hacer entrar el soporte por el lado opuesto.

A menudo se trabaja con dos pértigas para grabar perfectamente los sonidos del plano y el contraplano. Aunque se trabaje con minicápsulas inalámbricas escondidas, siempre es bueno mantener un micrófono de cañón picado por encima de los actores para captar el sonido de los movimientos y no tener que forzar tanto la ganancia de los micrófonos de botón.

Antes de una escena, un buen pertiguista debe memorizar los finales de los diálogos de cada personaje para apuntar bien a la boca del actor que habla.

El cine trabaja haciendo muchas tomas de corta duración. Cuando se montan, el espectador acepta a la perfección que en una escena la posición de la cámara, para seguir una acción, vaya saltando de un lugar a otro, pero en cambio no acepta que haya saltos sonoros. Hay que tener mucho cuidado con los cambios de niveles sonoros entre las tomas. Para evitar carencias de racor del sonido de fondo se puede utilizar un micrófono fijo para captar el sonido ambiente –el nivel que tiene no se toca nunca– y un segundo para grabar las voces de los actores, que puede variar de nivel. De este modo, garantizamos un fondo sonoro más homogéneo. Otra forma sencilla de corregir el problema es poniendo un ambiente de fondo continuo en el momento del montaje final.

Visionados recomendados

En el cine español, uno de los directores que han creído más en el sonido directo es Carlos Saura. En sus equipos de rodaje han trabajado, en varias ocasiones, especialistas en sonido directo como Luis Martínez, Bernardo Menz, Carlos Faruolo, Alfonso Pino o Gilles Ortion. De las películas de Saura podríamos destacar, en cuanto al sonido:

- *El jardín de las delicias* (1970), sonido de Luis Martínez.
- *El dorado* (1988), sonido de Gilles Ortion.
- *¡Ay, Carmela!* (1990), sonido de Gilles Ortion y Alfonso Pino.
- *Tango* (1997), sonido de Jorge Stavropulos, Carlos Faruolo y Alfonso Pino; esta película ganó el premio Goya al mejor sonido.

Siguiendo con el cine español, otras películas que destacan por la calidad del sonido y que han ganado un premio Goya en esta categoría son las siguientes:

- *El otro lado de la cama* (2002), de Emilio Martínez Lázaro; sonido de Gilles Ortion y Alfonso Pino.
- *Los otros* (2001), de Alejandro Amenábar; sonido de Ricardo Steinberg y Daniel Goldstein.
- *Todo sobre mi madre* (1999), de Pedro Almodóvar; sonido de Miguel Rejas, José Antonio Bermúdez y Diego Garrido.
- *Secretos del corazón* (1996), de Montxo Armendáriz; sonido de Daniel Goldstein y Ricardo Steinberg.

Más allá de los premios Goya también podéis ver la película *Libertarias* (1996), de Vicente Aranda, en la que participan una quincena de profesionales que trabajan en aspectos relacionados con el sonido. Al tratarse de una película con muchas escenas corales, el trabajo de sonido directo fue de gran dificultad. Carlos Faruolo fue el responsable de este sonido, con Jaime Barros de operador de pértiga. Tras el rodaje, Carlos Faruolo y Ray Gillon hicieron la posproducción del sonido directo.

Algunos modelos de micrófonos de cañón empleados en los rodajes cinematográficos son el Sennheiser 416 –muy popular–, el 816 –que es más largo- o los Neuman KMR 81 y 82.

Resumen

- La toma de sonido directo consiste en captar bien los sonidos que nos interesan y evitar los que no convienen.

- Para escoger el micrófono adecuado, las tres cuestiones más importantes que hay que tener en cuenta son: qué nivel tendrán las señales que se tienen que grabar, en qué margen de frecuencias estarán y cuáles serán las condiciones acústicas del lugar.

- Siempre, cuanto más distancia haya respecto a la fuente sonora, más dificultad habrá y más directivo tiene que ser el micrófono.

2.3. El tamaño de la señal digital

El vúmetro (*VU-meter*) de aguja o de leds era el aparato que servía para medir el nivel de la señal de audio analógico. Por encima de los 0 dBm (0 VU) había un pequeño margen de seguridad más allá del cual se entraba en zona de distorsión o saturación y la señal sonaba defectuosamente.

El vúmetro

El aparato de medida de unidades de volumen (VU) de una señal –*VU-meter*– fue un invento de la compañía telefónica Bell. Esta compañía creó la escala en decibelios para conocer cuál era la ganancia o la pérdida de las señales que pasaban por sus líneas telefónicas. Es decir, cuando se enviaba una señal de prueba, se podía medir la ganancia o la pérdida de la línea de transmisión.

Los vúmetros de sonido los desarrollaron la Bell Telephone Laboratories, la Columbian Broadcasting System y la National Broadcasting Company en 1939.

Los vúmetros analógicos solían ir de los –20 a los +5 VU. El 0 VU coincidía con el 100% de rendimiento.

De –6 a 0 VU se trabajaba con la máxima dinámica; de –4 a +3 dBm se tenía el peligro de saturar la señal; en cambio, de –20 a –4 dBm la dinámica era excesivamente baja.

El vúmetro no servía para medir incrementos rápidos de la señal, debido a la lentitud de los tiempos de subida y bajada de la aguja, unos 300 milisegundos. Para ello, se usaba el picómetro, con un tiempo de subida de entre 10 y 25 milisegundos. Por lo general, los niveles de pico estaban unos 8 VU por encima del valor medio que marcaba el vúmetro.

Los picómetros de saturación (*overload peak meter*), los leds de color rojo –que estaban situados en un ángulo del vúmetro o junto a algún potenciómetro de la mesa de mezclas–, estaban diseñados para iluminarse cuando llegaba a los 10 VU.

Para ajustar una cadena de aparatos analógicos se usaba un tono normalizado de 1 kilohercio con un nivel de 0 dBm (0 VU).

La tecnología digital convierte la amplitud de las señales en palabras binarias. Mientras nos mantengamos dentro del número de bits, no hay distorsión significativa. El problema es cuando no hay suficientes bits para poder alcanzar y convertir la amplitud de una señal analógica.

El nivel de señal más alta que se puede grabar en digital se llama **fondo de escala** (0 dBFS). Por encima de este valor ya no se puede digitalizar nada más. Por lo tanto, podríamos decir que en el mundo digital no hay distorsión posible por encima de los 0 dBFS porque no hay nada.

Como los aparatos digitales no tienen niveles de ruido de fondo significativos –casi están a unos –100 decibelios cuando se trabaja con palabras de 16 bits–, debemos llevar la señal nominal hacia abajo para garantizar un trabajo sin problemas.

Como los 0 dBFS del medidor de señal de un aparato digital corresponden al máximo nivel de señal posible –lo que equivaldría al nivel máximo de pico analógico–, nunca tenemos que llegar a ese valor. Tenemos que trabajar siempre por debajo de ese nivel.

En los medidores analógicos, normalmente, los picos máximos podían llegar a unos 14 decibelios por encima del 0 dBm (0 VU), que marcaba el cien por ciento de señal.

Por lo tanto, en los aparatos digitales, como mínimo, tenemos que llevar el nivel del cien por cien a unos –15 decibelios.

Algunas instituciones, como la SMPTE o la EBU, recomiendan bajar todavía más el nivel nominal hasta los –18 o –20 decibelios. Así nos reservamos un techo de seguridad de unos 5 decibelios.

A pesar de que trabajamos con un nivel nominal de –20 decibelios, como el ruido de fondo está hacia los –100 decibelios, todavía tenemos fuerza dinámica por debajo.

Por eso muchos equipos DAT, u otros aparatos digitales, tienen marcas de cien por cien de la señal a –14, –18 o –20 dBFS en los medidores de señal. Estos valores son los que nos tienen que servir de guía para ajustar el cien por cien de la señal y así no tener sorpresas con los picos de señal que seguro que se producirán.

Una segunda diferencia es que los medidores digitales tienen un tiempo de respuesta o ataque más rápido que el de los vúmetros analógicos. Un indicador de pico digital puede responder en 11 microsegundos a una señal de entrada, muestreado a 44,1 kilohercios, mientras que los vúmetros –que seguían la norma ANSI– tenían un tiempo de reacción de 300 milisegundos.

2.3.1. La normalización

Muchos editores de sonido o estaciones de trabajo de audio digital (DAW) tienen la función de normalización, que permite el reajuste automático de los niveles de una señal ya grabada.

Cuando se normaliza, sea cual sea el nivel de la señal grabada, los picos llegan automáticamente a los 0 dBFS.

La normalización

Primero podéis escuchar un fragmento de palabra grabado a –12 decibelios.

Ahora podréis escuchar la diferencia de volumen una vez se haya aplicado la normalización de la señal.

Pero hay que tener cuidado con la normalización, ya que puede ser contraproducente en algunos casos. La normalización no sirve para compensar una carencia de presencia o una sonoridad baja, sino tan solo para retocar ligeramente una señal muy grabada. No transforma una mala captación en una señal perfectamente nivelada y modulada.

La normalización no mejora la dinámica ni la relación señal-ruido. Estos parámetros solo dependen de la manera como hayamos hecho la grabación. Cuando se normaliza suben los picos de la señal y el ruido de fondo.

2.3.2. El ajuste de la señal de una cadena de sonido

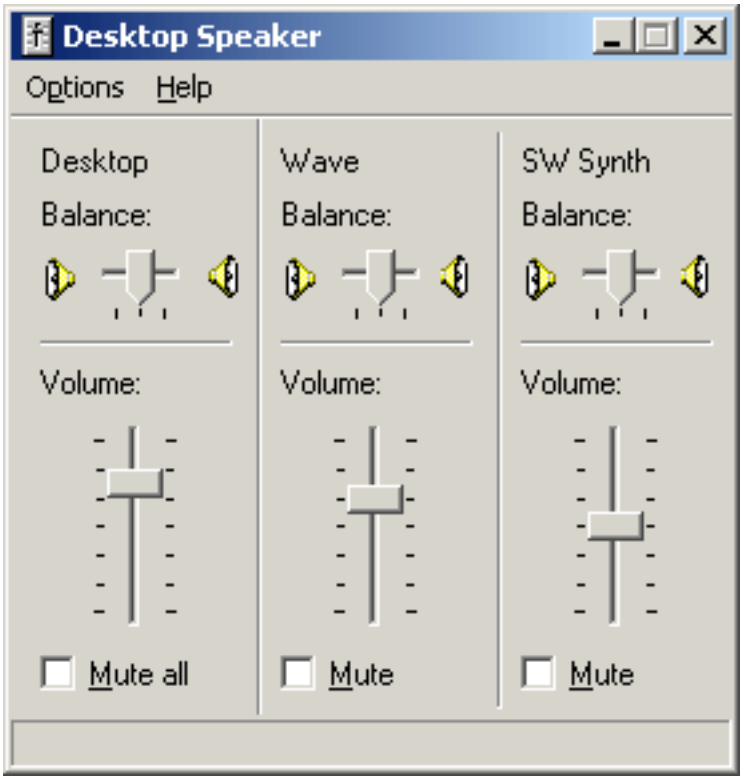
Es vital ajustar bien la sensibilidad de entrada y el nivel de salida de cada aparato que forma parte de la cadena de audio.

Cuando tenemos varias fuentes de sonido –algunos micrófonos, dos reproductores de CD, un minidisc– es recomendable conectarlas a una pequeña mesa de mezclas externa antes de introducirlas en el ordenador o el aparato de grabación. Con los controles de ganancia y los potenciómetros deslizantes (*faders*) de cada canal se puede ajustar perfectamente el nivel de la señal. La mesa de mezclas nos facilita los ajustes y nos puede hacer ahorrar tiempo de posproducción, ya que podemos trabajar con varias fuentes sonoras a la vez.

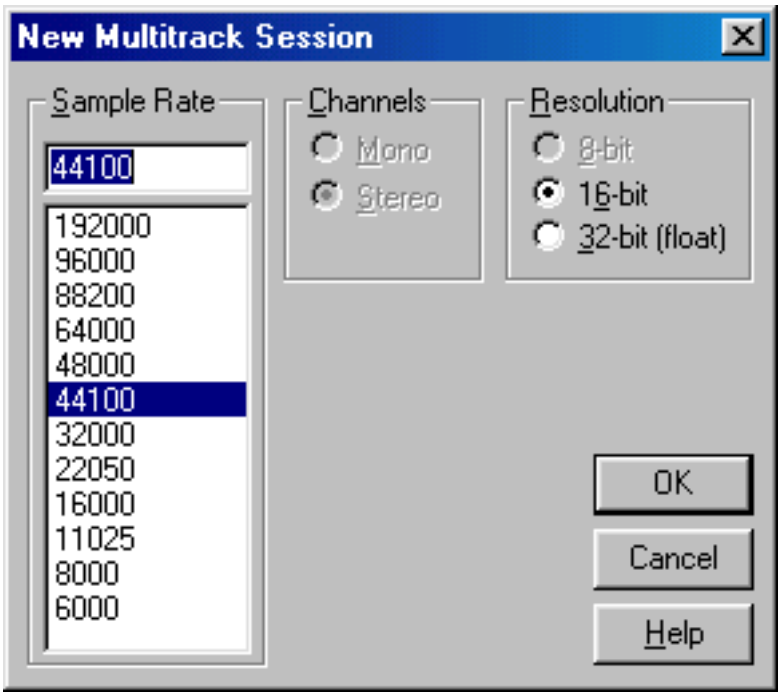
En el ordenador, todas las tarjetas de sonido permiten ajustar los niveles de audio de entrada.

Ajuste de los niveles de audio con el PC

El sistema operativo Windows, por ejemplo, tiene un icono en la barra de herramientas que representa un altavoz. Haciendo doble clic en él se abren los controles de volumen y se ven los potenciómetros deslizantes de entrada del micrófono, del reproductor de CD del ordenador, del módem y de la entrada de línea, entre otros. Estas entradas pueden variar, según los programas y el hardware que haya instalados en el ordenador. Subiendo y bajando el potenciómetro deslizante de cada canal damos más o menos señal a la salida de la mesa de mezclas.



Después, cuando abrimos el programa de grabación y edición de sonido –Sound Forge de Sonic Foundry, Cool Edit de Syntrillium o Pro Tools de Digidesign–, hay que ajustar dos cosas: los parámetros de la digitalización –frecuencia de muestreo y número de bits por muestra (44.100 kilohercios y 16 bits sería calidad CD)– y el nivel de grabación.



Como regla muy general, el proceso de ajuste de la señal se podría resumir del modo siguiente: tenemos que limitar tanto como sea necesario el nivel de las señales que llegan a las entradas y tenemos que dar el máximo valor de señal posible a la salida. Pero si se bajan excesivamente las ganancias de entrada, existe el peligro de perder demasiada dinámica y, por lo tanto, no conseguir suficiente *punch* al final de la cadena.

A grandes rasgos, para encontrar un buen equilibrio se pueden dar estas pautas. En la mesa de mezclas, la ganancia de entrada de un canal tiene que estar menos abierta que su potenciómetro deslizante, este último, menos abierto que el del subgrupo de salida al que se asigna el canal –si lo usamos– y este, a su vez, menos abierto que el de la salida principal o máster.

Cuando grabamos tenemos que escuchar el sonido con el volumen un poco alto para poder percibir cualquier defecto.

Resumen

- Los 0 dBFS del medidor de señal de un aparato digital corresponden al máximo nivel de señal posible. No debemos alcanzarlo nunca.

- –14, –18 o –20 dBFS son los valores que nos tienen que servir de guía para ajustar el cien por cien de la señal en los aparatos digitales.

- Cuando normalizamos una señal, sea cual sea el nivel, sus picos llegan a los 0 dBFS automáticamente.

- La normalización no mejora ni la dinámica ni la relación señal-ruido. Cuando se normaliza suben los picos de la señal y el ruido de fondo.

3. Edición

Un editor gráfico digital de sonido es el programa que, una vez tiene el sonido grabado, permite la manipulación temporal: cortar, copiar y pegar fragmentos.

Los editores de sonido más profesionales añaden muchas más prestaciones que las de cortar y pegar, tales como añadir efectos –reverberadores–, variar las frecuencias de las señales –ecualizadores– o cambiar las dinámicas –compresores–, entre otros.

La gran mayoría pueden abrir decenas de pistas en paralelo y permiten hacer tantos ajustes en la amplitud de cada señal como se quiera, de forma que el editor también se convierte en una herramienta apta para la mezcla sonora.

Además, tienen otras prestaciones, como la captura directa de pistas de un disco compacto, la gestión de la grabación de un CD-R y un etcétera cada vez más largo.

Profesionales de la edición o el montaje de sonido

Algunos profesionales especializados en la edición o el montaje de sonido del sector en los Estados Unidos son los siguientes:

- **Walter Murch**. Ha montado películas de las que también ha hecho el diseño de sonido, como por ejemplo *Apocalypse Now* (1979), *El padrino III* (1990) o *El paciente inglés* (1996).
- **Kyrsten Mate Comoglio**, especializada en la edición de efectos de sonido. Ha trabajado en *Minority report* (2002), *Lara Croft: Tomb Raider* (2001), *Chocolat* (2000) y *El paciente inglés* (1996), entre otras.

En Cataluña podemos mencionar, entre otros, a:

- **Ernest Blasi**: *Balseros* (2002), *Son de mar* (2001), *En brazos de la mujer madura* (1996), *Susanna* (1995).

Y en el Estado español, una de las especialistas en el montaje sonoro es:

- **Bela María da Costa**, editora de sonido en películas como por ejemplo *Secretos del corazón* (1997), *Libertarias* (1996) y *Hola ¿estás sola?* (1996).

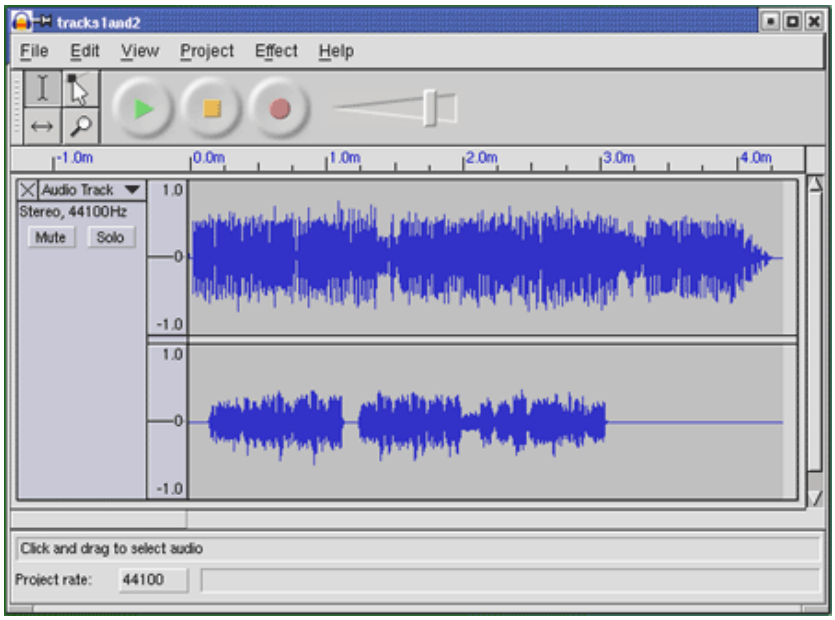
3.1. Representación de la señal

Una señal de audiofrecuecia se puede representar en tres planos sonoros.

Plano dinámico u oscilograma

Muestra la evolución de la amplitud en el tiempo. La amplitud va en el eje vertical y el tiempo, en el eje horizontal. Hace años esta medida solo se podía tomar con un osciloscopio.

Oscilograma



Esta representación del sonido se ha hecho muy popular, ya que la incorporan la inmensa mayoría de editores de sonido. Mientras escucha el audio, el usuario ve la forma de onda que manipula.

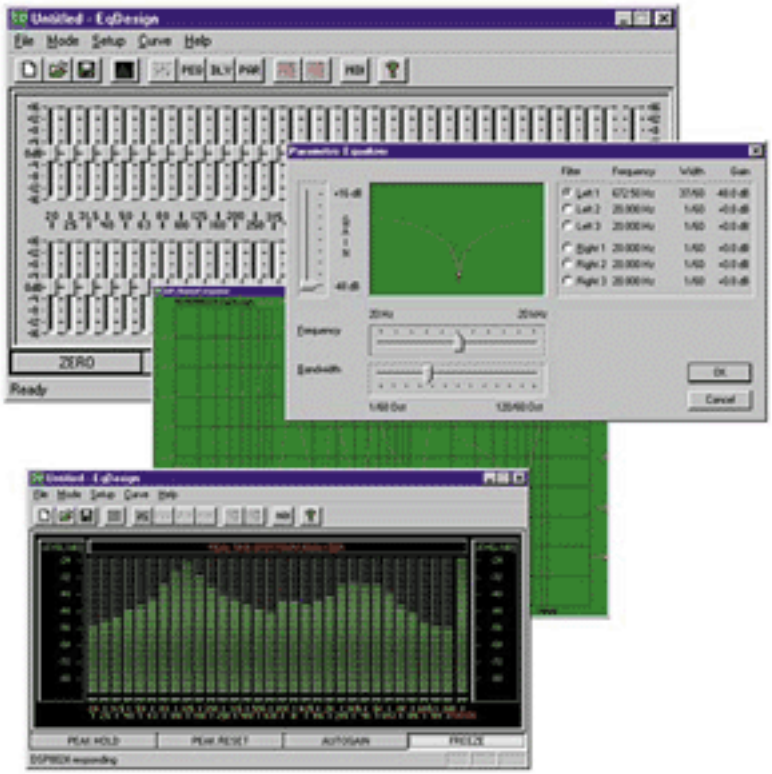
Plano armónico o espectrograma

Mide la amplitud de cada frecuencia en un instante temporal. La amplitud va en el eje vertical y la frecuencia, en el eje horizontal. Se mide con un analizador de espectros. Algunos editores de sonido digital, como el Sound Forge, también incorporan esta representación.

Un espectrograma sirve para analizar el componente en frecuencia de las ondas sonoras y puede ser útil para identificar algún problema de ruido o localizar un tono que suene demasiado estridente, por mencionar un par de ejemplos.

Espectrograma

En la parte inferior de esta imagen podéis ver la gráfica de un analizador de espectros en tiempo real, conocido en inglés como RTA (*real time analyser*). En el eje vertical está el valor, en decibelios, de cada una de las treinta y una bandas de frecuencia analizadas en el eje horizontal.



Plano melódico o sonograma

Enseña la evolución de la frecuencia en el tiempo. Muestra la frecuencia en el eje vertical y el tiempo, en el eje horizontal. Se mide con el sonógrafo.

A pesar de que algunos editores de sonido la incorporan, esta representación se utiliza más en los análisis fonéticos que en los trabajos de sonido profesional.

3.2. La edición gráfica del sonido

Buena parte de los aparatos habituales de un estudio de sonido han convergido y se han integrado en los editores gráficos de sonido digital. Por lo tanto, un único aparato puede llevar a cabo la mayoría de procesos propios de la posproducción sonora, estos sistemas se conocen con el nombre de **estaciones de trabajo de audio digital** (**DAW**[16]).

(16)Sigla de *digital audio workstations*.

Podríamos diferenciar tres clases de editores de sonido. Unos, pensados para los compositores y creadores musicales y compatibles con la tecnología MIDI, como Sonar 2, Music Creator, Cubase o Logic Audio. Otros, diseñados para la posproducción audiovisual profesional, con multitud de complementos y prestaciones, como Pro Tools, Cool Edit Pro o Sound Forge. Y los terceros, extremadamente fáciles de hacer funcionar y adecuados para un uso doméstico, por ejemplo Audacity, Wave Lab o Gold Wave. Sin embargo, todos permiten ejecutar el trabajo con gran precisión y rapidez.

Edición lineal, no lineal y en red

La edición sonora lineal consiste en escoger los fragmentos de audio que interesan del reproductor y copiarlos, de manera secuencial, en el soporte grabador. La edición lineal típica sería la que se hace de cinta DAT reproductora a cinta DAT grabadora.

La edición no lineal se basa en el uso de los ordenadores. Una vez el sonido original está grabado, en bruto, lo podemos hacer todo y en el orden que queramos: unir, borrar, copiar o insertar cualquier fragmento.

Con los sistemas de edición multipista no lineales podemos trasladar cada fragmento del sonido original a la pista que escojamos, en el momento temporal que le corresponda. Siempre que se tenga que reajustar un fragmento se puede volver a desplazar en el tiempo sin que afecte al resto.

La gran versatilidad de estos sistemas y la posibilidad de la mayoría de sistemas de edición informática de deshacer operaciones no válidas han convertido a esta modalidad de edición gráfica no lineal en la más empleada en la posproducción audiovisual.

Los editores de sonido como Pro Tools pueden trabajar en perfecta sincronía con los de imagen, como Media Composer o Film Composer, de Avid. Esto facilita el trabajo y lo hace más preciso y rápido.

Una de las últimas novedades en el campo de la edición no lineal es la posibilidad de trabajar en red. El sistema de edición no lineal profesional Pro Tools incorpora la función DigiStudio, que permite interconectar por Internet dos editores que se encuentran en estudios diferentes. Los aparatos trabajan en un entorno virtual común.

DigiStudio es una aplicación desarrollada por Digidesign y Rocket Network y pensada para que los usuarios de Pro Tools puedan compartir las sesiones de trabajo en tiempo real, conectados a Internet, o bien enviarse mutuamente pistas de sonido para cargarlas en las sesiones locales (para continuar trabajando cuando quieran sin conexión a Internet). DigiStudio gestiona la remisión y recepción de las pistas de Pro Tools a Pro Tools, autoriza a unos usuarios a escucharlas y a los demás les permite introducir modificaciones.

Por lo tanto, desde hace unos años, la edición sonora está al alcance de todo el mundo que tenga un ordenador multimedia.

Lecturas recomendadas

Algunos manuales dedicados a la edición sonora son los siguientes:

B. Katz (2003). *Mastering Audio: The Art and the Science*. Oxford: Focal Press.

R. Derry (2003). *PC Audio Editing* (2.ª ed.). Oxford: Focal Press.

Escuchemos un fragmento del espacio "Alguna pregunta més?" –premio Ondas 1997–, de *El matí de Catalunya Ràdio*, como ejemplo de uso creativo del editor gráfico de sonido.

Cuando queramos crear un nuevo archivo de sonido en un editor, primero tenemos que conocer las características del sonido original que se tiene que grabar y más adelante, debemos decidir con qué calidad sonora lo queremos digitalizar. Esto condicionará tanto la frecuencia de muestreo –*sample rate*– como el número de bits por muestra –*resolution*– que se usen.

Las frecuencias de muestreo y el número de bits por muestra

Recordemos brevemente lo siguiente:

- Las frecuencias de muestreo por debajo de los 30 kilohercios dan poca calidad sonora.
- 32 kilohercios podrían dar una calidad de sonido similar a la de la radio en frecuencia modulada.
- 44,1 kilohercios sería la frecuencia de muestreo de los discos compactos.
- 48 kilohercios es un valor muy empleado en los equipos de sonido profesional de los noventa.
- 96 y 192 kilohercios serían los valores que usan los equipos más modernos de gama alta.

En cuanto al número de bits por muestra, las cantidades más habituales son las siguientes:

- 16 bits, sonido profesional de los noventa.
- 24 bits, sonido profesional de los noventa de gama alta.
- 32 bits, equipos profesionales más modernos.

Podemos tener una buena fidelidad en una grabación digital a partir de valores de 44,1 kilohercios y 16 bits.

Cuando la grabación se hace con el objetivo de manipular la señal repetidamente, cuantas más muestras tengamos y más precisos sean los valores, mejores serán los resultados, ya que el sistema informático tiene más datos y puede hacer los cálculos con más precisión. Por lógica, en este último caso el ordenador debe tener mucha memoria y una velocidad de procesamiento de datos muy alta.

También hemos de escoger si queremos trabajar en formato monofónico, estereofónico o multipista. Los editores profesionales permiten abrir nuevas pistas a medida que se necesiten. Podemos empezar una posproducción con seis pistas y acabarla con diez. A pesar de esta posibilidad, es recomendable plantearse antes de grabar qué se tiene que hacer y cómo se distribuirán y se llenarán las pistas.

Las representaciones gráficas de los sonidos, en forma de oscilogramas, ayudan mucho al usuario a poder ver dónde ejecuta los cortes y las uniones. La función de zoom amplía tanto la forma de onda que permite la microcirugía sonora.

Todo consiste en seleccionar con el ratón la parte de la señal que queremos procesar y, después, elegir la función o el efecto que le queramos aplicar.

Como la mayoría de programas de edición permiten deshacer la última función ejecutada (deshacer [*undo*]), esto da una gran tranquilidad al usuario, que puede retocar lo que no le guste o repetir lo que no haya hecho bien.

Las instrucciones básicas de la edición sonora, que se encuentran en los menús principales [*edit menu*], son tres:

1) Cortar [*cut*]: elimina la zona seleccionada del oscilograma.

2) Copiar [*copy*] y pegar [*paste*]: se marca una zona de la oscilograma y con la orden *copy* el sistema informático duplica el sonido en la memoria RAM. Llevamos el puntero al lugar donde queramos hacer la inserción y con el comando *paste* aparece el fragmento copiado.

3) El *mix paste* es una variante que permite superponer (*overlap*) o mezclar entre el final y el principio de los fragmentos pegados.

Ejemplo con el *mix paste*

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra original.

Y ahora oiréis una pequeña edición basada en una serie de repeticiones de fragmentos del original.

Resumen

- Buena parte de los aparatos habituales de un estudio de sonido han convergido y se han integrado en los editores gráficos de sonido digital. Su gran versatilidad ha convertido a esta modalidad de edición gráfica no lineal en la más empleada en la posproducción audiovisual.

- La edición no lineal permite hacerlo todo y en el orden que queramos: unir, borrar, copiar o insertar cualquier fragmento. Con los sistemas multipista, siempre que se tenga que reajustar un fragmento se puede volver a desplazar en el tiempo sin que afecte al resto.

4. Procesamiento digital de la señal

Los editores de sonido no sirven solo para cortar y pegar. También permiten llevar a cabo un procesamiento digital de la señal (DSP[17]) completo.

(17)Sigla de *digital signal processing*.

Algunos efectos de aparatos analógicos se han convertido en un estándar y todavía se usan, pero ahora se encuentran en forma de software, dentro de los conectores (*plug-in*) de algunos programas como el Audio Suite, de Pro Tools.

Cada uno de los efectos se puede aplicar de manera predeterminada, utilizando los valores que hay por defecto en el editor, o personalizada, programando los parámetros de cada efecto en las casillas de las ventanas correspondientes.

Efectos en editores de sonido

Muchos editores incorporan los efectos básicos de sonido dentro de los menús principales. Si se quiere ampliar el número de efectos, hay que instalar los conectores correspondientes en forma:

- De programas: Microsoft DirectX; Master X 3, de TC Electronic; Renaissance o Platinum, de Waves; y Audio Suite, de Digidesign, para Pro Tools.
- De tarjetas: UAD-1 DSP, de Mackie Inc.; TDM –con chips DSP–, HTDM o Project Studio, las tres de Digidesign, para Pro Tools, con procesamiento de la señal en tiempo real.
- De módulos independientes: PowerCore FireWire, de TC Electronic.

En los editores gráficos de sonido, marcamos con el ratón la parte del oscilograma que hay que procesar y después escogemos en los menús el efecto que se le tiene que aplicar y los parámetros. El sistema llevará a cabo el cálculo correspondiente y ejecutará la operación. La forma de trabajo descrita no es en tiempo real. Algunos equipos incorporan el procesamiento digital de la señal en tiempo real: la señal se ajusta mientras se graba o se reproduce.

El procesamiento de la señal también se puede ejecutar con aparatos digitales específicos para cada función.

Muchos sistemas se refieren al sonido que entra para ser procesado con la palabra inglesa *dry signal* y la parte de la señal que sale con el efecto escogido recibe el nombre de *wet signal*.

4.1. Procesamiento de la dinámica

La **ganancia** (*gain*, *amplify* o *volume*) sube o baja el nivel de la región escogida. La señal aumenta o baja de volumen los decibelios indicados. Además de ajustar los niveles de una señal monofónica o estereofónica, esta función es la que permite a los editores multipista obtener una mezcla conjunta de todas las pistas sin necesidad de pasar por una mesa.

La **normalización** consiste en hacer que los picos de la señal grabada, sea cual sea el nivel, lleguen automáticamente al fondo de escala (0 dBFS).

Normalización de una señal

Primero podréis escuchar un fragmento de palabra grabado a –12 decibelios.

Ahora podréis notar la diferencia de volumen una vez aplicada la normalización de la señal.

Cuando marcamos una zona de la señal y hacemos un **fundido de entrada** (***fade-in***), en aquel tiempo, la señal incrementará de volumen, gradualmente, desde cero hasta el valor que tenga al final del área elegida. Por otro lado, el **fundido de salida** (***fade out***) hace bajar la señal desde el nivel de volumen que tenga hasta cero, en el tiempo correspondiente al área marcada. Para acabar, un **encadenamiento** (***cross fade***) consiste en hacer desaparecer gradualmente un sonido y hacer aparecer en simultáneo otro sobre el primero.

Ejemplos de fundidos

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra, con las breves repeticiones, con un fundido de entrada.

En segundo lugar podréis escuchar la misma señal, pero ahora con un fundido de salida.

Y para acabar, el encadenamiento de la repetición del fragmento original.

Aparatos procesadores de la dinámica

Hay equipos que controlan la dinámica de los programas sonoros de forma automática.

Básicamente, se habla de modificadores de la dinámica cuando se trata de compresores y de expansores, pero también se incluyen en este tipo de equipos los limitadores, los procesadores multibanda de picos, las puertas de ruido y los filtros antisibilación (*sibilance*). Es habitual que un solo aparato los incluya todos.

Si trabajamos con un multipista, necesitaremos un procesador de dinámica por canal.

El Quantum II

Un ejemplo de procesador dinámico digital profesional es el Quantum II, de la marca Dbx, que muestrea a 96 kilohercios y cuantifica a 48 bits. El sistema divide el espectro de cada canal en cuatro bandas independientes y procesa la dinámica de forma independiente.

© Harlam International Industries, Inc.

La imagen siguiente muestra la unidad de control de dinámica Behringer Multicom PRO-XL MDX4600, que incorpora las funciones de compresor, expansor, limitador y puerta de ruido para cuatro canales.

© Behringer GmbH

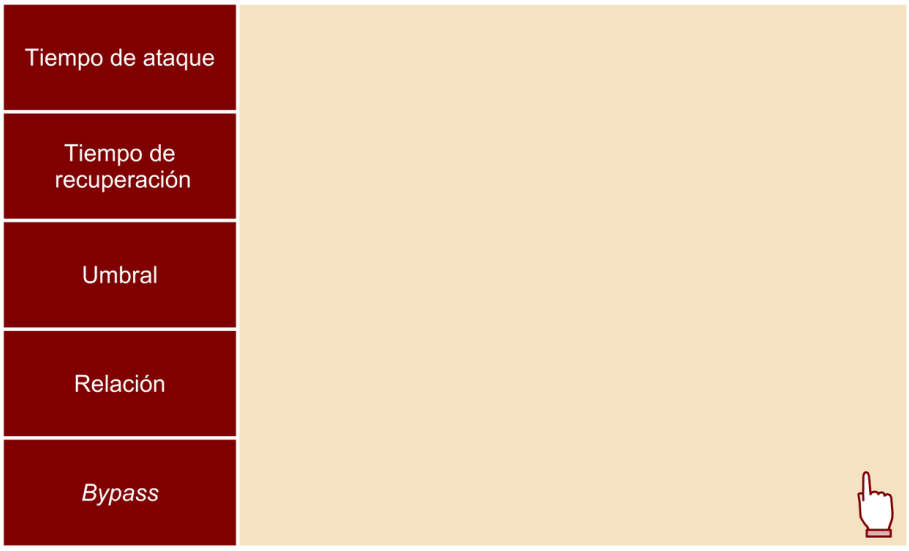
La marca Dbx tiene un procesador dinámico digital (*digital dynamics processor*) que trabaja en tiempo real, con muestras de 24 bits, y que permite escoger, en el orden que se quiera, las funciones siguientes: puertas de ruido, compresor, limitador y antisibilación (*de-essing*).

© Harlam International Industries, Inc.

Limitador

Dispositivo que reduce la ganancia de entrada, rápidamente y en gran cantidad, solo cuando el nivel de la señal supera el umbral fijado. A la parte de la señal que se mantiene por debajo no se le aplica ningún tratamiento.

Un limitador, por lo tanto, no controla la dinámica global del mensaje sonoro, tan solo evita las distorsiones producidas por los picos cortos e intensos, los transitorios.



Procesador multibanda de picos

Para evitar caídas bruscas a la salida de un limitador cuando hay fuertes picos a la entrada, algunas marcas han diseñado los procesadores multibanda de picos. Estos aparatos dividen el espectro de la señal estereofónica en tres bandas, normalmente, y llevan a cabo un control inteligente de los picos, así ajustan el umbral de forma automática según el nivel del programa y limitan solo la banda de frecuencia donde se produce el pico, sin alterar el resto del espectro.

Dominator II de Aphex

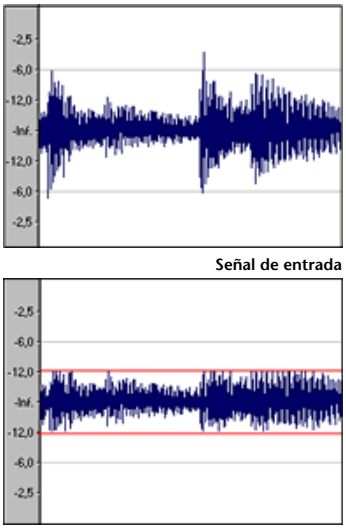
© 2003 Aphex Systems, Ltd.

Compresor

El compresor reduce la ganancia de la señal de entrada en razón proporcional a la cantidad de esta señal que haya superado el umbral fijado. La dinámica de la señal disminuye.

La función del compresor es controlar automáticamente la dinámica del mensaje sonoro: atenúa los niveles altos y amplifica los bajos.

Señal antes y después de ser comprimida



Compresión de una señal

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra original. El nivel medio de la señal está en los –6 decibelios y los picos llegan a –1 decibelio.

Ahora vais a oír el mismo sonido comprimido en exceso. El umbral es muy bajo, a –20 decibelios. La relación de compresión, bastante alta, es de 10:1. El tiempo de ataque es muy rápido, 5 milisegundos, y el tiempo de recuperación es de 500 milisegundos.

El compresor se puede usar para nivelar el sonido de un cantante que se acerque y se aleje del micrófono –se tiene que lograr que la voz tenga siempre una presencia en primer plano– o para garantizar un nivel homogéneo y continuo de los niveles en una grabación. El compresor ayuda a mantener un mensaje sonoro todo el rato en la parte más alta de la dinámica, sin saturar, y hace que suene con más definición y con más sensación de volumen.

Cuanto menos porcentaje de la señal tengamos que comprimir mejor, así tenemos más controlada la señal y somos más fieles a su dinámica original.

Lo ideal es que el compresor actúe como un elemento de corrección ligera y no drástica. Podríamos afirmar que cuanto menos se note el efecto, mejor, excepto en los casos en los que se quiera experimentar con un sonido muy comprimido con una clara voluntad expresiva o artística. Esto significa que, como criterio general, cuanto más alto sea el umbral de trabajo y más pequeña la relación (o ratio) de compresión, mejor (por debajo de 6:1).

Algunos editores de sonido digital llevan el conector **Wave Hammer**, que combina las funciones del compresor clásico con las del normalizador del volumen. Es una herramienta útil para afinar los niveles finales de un máster.

Expansor

El expansor incrementa la dinámica sonora de forma proporcional. Tiene más dinámica en la salida que en la entrada.

Modelo de expansor ExpanderGate 622 de Aphex

© 2003 Aphex Systems, Ltd.

Pueden operar de dos formas, así amplifican lo que supere el umbral o atenúan todo lo que se mantenga por debajo.

El uso del expansor

Se puede emplear un expansor para conseguir un sonido del bombo de una batería seco y contundente. Si la caída de cada impacto –transitorio– se mezcla con lo siguiente, el sonido es sucio y confuso. Si ponemos el umbral del expansor alto, cuando el nivel del transitorio lo supere en sentido descendente, el aparato atenuará más deprisa el volumen, por lo que el sonido de cada impacto sonará más contundente y definido.

Puerta de ruido

Una puerta de ruido evita la amplificación de los ruidos de fondo no deseados. Técnicamente funciona como un circuito expansor con un umbral muy bajo.

Puerta de ruido Dbx 904
© Harlam International Industries, Inc.

Para trabajar con puertas de ruido, hay que saber el nivel por encima del que está todo el programa para grabar o reproducir. Después, el umbral de la puerta de ruido se ajusta en aquel punto. La parte del sonido que supere este umbral no se verá afectada en absoluto (el sistema trabaja con relación 1:1), mientras que la que quede por debajo no pasará (las atenuaciones son aproximadamente de 90 decibelios).

Hay que ir con mucho cuidado a la hora de fijar el valor del umbral de la puerta de ruido, ya que un valor demasiado alto reducirá la dinámica del sonido, mientras que un nivel excesivamente bajo haría que no sirviera para nada.

Puertas de ruido

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra original. El nivel medio de la señal está en los –6 decibelios y los picos llegan a –1 decibelio.

Como acabamos de decir, una puerta de ruido con el umbral demasiado alto puede afectar a la dinámica del sonido que se tiene que reproducir e, incluso, lo puede entrecortar. Ahora vais a oír un ejemplo de mal uso de una puerta de ruido, como consecuencia de tener un umbral de trabajo demasiado elevado, a unos -6 decibelios. El sonido lo notaréis recortado.

Las puertas de ruido se suelen poner en los micrófonos de la batería para evitar que el sonido de un instrumento entre por varios canales.

Uso de puertas de ruido

Cuando el batería ataca la caja, por ejemplo, la puerta de aquel micrófono se abre y la señal llega al canal correspondiente de la mesa de mezclas o el editor de sonido. Cuando el batería no toca la caja, aquella puerta de ruido se cierra y no llega ninguna señal a aquel canal.

Filtro antisibilación

El ruido de los roces que produce el aire cuando pasa entre los dientes, a la hora de pronunciar una ese o una efe, tiene mucha energía y, además del efecto más o menos desagradable, puede producir distorsión. Para evitarlo, existe el filtro antisibilación (*sibilance*, *de-essing* o *de-esser*), diseñado para eliminar solo la parte específica del espectro donde se produce el roce.

Filtro antisibilación

© SPL electronics GmbH

El filtro antisibilación está formado por dos ramas. La primera tiene un filtro que elimina las frecuencias próximas a los 6 kilohercios y la segunda tiene un filtro pasa banda variable, sintonizable en unos 6 kilohercios y conectado a un compresor, que reduce la dinámica de estas frecuencias en unos –20 decibelios.

Es mejor eliminar el ruido provocado por la pronunciación de las eses con un filtro específico que con el ecualizador gráfico. Si usamos el ecualizador gráfico, siempre perderemos una parte del componente de los agudos, mientras que con el filtro antisibilación no.

Saturador o distorsionador de volumen

Una señal de niveles correctamente ajustados se puede distorsionar en volumen y obtener un sonido saturado.

Este efecto puede tener finalidades creativas o simular el sonido de una instalación electroacústica de baja calidad o mal ajustada.

Ejemplo de sonido saturado

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra original.

Ahora lo oiréis notablemente saturado.

Resumen

- Los procesadores de la dinámica controlan el nivel de los programas sonoros de forma automática.
- Existen compresores, expansores, limitadores, procesadores multibanda de picos, puertas de ruido y filtros antisibilación.

4.2. Procesamiento del espectro

4.2.1. Los filtros

Los filtros de audio dejan pasar un determinado margen de frecuencias y rechazan el resto.

Sus dos características principales son la frecuencia de corte y la rapidez de atenuación de la señal, caídas de 12, 18 o 24 decibelios/octava. Cuantos más decibelios/octava, más rápido es el corte en frecuencia.

Filtros pasivos	Filtros activos

4.2.2. El ecualizador

El ecualizador es un banco de filtros pasa banda.

> Un ecualizador sirve para ajustar el tono y el timbre del sonido, o enfatiza o atenúa la frecuencia fundamental y el componente armónico.

La versión más simple de un ecualizador sería el control de graves y agudos, *bass* & *treble*.

Uso del ecualizador

No es recomendable forzar mucho la ecualización de un sonido cuando lo grabamos. Siempre es mejor esperar a hacerlo en el momento de la mezcla; cuando reproducimos todos los sonidos de manera simultánea, el mismo sonido se percibe diferente cuando suena formando parte de un conjunto que cuando suena solo.

No se pueden dar recetas exactas para ecualizar las voces, los efectos de sonido o los instrumentos musicales. Para lograr un buen tratamiento en frecuencia hay que ir educando y afinando la sensibilidad sonora propia.

Una buena ecualización ayuda a diferenciar, a separar, los sonidos que se producen a la vez, mejora la definición de la mezcla. Conviene reforzar las frecuencias fundamentales de cada sonido para que se puedan percibir con nitidez y se tiene que evitar que el resto de frecuencias –los armónicos– interfieran en las frecuencias principales de los demás sonidos.

Otros usos de la ecualización son compensar las deficiencias acústicas de una sala o crear algunos efectos sonoros.

Actividad

Si tenéis un ecualizador, ni que sea de tres o cuatro bandas, podéis simular el sonido de una línea telefónica analógica. Enfatizad al máximo las frecuencias de entre 200 y 2.000 hercios y atenuad el resto al máximo.

Tipos de ecualizadores

Existen tres tipos de ecualizadores: los gráficos, los paramétricos y los inseridos en el canal de una mesa de mezcla.

Criterios

A continuación, recogemos una serie de criterios, fundamentalmente musicales, que pueden servir de punto de partida para que cada cual encuentre el método de trabajo y el estilo sonoro propio. Por otro lado, no tiene que pasar por alto que la ecualización de una señal es bastante subjetiva y permite bastantes variantes.

En las bandas de graves, de 20 a 200 hercios, están las frecuencias que dan cuerpo al sonido. Marcan el componente rítmico. Ahora bien, si se refuerzan demasiado, provocan enmascaramiento y pérdida de definición.

La banda de medios, de 200 a 5.000 hercios, se puede subdividir en dos partes. Así, entre 200 y 1.000 hercios encontramos las frecuencias fundamentales de muchos instrumentos y de la voz y, entre 1.000 y 5.000 hercios, las de los instrumentos agudos y un buen número de armónicos. Mucho énfasis entre los 600 y 1.000 hercios puede producir la sensación de que el sonido sale de un tubo o de un cuerno.

En las bandas de agudos, más de 5.000 hercios, solo hay armónicos. El refuerzo de estas frecuencias da sensación de claridad y brillo sonoro. Aun así, si el refuerzo es excesivo, el sonido será estridente.

Ecualización de la voz

La mayoría de voces tienen las frecuencias fundamentales entre los 120 y los 700 hercios (los bajos pueden llegar a los 85 hercios y las sopranos a los 1.000 hercios). Gran parte de sus armónicos están por debajo de los 7 kilohercios.

En los diálogos en los que se grita, se intensifican las frecuencias comprendidas entre los 500 y los 700 hercios.

La tabla siguiente muestra a grandes rasgos los efectos de la ecualización en la voz por cada tercio de octava:

de 40 a 125 hercios	Sensación de potencia y de presencia en voces muy graves

de 160 a 500 hercios	Fundamentales principales de las voces
630, 800 hercios y 1 kilohercio	Importantes en cuanto a la naturalidad; demasiado énfasis puede producir la sensación de que la voz salga de un tubo o de un cuerno.
de 1,25 a 4 kilohercios	Refuerzo de los formantes vocálicos; importante para la inteligibilidad y la claridad.
en torno a los 4 kilohercios	Se refuerza la sensación de presencia, de plenitud y proximidad.
5, 6,3 y 8 kilohercios	Hay que tener cuidado con la sibilación que se produce en los 5 o 6 kilohercios.

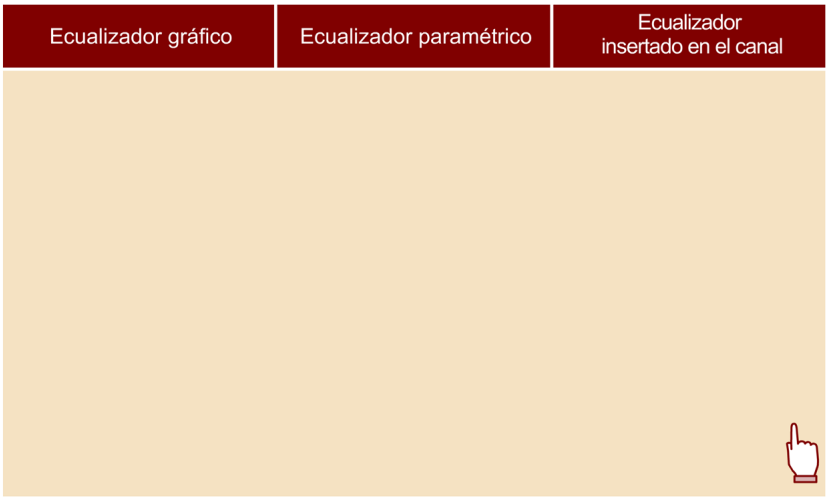
Ecualización de los instrumentos musicales

Las frecuencias fundamentales de la gran mayoría de instrumentos están comprendidas entre los 32 hercios –el do de la escala más grave de un piano– y los 4.200 hercios. Por encima de los 5 kilohercios, encontramos básicamente los armónicos.

Podemos resumir en una tabla, de un modo muy general y aproximado, los efectos de la ecualización en los instrumentos musicales por cada tercio de octava.

31, 40, 50 y 63 hercios	Algunas fundamentales muy graves de piano, bajo, tuba y bombo. El contrabajo llega a unos 33 hercios. Sin embargo, por debajo de los 70 hercios, la radiación es muy baja, 30 decibelios por debajo de las frecuencias con más sonoridad. El bombo está próximo a los 50 hercios. Demasiado énfasis en estas bandas puede producir enmascaramiento y cimbreo a 50 o 60 hercios.
80, 100 y 125 hercios	Fundamentales de piano, bajo, violonchelo, tuba, trombón y tambor. Entre los 100 y los 125 hercios se debe tener cuidado con el alargamiento de los sonidos graves (sensación de *buuuum*). Dan cuerpo al sonido. Marcan el componente rítmico.
160, 200 y 250 hercios	Fundamentales de piano, bajo, violonchelo, guitarra, tuba, trombón, trompeta, flauta, clarinete, saxófono y tambor. Si se refuerzan los niveles de la percusión en torno a los 200 hercios, el sonido sonará más lleno.
315, 400 y 500 hercios	Fundamentales de piano, violonchelo, guitarra, violín, trombón, trompeta, flauta, clarinete, saxófono y tambor. En los 440 hercios está el tercero de afinación.
630, 800 hercios y 1 kilohercio	Fundamentales de piano, guitarra, violín, trompeta, flauta, clarinete, saxófono e instrumentos de percusión aguda. Armónicos de instrumentos de cuerda y viento. Mucho énfasis entre los 600 y los 1.000 hercios puede producir la sensación de que el sonido sale de un tubo.
de 1,25 a 4 kilohercios	Fundamentales de piano, violín, flauta, clarinete, saxófono y percusiones de metal. Armónicos de instrumentos de cuerda, viento y percusión. El margen de 1,25 a 4 kilohercios refuerza la sensación de plenitud de los instrumentos de cuerda. En los 3 kilohercios se refuerza el ataque de las percusiones de metal. Demasiado énfasis entre 1 y 2 kilohercios puede producir una sensación excesiva de brillo.

5, 6,3 y 8 kilohercios	Armónicos de la percusión de metal, instrumentos de viento (saxófono, hasta los 8 kilohercios; flauta, 6 kilohercios) y de cuerda (guitarra, hasta los 6 kilohercios; violonchelo, 8 kilohercios). Si reforzamos las bandas próximas a los 6 kilohercios, en los instrumentos de viento de madera, y a los 8 kilohercios, en los instrumentos de viento de metal, se refuerza la sensación de plenitud. Estas frecuencias dan claridad y definición a los instrumentos, a pesar de que si el refuerzo es excesivo sonará estridente.
10, 12,5 y 16 kilohercios	Da brillo a los armónicos más altos de la percusión de metal y a los instrumentos de viento (trombón, hasta los 10 kilohercios; clarinete, 12 kilohercios; trompeta, 15 kilohercios) y de cuerda (violín, hasta los 10 kilohercios; piano, 15 kilohercios). En los 10 kilohercios se refuerza el brillo de las percusiones de metal. En los sintetizadores y muestreadores conviene reforzar estas frecuencias si tienen poco componente tímbrico.



18 19

(18)Las octavas

La **octava** es el intervalo que hay entre dos frecuencias que tienen una relación de dos, donde una es el doble de la otra.

El margen de frecuencias audibles comprende aproximadamente unas diez octavas. Las frecuencias preferentes, o centrales, de las octavas son 31,5, 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 y 16.000 hercios.

El **tercio de octava** es el intervalo que hay entre dos frecuencias que tienen una relación de 1,25. En lenguaje musical, un tercio de octava equivale a cuatro semitonos.

Las treinta y una frecuencias centrales de los tercios de octava, normalizadas por la ISO, son 20, 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000, 10.000, 12.500, 16.000 y 20.000 hercios.

(19)Ejemplo de ecualizador paramétrico

Un ecualizador paramétrico de cuatro bandas podría estar formado por un bloque de altas frecuencias, de 800 hercios a 16 kilohercios; uno de medias/altas frecuencias, de 500 hercios a 10 kilohercios; uno de medias/bajas frecuencias, de 200 hercios a 4 kilohercios, y uno de bajas frecuencias, de 40 a 800 hercios.

Behringer ULTRA-Q PRO PEQ2200
© Behringer GmbH

Efectos

A continuación, vamos a presentar algunos ejemplos de efectos que se pueden obtener con el uso de ecualizadores.

Primero podréis escuchar un fragmento de palabra original.

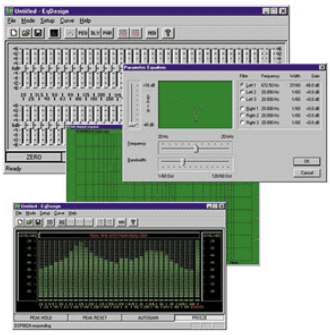
Ahora vais a oír el efecto de una ecualización en graves excesiva. El procesamiento se ha hecho con un ecualizador de octava (de diez bandas): se han enfatizado +15 decibelios las bandas de 28, 56 y 113 hercios y se han atenuado 15 decibelios todas las demás.

La segunda ecualización refuerza excesivamente los medios. Se enfatizan +15 decibelios las bandas de 225, 50, 900 y 1.800 hercios y se atenúan 15 decibelios todas las demás.

La tercera ecualización permite escuchar qué pasa cuando se refuerzan excesivamente los agudos. Se enfatizan +15 decibelios las bandas de 3,6, 7,2 y 15 kilohercios y se atenúan 15 decibelios todas las demás.

En el mundo del sonido digital podemos encontrar los ecualizadores integrados dentro de sistemas de edición o mezcla, o bien como equipos independientes.

Behringer ULTRA-CURVE PRO DSP8024
© Behringer GmbH



Pantalla Behringer ULTRA-CURVE PRO DSP8024
© Behringer GmbH

Por ejemplo, la marca TC Electronic tiene el ecualizador digital EQ Station-8, que procesa la señal a 48 bits e incluye, para cada canal, un ecualizador paramétrico de seis bandas y uno gráfico de veintinueve bandas.

TC Electronic EQ-Station
© TC Electronic A/S

4.2.3. Distorsionador de frecuencia

Aplicando la distorsión armónica, o de otro tipo, se cambia la composición espectral de la señal original y suena distorsionado. Aparecen frecuencias que ensucian el timbre original.

Estropear una señal correcta es una de las maneras de experimentar dentro de la interpretación musical o de la creación sonora audiovisual para encontrar nuevas sonoridades.

Distorsionador de frecuencia

Primero podréis escuchar el fragmento de palabra original.

Ahora lo oiréis notablemente distorsionado en frecuencia.

4.2.4. Cambio de tono

El cambio de tono (*pitch control* o *pitch transposer*) permite un sonido más grave –hasta llegar a ser demoníaco– o más agudo –parecido al de los pitufos–, sin cambiar la duración temporal.

Los aparatos o editores digitales ejecutan todos estos procesos a partir de cálculos matemáticos, así el cambio de tono se hace archivando los datos en la memoria y haciendo un nuevo muestreo a frecuencias más altas o más bajas. Algunos aparatos pueden ejecutar estos cálculos en tiempo real y otros necesitan un cierto tiempo de procesamiento.

Cambio de tono

Escuchemos ahora cómo cambia el tono de la voz del fragmento original. Primero lo subimos en diez semitonos y la voz sonará muy aguda.

Y para comprobar el contraste, ahora bajamos en diez semitonos el original y la voz sonará muy grave.

Auto Tune

Existe una variante de los cambiadores de tono, que en el Pro Tools se llama *Auto Tune*, diseñada para ajustar la afinación de un sonido muy interpretado, pero un tanto desafinado. Se elige la zona deseada y la función sube o baja la tesitura.

4.2.5. Procesador psicoacústico de armónicos

Un procesador psicoacústico genera frecuencias armónicas, normalmente de entre 1 y 7 kilohercios –margen en el que el oído tiene buena sensibilidad–, en correlación con las del sonido original, para reforzar el componente espectral. Permite seleccionar la cantidad de señal original que se tiene que procesar, la frecuencia donde queremos el refuerzo más elevado y la cantidad de señal procesada que queremos sumar a la original.

En inglés, estos aparatos tienen varios nombres, como *spectral enhancement*, *digital exciter* o *harmonizer*.

En la práctica sirven para conseguir un incremento de la sonoridad y, por lo tanto, de la sensación de presencia. Incrementan el volumen subjetivo del oyente sin tener que dar más potencia al amplificador. También dan más brillo al sonido.

Los procesadores psicoacústicos son útiles para reforzar el timbre de los instrumentos, como los platillos de una batería o una guitarra, para mejorar la calidad de sonido de las señales digitalizadas a bajas frecuencias de muestreo, para dar más claridad y definición a las voces, para dar más vida a un sonido directo apagado o para trabajos de restauración sonora.

Un procesador psicoacústico

Un ejemplo de procesador psicoacústico sería el procesador de espectro Spectralizer de la marca SPL.

© SPL electronics GmbH

Resumen

- Los filtros de audio dejan pasar un determinado margen de frecuencias y rechazan el resto.
- El ecualizador es un banco de filtros pasa banda. Sirve para ajustar el tono y el timbre del sonido, asimismo enfatiza o atenúa la frecuencia fundamental y el componente armónico.
- El ecualizador gráfico muestra la curva de procesamiento en frecuencia en el frontal.
- El ecualizador paramétrico permite ajustar las características del procesamiento en frecuencia de cada banda.
- Los procesadores psicoacústicos refuerzan los armónicos de la señal.

4.3. Procesamiento del tiempo

4.3.1. Reverberador

El Instituto Norteamericano de Normalización (ANSI) define la reverberación como la persistencia del sonido en un espacio cerrado debido a reflexiones múltiples después de que la fuente de sonido original se haya detenido.

La **reverberación** es el efecto sonoro de alargamiento que notamos en los interiores cuando el sonido reflejado se superpone al sonido directo. La atenuación gradual del campo sonoro reverberante a lo largo del tiempo se denomina **decaimiento** (*decay*).

La medición de la reverberación

Sabine ideó el método para medir el grado de reflexión de las paredes de una sala: emitir un sonido, cerrar la fuente y medir el tiempo que perdura este sonido hasta que se vuelve inaudible. Para Sabine, el tiempo de reverberación era el tiempo que pasaba hasta que el valor de la presión de la energía reflejada bajaba un millón de veces.

En la actualidad, se define el tiempo de reverberación como el tiempo necesario para que la señal directa baje 60 decibelios después de que la fuente sonora se apague.

Para establecer las mediciones prácticas se utiliza un sistema que incluya una fuente de ruido, un grabador gráfico, un sonómetro y un banco de filtros.

El tiempo de reverberación depende del volumen de la sala y de los coeficientes de absorción de las superficies. Cuanto más coeficiente de absorción, menos tiempo de reverberación y, cuanto más volumen, más tiempo de reverberación.

Sabine calculó una fórmula teórica para encontrar el tiempo de reverberación de una sala; simplificada, sería la siguiente:

$$\text{Tiempo de reverberación} = \frac{0{,}161 \cdot \text{volumen}}{\text{absorción total}}$$

El tiempo de reverberación de una sala varía con la frecuencia. Siempre aumenta con frecuencias bajas. Esto pasa porque muchas superficies solo absorben las frecuencias altas y medias.

En un campo reverberante, a pesar de las múltiples reflexiones de la sala, la señal directa siempre fija la dirección de la fuente.

La constante de tiempo del oído humano es de unos 50 milisegundos. Las reflexiones que llegan con una diferencia inferior a los 50 milisegundos se perciben como un único sonido. Dentro de los tres primeros milisegundos (ms), cualquier señal reflejada, que llegue junto con el directo, modifica la direccionalidad de la fuente principal. Todas las señales reflejadas que lleguen con retardos de entre los 3 y los 30 milisegundos, y que no superen en más de 10 decibelios la señal directa, no afectan a la direccionalidad de la fuente principal y mejoran la inteligibilidad. Esta ley se conoce con el nombre de ley de Haas.

El efecto de reverberación se puede lograr electrónicamente mediante algoritmos matemáticos –VSS o reflector–, tal como pasa en los editores gráficos de sonido, o bien haciendo pasar la señal de entrada por una línea de retardo con un tiempo inferior a los 50 milisegundos y después por una línea de atenuación de vuelta a la entrada para sumarlo a la señal de aquel instante.

El tiempo de reverberación se puede conocer, aproximadamente, haciendo el cálculo siguiente:

$$Trev = \frac{60 \cdot \text{retardo de línea (segundos)}}{\text{atenuación de línea (dB)}}$$

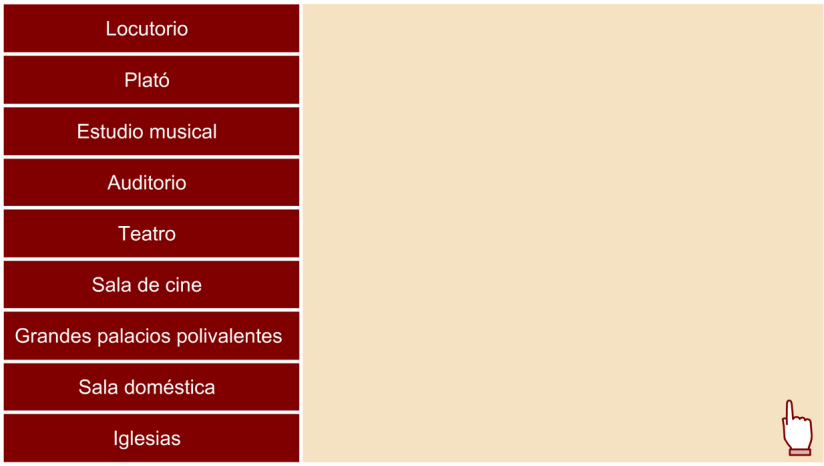
Por ejemplo, un retardo de línea de 20 milisegundos y una atenuación de 2 decibelios producirá este tiempo de reverberación:

$$T_{rev} = \frac{60 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{2} = 0{,}6 \text{ s}$$

Un buen espacio sonoro debe tener una curva de decaimiento uniforme, por lo general paraboloide. Cualquier alteración en esta curva uniforme significaría que hay ondas estacionarias o resonancias de la estructura.

Para medir el decaimiento de una sala, se reproduce un sonido transitorio de prueba, con un buen altavoz, y se estudia el oscilograma del sonido captado por un micrófono de medición.

En la tabla, damos algunos valores de los tiempos de reverberación en varios espacios interiores.



20

(20)Los tiempos de reverberación en un estudio de grabación

Los tiempos de reverberación medidos en un estudio profesional de sonido de Barcelona, en el locutorio y el control, fueron los siguientes:

Octava	Locutorio	Control
Hz	s	s
31,5	0,42	0,55
63	0,3	0,52
125	0,2	0,3
250	0,18	0,28
500	0,15	0,23
1.000	0,11	0,2
2.000	0,11	0,2
4.000	0,11	0,2
8.000	0,1	0,17

Un reverberador digital crea con algoritmos la sensación sonora de alargamiento y simula las características acústicas de los varios espacios.

Por lo tanto, el sonido grabado en un editor digital o el captado por un micrófono, pasado por una *rever*, pueden sonar como si lo escucháramos en un lavabo o en una gran nave. La *rever* también ayuda a unir los sonidos de una mezcla y a llenar el espacio sonoro entre los altavoces.

Reverberadores de TC Electronic

La marca TC Electronic tiene el modelo estereofónico Reverb 4000, que cuantifica a 24 bits y muestrea a frecuencias de 44,1 a 96 kilohercios.

© TC Electronic A/S

En cuanto a los reverberadores diseñados para el sonido multicanal, TC Electronic tiene el Reverb 6000, que puede trabajar con dieciséis canales monofónicos o sistemas multicanal 5.1 y 6.1. El aparato incluye centenares de *revers*: clásicas (*old classics*), irreales (*wild reflections*) y diseños famosos (*halls of fame*), creadas por ingenieros de sonido de música y cine. El sistema tiene unos trescientos preajustes programados para la posproducción audiovisual y trescientos más diseñados para grabaciones musicales. Procesa el sonido a 24 bits.

© TC Electronic A/S

En las sonorizaciones audiovisuales, el reverberador es la herramienta que ayuda a los especialistas a dar verosimilitud acústica a los sonidos obtenidos de un disco o a los elaborados en un locutorio. Pero la *rever* también tiene otra utilidad, que es dar sensación de profundidad sonora a la mezcla. Una reverberación larga o corta altera esta sensación. Por lo tanto, cada sonido debe tener su propia reverberación, según qué timbre tenga y el plano sonoro que tiene que ocupar en la mezcla final.

Reverberación

Escuchemos cómo suena una reverberación larga, obtenida con un editor de sonido digital. Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.

Después, el mismo sonido con el efecto de reverberación.

Como en cualquier efecto, es mejor aplicar la reverberación que se quiere a cada sonido en el momento de la mezcla y no cuando se graba. Cada sonido se percibe diferente cuando suena solo que cuando forma parte del conjunto.

Hay que tener cuidado con los tiempos de reverberación demasiado largos porque pueden enmascarar otros sonidos y provocar una pérdida en la definición de la mezcla.

4.3.2. Retardador

La función del retardador (*delay*) es clara: provocar un retardo temporal en la señal de entrada.

El tiempo de retardo se puede ajustar entre unos cuantos microsegundos y algunos segundos. A la salida del retardador están la señal original y la retardada a un volumen más bajo.

Retardador

Escuchemos cómo suena una señal cuando se aplican un par de retardos con un editor de sonido. Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.

Ahora lo procesamos con un retardo de 75 milisegundos.

Seguidamente lo procesamos con un retardo *multitap* de 300 milisegundos.

Un retardador digital –también conocido por la sigla *DDL*[21]– almacena el sonido en una memoria RAM y, después del tiempo fijado, lo reproduce atenuado.

(21) Sigla de *digital delay line*

Los retardos pequeños, de hasta 30 milisegundos, no se pueden percibir por separado del sonido original (su efecto es parecido al de una *rever*). En inglés, este efecto sonoro de alargamiento se conoce como *fattening* ('engorde').

Con un tiempo de retardo de entre 30 y 60 milisegundos, un sonido se percibe como si estuviera doblado, este efecto en inglés se conoce como *doubling* o *ADT*[22]. Se usan en el procesamiento de voces o instrumentos de cuerda, por ejemplo, para alargar el sonido y aumentar la densidad sonora.

(22) Sigla de *automatic double tracking*.

Los tiempos de retardo más largos, de entre 60 y 100 milisegundos, que se empiezan a percibir con más claridad, se denominan *slap*. A veces, se usan para disimular un mal final de un sonido.

Otra aplicación de los retardadores está en las reproducciones audiovisuales con sonido envolvente. Se aplica un retardo de unos 10 milisegundos en los canales posteriores para reforzar la sensación de que el sonido principal proviene de delante. Se aplica la ley de Haas: todas las señales reflejadas de un

mismo sonido que lleguen con retardos de entre 3 y 30 milisegundos, y que no superen en más de 10 decibelios la señal directa, no afectan a la direccionalidad de la fuente principal y mejoran la inteligibilidad.

Coro	*Flanger*	*Phasing*	Eco

23 24 25 26 27

(27)El efecto de eco

Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de eco con un editor de sonido. Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.

Y ahora el resultado del procesamiento con un eco de 400 milisegundos y varias repeticiones con un decaimiento de 1 segundo.

Para tiempos de retardo superiores a los 100 milisegundos se produce el efecto sonoro de eco, de repetición clara del sonido.

4.3.3. Efectos con modulación de frecuencia y retardo

Estos efectos modulan una parte del espectro de la señal con un oscilador de baja frecuencia (LFO[28]) y después aplican un retardo.

(23)El efecto de coro
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *chorus* con un editor de sonido.
Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Ahora el resultado del procesamiento con el *chorus*.

(24)El efecto de *flanger*
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *flanger* con un editor de sonido.
Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Y ahora el resultado del procesamiento con el *flanger*.

(25)El efecto de *wha-wha*
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *wha-wha* con un editor de sonido.
Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Y ahora el resultado del procesamiento con un *wha-wha* muy exagerado.

(26)El efecto de *phasing*
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *phasing* con un editor de sonido.
Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Y ahora el resultado del procesamiento con el *phasing*.

(28)Sigla de *low frequency oscilator*.

(29)Efectos trémolo y *snipper*
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *snipper* con un editor de sonido.
Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Y ahora el resultado del procesamiento con el tratamiento *snipper*.

31 29 30

(30)Efecto *gapper*
Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de *gapper* con un editor de sonido. Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.
Y ahora el resultado del procesamiento con el tratamiento *gapper*.

(31)Efecto vibrato

Escuchemos cómo suena una señal cuando se le aplica el efecto de vibrato con un editor de sonido. Primero podéis escuchar el fragmento de palabra original.

Y ahora el resultado del procesamiento con un vibrato que tiene una onda moduladora de 2 hercios.

Moduladores en anillo

Los moduladores en anillo aprovechan la intermodulación de frecuencias. Entran dos frecuencias y a la salida se obtienen los sonidos correspondientes a su suma y a su diferencia. Se usan, por ejemplo, en interpretaciones de música electroacústica.

Vocoder

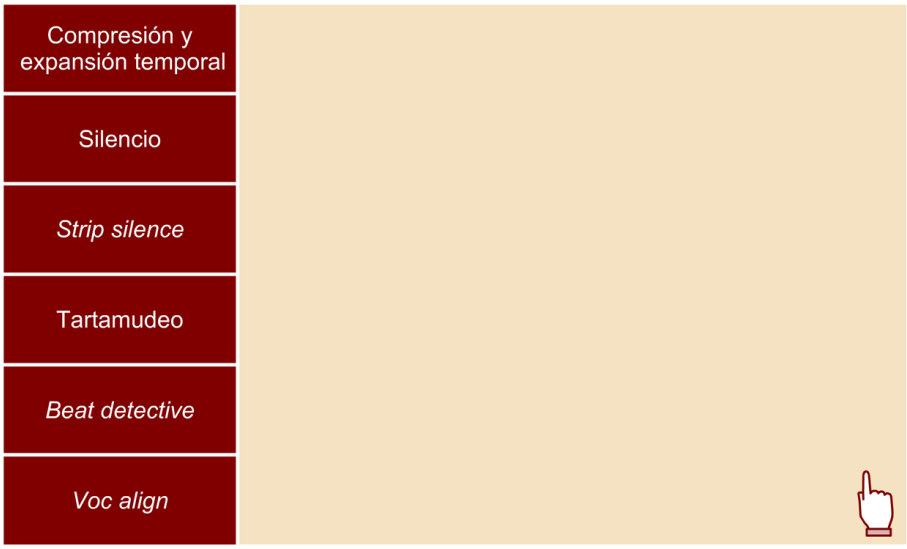
El *voice coder* (vocoder) es un efecto que analiza la palabra y la descompone en tono principal y formantes armónicos. A partir de aquí se puede variar el tono de la voz o cambiar el componente armónico.

El vocoder también permite modular las notas de instrumentos electrónicos midi con la voz.

Además de la música electrónica, el vocoder también se usa para crear efectos especiales de sonido a partir de la transformación de la voz humana.

4.3.4. Efectos de cambio de duración

Hay tres posibilidades: acelerar la grabación y que suene más agudo, retardarla para que suene más grave o cambiar la duración sin que afecte al tono.



33 32 34

(32) Silencio
Escuchemos cómo suena el fragmento de palabra cuando se le aplica un silencio de un segundo en medio con un editor de sonido.

(33) Compresión y expansión temporal

Escuchemos un alargamiento y una aceleración del fragmento de palabra que estamos usando como ejemplo. En ambos casos el tono cambia ligeramente porque la variación es muy forzada. Primero escuchemos el fragmento original.

Ahora lo alargamos de 1 segundo a unos 2,5 segundos.

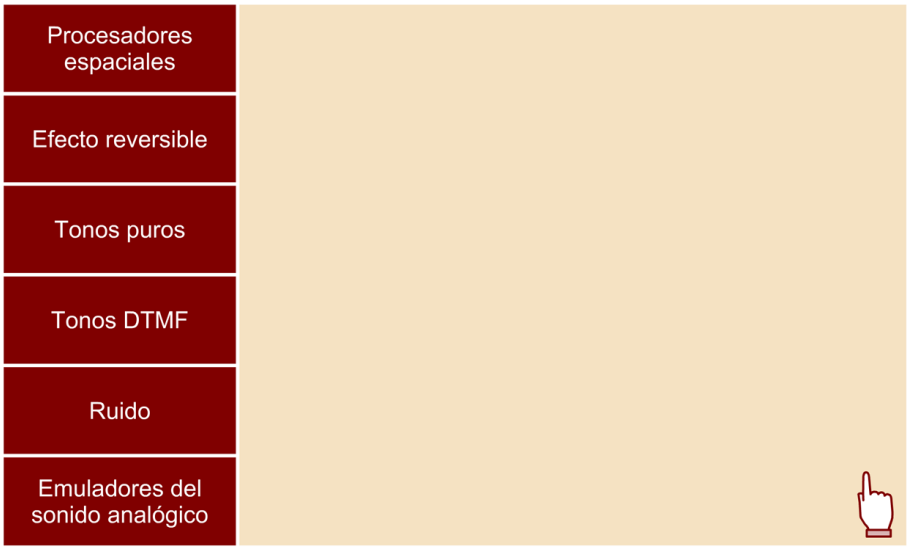
Y a continuación lo escuchamos acelerado, con una duración de unos 0,5 segundos.

(34) Tartamudeo

Escuchemos cómo suena la señal cuando se le aplica el efecto de tartamudeo con un editor de sonido. Primero escuchemos el fragmento original.

Y ahora el resultado del procesamiento con el tartamudeo (*stutter*). La señal está fragmentada unas nueve veces.

4.3.5. Otros efectos



35 38 39 36 37

(35)

Vitalizer
© SPL electronics GmbH

(36) Sigla de *dual tones multi frecuency*.

(37) Tonos DTMF
Escuchemos cómo suenan dieciséis tonos DTMF, generados por un editor de sonido digital, insertados en medio del fragmento de palabra.

(38)Efecto reversible

Escuchemos cómo suena la señal original a la inversa.

Ahora aplicamos una *rever* larga al sonido original, después bajamos bastante el tono y, finalmente, lo reproducimos a la inversa para intentar crear una sensación sonora escalofriante.

(39)Tonos puros

Escuchemos cómo suenan tres ondas sinusoidales generadas por el editor de sonido. La primera tiene una frecuencia de 60 hercios.

La segunda tiene una frecuencia de 440 hercios, que corresponde a la tercera nota musical.

La última tiene una frecuencia de 1.000 hercios, correspondiente a la señal de ajuste que se usa antes de muchas grabaciones o cuando se tienen que hacer ajustes de nivel de audio en conexiones radiofónicas o televisivas.

Resumen

- El reverberador digital crea la sensación sonora de alargamiento y simula las características acústicas de los diversos espacios.

- El *delay* provoca un retardo temporal en la señal de entrada. Entre los retardadores podemos diferenciar el *chorus*, el *flanger*, el *phasing* y el *echo*.

- Los efectos con modulación de frecuencia y retardo alteran el espectro o el volumen de la señal. Son el vibrato, el trémolo, el *snipper*, el *gapper*, el modulador en anillo y el *vocoder*.

- Se puede comprimir y expandir la duración del sonido sin cambiar la tonalidad. Otros efectos temporales son el silencio, el tartamudeo (*stutter*), el *voc align* y el *beat detective*, entre otros.

- Los procesadores psicoacústicos espaciales refuerzan la percepción del sonido estereofónico o del sonido envolvente.

5. Mezcla

La mezcla es un trabajo muy creativo en el que se tiene que conseguir el mejor equilibrio sonoro posible y la máxima claridad de cada elemento que forma parte del conjunto.

Algunos profesionales de la industria audiovisual cinematográfica

Algunos de los profesionales con más experiencia en mezclas cinematográficas del sector audiovisual del Estado español son los siguientes:

- **Ricard Casals**. *Krámpack* (2000), *La mirada del otro* (1998), *Libertarias* (1996), *La pasión turca* (1994), *Jamón, jamón* (1992), entre otros.
- **Joan Vidal**. *Caricias* (1998), *Gracias por la propina* (1997), *Actrices* (1997), *Antártida* (1995), entre otros.
- **Patrick Ghislain**. *Mi vida sin mí* (2002), *Fugitivas* (2000), *Salsa* (1999), *Abre los ojos* (1997), *En brazos de la mujer madura* (1996), entre otros.
- **Ray Gillon**. *El espinazo del diablo* (2001), *Plenilunio* (2000), *Celos* (1999), *El perro del hortelano* (1995), entre otros.
- **José Antonio Bermúdez**. *Hable con ella* (2002), *Sin noticias de Dios* (2001), *Nosotras* (2000), *Todo sobre mi madre* (1999), *Leo* (1999), *Entre las piernas* (1999), *Carne trémula* (1997), *Los peores años de nuestra vida* (1994), entre otros.

En la industria cinematográfica de los Estados Unidos, algunos de los especialistas más destacados en el campo de las mezclas son Walter Murch, Gary Rydstrom –ambos ganadores de varios Oscar al mejor sonido–, Randy Thom, Gary Summers y Shawn Murphy.

Lecturas recomendadas

Encontraréis muchos datos técnicos sobre los canales de entrada y salida de una mesa de mezclas en el temario de la asignatura de la UOC *Fundamentos de tecnología audiovisual*.

En cuanto a libros dedicados a la forma como trabajan los especialistas en mezclas sonoras, destacan los siguientes:

D. Gibson (1997). *The Art of Mixing: A Visual Guide to Recording, Engineering, and Production*. Mix Bookshelf/Mix Books.

B. Owsinski (1999). *The Mixing Engineer's Handbook*. Milwaukee: Mix Books, Hal Leonard Publishing Corporation.

Este último incluye veinte entrevistas a especialistas en mezclas musicales, como Joe Chiccarelli, Lee DeCarlo, Jerry Finn o John Gass.

5.1. El proceso de una mezcla

Antes de empezar a elaborar la mezcla definitiva, como el material sonoro con el que trabajamos (como músicas originales y de CD, voces directas y dobladas, efectos de sala y de CD) tiene varias procedencias –por lo general viene de diferentes estudios–, lo primero que se debe hacer es igualar la sonoridad de todas las pistas de voces, efectos y música.

En una mezcla se crean los diversos planos sonoros, se distribuyen las fuentes espacialmente y se reparten en todo el espectro de frecuencias, mediante la ecualización definitiva de cada una.

Los ajustes de las señales siempre tienen que empezar por los controles de ganancia de las entradas y acabar por los **potenciómetros deslizantes** de las **salidas principales** (o **másteres**).

Ajuste de los niveles de señal

Primero tenemos que ajustar los niveles de los aparatos reproductores en el mismo punto que estaban los de los aparatos grabadores. Por eso hay un tono de ajuste, previo a la grabación, que fijará el nivel nominal de trabajo en –12 decibelios, –18 decibelios o el que fuera.

A grandes rasgos, para encontrar un buen equilibrio se pueden dar estas pautas. En la mesa de mezclas, la ganancia de entrada de un canal tiene que estar menos abierta que su potenciómetro deslizante; este último, menos abierto que el del subgrupo de salida al que se asigna el canal –si lo usamos– y este, a su vez, menos abierto que el potenciómetro deslizante de la salida principal (o máster).

Como el número de pistas que se utiliza es elevado, una de las formas más habituales de afrontar la mezcla final es empezar haciendo una premezcla de los diálogos. Después se hace una premezcla de todos los efectos de sala. A continuación, la de los ambientes y los efectos sincrónicos. Es aconsejable crear estas dos últimas premezclas escuchando también los diálogos, que siempre sirven de referencia. Las músicas también se premezclan aparte. Finalmente, todas estas premezclas se reproducen a la vez y, con los retoques necesarios, convergen en la mezcla final.

A pesar de seguir este criterio es habitual tenerse que enfrentar a pasajes que suenan confusos y caóticos. La única solución es escuchar con atención, identificar los sonidos más importantes y remezclar las veces que sea necesario para mejorar el resultado. Es un proceso que no tiene unas reglas fijas, ya que hay gran cantidad de opciones y variables.

Un proceso sin reglas fijas

Tal como apunta Walter Murch –Oscar al mejor sonido por *Apocalypse Now* (1979) y *El paciente inglés* (1996)–, para crear una sensación sonora simple y natural, a veces se han tenido que mezclar muchos sonidos, a pesar de que parezcan un único sonido. En cambio, en otros casos, el sonido aparentemente complejo de una secuencia de acción se puede

resolver escogiendo unos pocos elementos: "Lo que es simple puede ser complejo y lo que es complicado puede ser simple".

Las premezclas y la mezcla final se van creando en secuencias temporales cortas, que nos permitan tener el control absoluto de todas las pistas. Las mesas digitales guardan en la memoria las posiciones exactas de todos los potenciómetros deslizantes que se han usado y permiten repetir los fragmentos de forma automatizada tantas veces como se quiera.

Si se usa un editor gráfico de sonido, la mezcla no se puede hacer en tiempo real. Hay que ir pista por pista, escoger los fragmentos y ajustar el volumen. Normalmente los editores muestran el nivel del canal con una línea. Cuando esta línea sube o baja, el volumen del margen escogido aumenta o cae.

El último paso del proceso, que deja el trabajo listo para transferirlo al soporte final que escuchará el público, se conoce con el nombre de **masterización** (o ***mastering***).

Cuando mezclamos, tenemos que escuchar el sonido con el volumen alto para poder percibir bien todos los matices de nivel y de distribución espacial y espectral. Hay que tener muy presente que una misma mezcla no suena igual a un volumen alto, cuando se reproduce, por ejemplo, en una sala de proyección cinematográfica, que a un volumen más bajo, cuando se escucha en un monitor o televisor.

Conviene hacer versiones ligeramente diferentes de una misma mezcla para las copias destinadas a las salas de proyección y para las que se distribuirán en formato DVD.

También influyen de forma decisiva las características de los sistemas electroacústicos empleados y la acústica de la sala. Lo ideal es poder escuchar la mezcla en un entorno similar al del lugar donde se reproducirá.

Criterios para la elaboración de mezclas

Resumimos algunos de los criterios que se siguen en las mezclas musicales:

Bobby Owsinski, en el libro *The mixing engineer's handbook*, habla de tres grandes estilos que han marcado escuela:

1) El sonido Nueva York, que usa mucha compresión para obtener un sonido agresivo con mucho golpe rítmico (*punch*). Un ejemplo serían los trabajos de Ed Stasium en álbumes como *She's the boss*, de Mick Jagger.

2) El sonido LA (Los Ángeles), que intenta dar un sonido natural. Es el caso de álbumes de los Doobie Brothers y Van Halen.

3) El sonido de Londres, que juega mucho con los efectos y la profundidad de la mezcla. Un ejemplo sería el álbum *Owner of a Lonely Heart*, de los Yes.

En los Estados Unidos, subestilos de estos serían los sonidos Filadelfia, Memphis o Nashville, entre otros.

Para mezclar un conjunto de pop o rock que se ha grabado con técnica multimicrofónica en varias pistas, normalmente se empieza por la base rítmica (*foundation*), batería y bajo. Después se añaden los instrumentos que la completan (*rhythm*) –como las congas o la guitarra– y los que llevan la parte melódica, que llenan los espacios entre los instrumentos solistas (*fills*). El proceso se acaba con la inclusión de los instrumentos solistas y las voces (*lead*).

Hay que tener una buena base rítmica –por lo tanto, el bombo, la caja y el bajo han de tener la máxima presencia– y después ir construyendo el resto de la mezcla, destacando y enfatizando los instrumentos más importantes en cada momento.

En la música pop y rock no se diferencian mucho los planos sonoros. Todo está muy comprimido y suena alto para que quien lo escuche note perfectamente el ritmo.

Los instrumentos se diferencian más bien por los timbres, por el ecualización y por la distribución en el espacio, con el uso de los panorámicos de la mesa.

Los diversos instrumentos se reparten de forma que creen una sensación de amplitud espacial. Conviene que estén muy repartidos, de forma que los dos canales estereofónicos estén muy equilibrados y no dé la sensación de que uno pesa más que el otro.

Por lo general, en el centro se ponen el bombo, la caja, el bajo y las voces. El resto de instrumentos se distribuyen, los unos más a la derecha y los otros más a la izquierda, para que se puedan distinguir lo mejor posible. Por ejemplo, si el*charles* de la batería va en el canal derecho, la guitarra mejor que vaya en el izquierdo para que la parte con más brillo se perciba mejor.

No queda otro remedio que ir probando varias opciones, decidir si gustan o no y llegar al mejor equilibrio final posible.

Resumen

- La mezcla es un trabajo muy creativo en el que se debe lograr el mejor equilibrio sonoro posible y la máxima claridad de cada elemento que forma parte del conjunto.

- Con la mezcla se crean los diversos planos sonoros, se distribuyen las fuentes espacialmente y se reparten en todo el espectro de frecuencias, mediante la ecualización definitiva de cada una.

5.2. Parámetros de una mezcla

En una mezcla hay que saber jugar con seis parámetros.

Definición

Es fundamental que se puedan distinguir bien todos los sonidos que intervienen en un instante y a lo largo del tiempo.

Para lograr una buena definición instantánea, hay que tener presente que un sonido que esté entre unos 15 y 20 decibelios por encima de otro, en especial si tiene un componente en frecuencia similar, lo enmascarará. Los sonidos graves tienen más tendencia a enmascarar que los agudos.

La definición en el tiempo consiste en poder identificar perfectamente los sonidos a medida que aparecen.

Se tiene que evitar que un sonido se alargue en exceso y enmascare el siguiente. En ese caso, el secreto está en no abusar de los tiempos de reverberación demasiado largos que empastan el sonido.

Presencia o intimidad

La presencia o intimidad (plenitud) es la sensación de proximidad a la fuente sonora.

Para tener plenitud sonora, primero se tienen que haber colocado bien los micrófonos en el momento de la grabación. En el estudio se puede reforzar la presencia con el uso de algunos efectos, como los retardos muy rápidos o una ecualización que enfatice el timbre de la señal.

Dinámica

La dinámica es la diferencia entre los niveles más altos y los más bajos de la mezcla. Hay que saber jugar con los volúmenes y sus contrastes para tener un conjunto variado y atractivo.

Dinámicas variadas

Hay algunos estilos musicales que no aprovechan la dinámica y tienen como característica intrínseca mantenerse siempre en la parte más alta de los niveles de sonido, como el *heavy metal* y derivados. Eso también pasa en las mezclas de la mayoría de anuncios; la publicidad suena en todo momento, cuanto más alto mejor, para que el volumen de un anuncio nunca esté por debajo del de otra marca.

Los compresores ayudan a mantener la dinámica de la mezcla dentro de un margen determinado y a evitar saturaciones indeseables.

Planos sonoros

Dentro del margen dinámico podemos tener varios planos sonoros superpuestos. Unos sonidos predominarán, estarán en primer plano, y otros actuarán de apoyo y se mantendrán en un segundo o tercer plano. Cada capa puede estar formada por decenas de sonidos simultáneos.

Debemos diferenciar dos tipos de **superposiciones sonoras**:

1) En la música, puede haber decenas y decenas de instrumentos afinados tocando octavas de la misma nota. En ese caso, la superposición (la mezcla) es **armónica** y permite añadir tantas fuentes como se quiera.

2) Por otro lado, cuando entran en acción los diálogos y los efectos de sonido, la mezcla **no** es **armónica** y hay un límite de capas antes de que el conjunto resulte confuso y suene como un ruido indescifrable. Walter Murch considera que el límite razonable está en cinco capas, que son voz, música y tres de efectos. En algunos casos, es mejor no superar las tres capas superpuestas.

La misteriosa ley del dos y medio

En 1989, Walter Murch, en una conferencia titulada *Claridad densa. Densidad clara*, pronunciada en la Escuela Internacional de Cine y TV de San Antonio de los Baños (Cuba), justificaba así "la misteriosa ley del dos y medio".

"Si los sonidos se acumulan en una región del espectro, el límite de capas es de dos y medio […]. Gracias a la dualidad izquierda-derecha del cerebro humano, se puede trabajar con cinco capas siempre que la carga sonora esté repartida igualmente en todo el espectro […]. En cualquier momento de una película, el máximo que puede ser tolerado por la audiencia son cinco capas si se quiere mantener una sensación clara de elementos individuales, si se quiere experimentar simultáneamente densidad y claridad."

En la conferencia, Much daba un ejemplo concreto de cuando hizo las mezclas de *Apocalypse Now*. Se trata de una parte de la secuencia del ataque que llevan a cabo el grupo de helicópteros de Kilgore, desde el aterrizaje en la playa de su helicóptero hasta que uno explota y Kilgore dice: "I want my men out".

Tenía unas ciento setenta y cinco pistas, premezcladas en seis grupos que, por orden de importancia, eran estas:

1) diálogos;
2) helicópteros;
3) música (*Las valquirias*);
4) fuego de armas (AK-47 y M-16);
5) explosiones (morteros, granadas, artillería pesada);
6) pasos y efectos de sala.

Todo este material, justificado por lo que pasaba en pantalla, estaba distribuido en seis canales de sonido envolvente.

Cuando hizo el ensayo de la mezcla final, Murch se encontró que en algunos momentos todo junto creaba una bola de ruido. Por eso, optó por eliminar por completo todo un grupo en ciertos instantes. Por ejemplo, eliminó la música cuando un soldado del helicóptero no quiere salir y dice "I'm not going!, I'm not going!", a pesar de que de los altavoces que llevaba aquel helicóptero salían *Las valquirias* y es cuando tenía que sonar más fuerte. Muchos espectadores ni se dan cuenta y creen que la música sigue sonando.

Distribución espacial

Saber aprovechar la reproducción multicanal da movilidad al sonido y contribuye a identificar con más claridad las fuentes que suenan en simultáneo.

Hay que recordar que las frecuencias graves siempre se radian de forma omnidireccional, mientras que las agudas son las verdaderamente directivas.

Un hecho curioso es que a menudo no hay concordancia entre la procedencia del sonido y la posición visual que ocupa en pantalla el objeto o la persona que lo genera, y el espectador lo acepta perfectamente.

Parece que cuando el cerebro descodifica alguna información referida al contenido de lo que pasa –una información sonora lingüística–, no es tan importante de dónde procede el sonido. En cambio, cuando el sonido está incorporado al movimiento de lo que pasa en pantalla, hay que conservar la concordancia, ya que el cerebro en aquel momento sí se fija. En el primer caso se puede trabajar perfectamente en mono y en el segundo es cuando se tienen que aprovechar las posibilidades que dan la estereofonía y el sonido envolvente.

El incremento del número de canales de reproducción permite poner menos sonidos en cada altavoz. Por ejemplo, en el sistema SDDS (7.1) podríamos tener esta distribución frontal: música (izquierda), efectos (centro izquierda), diálogos (centro), efectos (centro derecha) y música (derecha).

Los diálogos

Normalmente los diálogos siempre se ponen en el centro, sin tener en cuenta la posición de los personajes en pantalla. Aunque parezca extraño, el espectador asocia que las voces vienen del lugar que ocupan los personajes.

La reproducción multicanal facilita la comprensión de los diálogos. Si se emiten los diálogos por el altavoz frontal central, en ambientes ruidosos, las voces se entenderán mejor que si se reprodujeran por los altavoces de la izquierda y de la derecha, juntamente con los efectos.

También es bastante habitual en muchas escenas mantener los diálogos siempre en primer plano aunque los encuadres se abran y, por lo tanto, visualmente los personajes aparezcan más lejos.

Como es independiente de la escena, la música extradiegética se reproduce en estéreo y también se puede reproducir aprovechando los canales de sonido envolvente para sumergir todavía más al espectador en la escena.

Los efectos sincrónicos y de sala -sonidos muy concretos– se sitúan en el lugar que manda la acción que se ve en pantalla, en especial si se quiere que el espectador se fije en ellos. Por ejemplo, si un personaje anda de izquierda a derecha de la pantalla mientras habla con otro, los pasos de los dos se pueden poner en el centro con el diálogo. Si no hubiera diálogo, se podría usar el panorámico de forma que el sonido de los pasos siguiera la posición en pantalla de los personajes.

Los ambientes sonoros se pueden poner en estéreo o emitirse por los canales de sonido envolvente para dar la sensación al espectador de que está dentro de la acción que ve en pantalla.

Profundidad

Además de la distribución frontal o envolvente, también debemos considerar la sensación de profundidad sonora, distribución de perspectiva.

La sensación de profundidad se puede conseguir en la mezcla con el uso de la *rever*. Cuanta más reverberación, más sensación sonora de lejanía. Cada fuente sonora tendrá que tener su propia reverberación, según las características tímbricas y el plano que tenga que ocupar en la mezcla.

Resumen

- El límite razonable de capas sonoras superpuestas está en cinco: voz, música y tres de efectos. En ciertos casos es mejor no superar las tres.

- Los parámetros que caracterizan los elementos sonoros que forman parte de una mezcla son la definición, la presencia, la dinámica, los planos sonoros, la distribución espacial y la profundidad.

5.3. Los estudios de mezclas

En los Estados Unidos, uno de los estudios especializados en mezclas cinematográficas más importantes es Skywalker Sound, de Lucas Film Digital Ltd. Tiene seis salas de mezcla. Las tres más grandes –Mix A, G y D– tienen mesas digitales como la AMS Neve Capricorn. Este modelo, completamente automatizado, tiene noventa y seis potenciómetros deslizantes –que pueden controlar ciento setenta y seis fuentes de entrada analógicas o digitales– distribuidos en tres unidades para facilitar las asignaciones de canales a los tres operadores que la controlan (AFU, *assignable facilities units*).

Sala de mezclas del estudio de sonido Skywalker Sound, de Lucas Film Digital Ltd.
© AMS Neve plc

Lecturas recomendadas

Para saber más sobre las posibilidades de crear un pequeño estudio en casa, diseño, material necesario y la forma de trabajar, podéis consultar los libros siguientes:

David Mellor (2003). *How to Set Up a Home Recording Studio* (3.ª ed.). Kent: PC Publishing.

Mike Shea; F. Alton Everest (2002). *How to Build A Small Budget Recording Studio From Scratch* (3.ª ed.). Nueva York: TAB Electronics (McGraw-Hill).

Paul White (AÑO). *Basic Home Studio Design*. Reino Unido: Sound on Sound.

En estas salas se han hecho las mezclas de algunos episodios de la saga de *Star Wars* y de películas como *Contact* (1997), con Randy Thom como ingeniero jefe, o *Titanic* (1997), con Lora Hirschberg, Tom Johnson, Gary Rydstrom y Gary Summers como responsables.

Las salas Mix G y D tienen mesas analógicas Solid State Logic SL-5000 de sesenta y cuatro canales, también diseñadas para ser llevadas por tres operadores. En ellas se han mezclado películas como *Jurassic Park. El mundo perdido* (1997), de Shawn Murphy, Gary Rydstrom y Gary Summers, *Hércules* (1997), de Shawn Murphy y Gary Rydstrom, o *The Game* (1997), de Willie Burton, Michael Semanick y David Parker.

Algunos de los estudios más importantes de Barcelona especializados en las mezclas de sonido de películas son Sonoblok, 103 TODD-AO Estudios y QT Lever. En estos estudios se mezclan películas de producción nacional y las versiones de las películas dobladas al castellano y catalán.

De los muchos estudios profesionales de grabación y mezcla musical ponemos como ejemplo visual tres de las salas que tiene Sound on Sound Recording en el corazón de Manhattan, Nueva York. Ahí se han hecho las bandas sonoras de películas como *Blues Brothers 2000*, *Mistery Train*, *Pocahontas* y *Psycho*; trabajos para televisión como *Anastasia*, *The Late Show*, *MTV Music Video Awards*, *Saturday Night Live New Years*, y han grabado centenares de discos artistas internacionales como Eric Clapton, Mariah Carey, Santana, Tito Puente, Britney Spears o Suzanne Vega.

© Sound on Sound Recording

5.3.1. Monitores de estudio

Los monitores de un estudio profesional forman parte de un sistema acústico más general que estará determinado por las características arquitectónicas de la sala. Es decir, para obtener una buena respuesta con unos monitores de calidad, será necesario que la sala de control tenga unas características acústicas favorables y que haya sido tratada con los materiales acústicos necesarios.

La respuesta general del sistema tiene que ser cuanto más plana mejor. Un ecualizador gráfico ayuda a compensar las atenuaciones o coloraciones producidas por la cadena electroacústica o el local.

La respuesta del control

Para medir la respuesta del control se puede aplicar ruido rosa a los altavoces –que decrece a 3 decibelios por octava– y medir con un buen micrófono y un analizador de tercio de octava si el espectro es constante o no.

© D.A.S. Audio, SA

Muchos estudios tienen las cajas acústicas de alta potencia empotradas en la pared. Si este espacio está revestido de material absorbente y el monitor encaja perfectamente, el altavoz solo tendrá radiación frontal, que simula la radiación en campo libre.

En la sala de mezclas, conviene tener los monitores de alta potencia algo alejados de la mesa para oír bien la definición y los planos sonoros de la mezcla.

Estos monitores tienen que poder producir unos 115 decibelios A a un metro. Su respuesta en frecuencia tiene que ser plana entre los 35 y los 20 kilohercios y con la mínima distorsión posible. Se puede usar un monitor *bass reflex* de dos vías, para los graves y los medios, y una bocina para los agudos.

También es recomendable tener un sistema de monitores de baja potencia para simular las condiciones de escucha domésticas. Con estos monitores, más cercanos, también se puede escuchar el sonido en condiciones de campo próximo y minimizar el efecto acústico de la sala.

Y todavía podríamos encontrar una tercera clase de monitores: dos altavoces pequeños, sobre la mesa de mezclas, para simular el sonido de un televisor.

Resumen

- Los grandes estudios especializados en mezclas cinematográficas tienen mesas digitales con unos cien canales de entrada.

- Los monitores de un estudio profesional forman parte de un sistema acústico más general, que estará determinado por las características arquitectónicas de la sala. La respuesta general del sistema tiene que ser cuanto más plana mejor.

6. Reproducción

Cuando se prepara el diseño de una sonorización hay dos parámetros básicos, el tipo de mensaje sonoro y el volumen que se quiere lograr en la sala o al aire libre.

6.1. La reproducción musical

En cuanto al mensaje sonoro, a grandes rasgos, podemos dar los criterios siguientes. Los grupos de animación o los cantautores se pueden sonorizar con poca potencia, ya que no se usa el margen de frecuencias más grave ni el público los tiene que escuchar con un volumen muy alto. Si la música es grabada, la que usa un pinchadiscos, basta con una cuarta parte de la potencia necesaria para sonorizar un grupo que toca en directo en aquel lugar.

Las actuaciones en directo de los grupos musicales se conocen con el nombre de bolos. En un bolo medio, se puede empezar a montar la instalación hacia las tres de la tarde. Unas cuatro personas pueden montar un equipo de 60.000 W de luz y 10.000 W de sonido en unas cuatro horas, aproximadamente. Esto significa que hacia las seis o siete de la tarde se puede hacer la prueba de sonido con los músicos y dejarlo todo a punto para la actuación de la noche.

En estos montajes hay dos mundos, el del sonido exterior, para el público (*public address* o PA), y el del sonido de los monitores del escenario, para los músicos.

Todas las formaciones estables tienen su técnico de sonido propio, que normalmente es quien elabora la mezcla para el público (PA) o bien da las instrucciones al técnico que se encarga de ello; en una hora y media puede mezclar diecisiete o dieciocho temas, mientras que en un estudio se puede pasar toda la jornada para hacer la mezcla de un tema. En cambio, normalmente el técnico de sonido de monitores no forma parte del grupo. Su papel parece secundario, pero no lo es, así si un músico no se oye bien por los monitores, no puede tocar a gusto y la actuación se resentirá.

Otro elemento importante es el *rider*: la relación de los instrumentos que lleva el grupo, el modelo de micrófonos que se pide para cada instrumento y el croquis con el montaje técnico necesario. El grupo tiene que enviar este informe a la empresa encargada de la sonorización unas semanas antes de la actuación.

La sonorización musical en directo

A continuación, recogemos el completo y detallado *rider* de uno de los tres posibles montajes de directo del conjunto de folclore canario Los Gofiones, formado por casi treinta músicos. Desde 1968, este grupo ha actuado, entre otros, con Celia Cruz, Joan Manuel

Serrat, José Manuel Soto, Celina Rodríguez y Silvio Rodríguez, además ha participado en festivales como el WOMAD.

Lista de canales

- Según Lista de Canales 3.
- 6 kilovatios para interiores en dos vías mínimo. En exteriores, consultar con el técnico del grupo la potencia que es preciso instalar;
- 1 mesa de 32 canales cono 8 subgrupos perfectamente iluminada;
- 1 multiefecto digital;
- 1 ecualizador de 31 bandas estéreo para PA;
- 1 ecualizador de 31 bandas estéreo para monitores en los envíos 1 y 3;
- 1 reproductor profesional de CD;
- 11 monitores iguales mínimo 300 W c/uno; los dos de las púas se conectan directamente a la mesa amplificada con conector *speakon*;
- 15 micrófonos SHURE SM 58;
- 5 micrófonos SHURE SM 57;
- 2 micrófonos AKG 535 o similar;
- 5 cajas de inyección.

Lista de Canales 3

Pa	Monitor	Instrumento	Micrófono
Canal	Canal		
1	1	Púas L	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
2	2	Púas R	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
3	3	Timple	AKG C 391 B
4	4	Contra	AKG C 391 B
5	5	Guitarra 1	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
6	6	Guitarra 2	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
7	7	Percusión 1	AKG C 535 EB
8	8	Percusión 2	AKG C 535 EB
9	9	Bajo	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
10	10	Tres	D.I. BSS AR 116 con adaptador AR117
11	11	Conga	SHURE SM 57
12	12	Tumbadora	SHURE SM 57
13	13	Pailas	SHURE SM 57
de 14 a 28	de 14 a 28	Voz	SHURE SM 58

Listado de *back line* (solo para actuaciones fuera de Gran Canaria)

- 1 juego de congas LP sin soporte;
- 1 bongo LP sin soporte;
- 1 juego de pailas LP con soporte para campana;
- amplificador Trace Elliot para bajo.

Sistema de iluminación

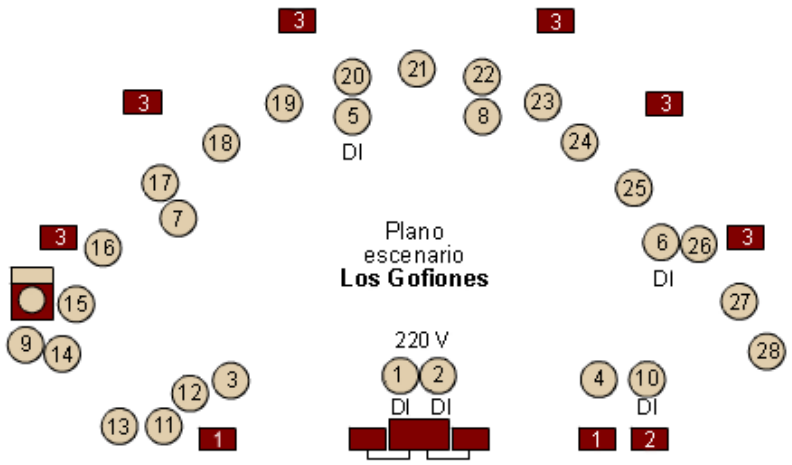
- 1 sistema de mesa de iluminación más *dimmers* necesarios;
- 48 lámparas par 64 divididas en: 24 traseras del n.º 1 y 24 delanteras del n.º 5;
- 4 Ianiros de 2 kW en el puente delantero orientados al escenario;
- 2 cegadoras de 8 lámparas;
- 1 puente trasero;
- 1 puente delantero.
- La empresa que se encargue del acto pondrá a disposición de Los Gofiones un técnico de iluminación profesional.

Varios

- Diez sillas resistentes sin apoyabrazos;
- línea para el intercom entre el control de PA y el escenario (el intercom lo aportan Los Gofiones);
- toma de corriente en el centro del escenario para la mesa que aporta Los Gofiones (cerca de los canales 1 y 2) y otra cerca del canal 10 para el amplificador del bajo.

Muy importante

Si es imposible cumplir alguna de las especificaciones relacionadas en este *rider*, es **imprescindible** ponerse contacto con el técnico de Los Gofiones al menos cinco días antes de la celebración del acto.



© Los Gofiones

En toda actuación, la parte eléctrica siempre es un punto muy delicado. A quien contrata una sonorización se le envía una hoja técnica en la que se explica el consumo que se necesita para alimentar las etapas de potencia y los equipos de iluminación.

Aspectos eléctricos

Líneas de 100 amperios por fase permiten trabajar con unos 10.000 vatios de sonido y unos 5.000 de luz, por ejemplo. Con unos 63 amperios por fase hay suficiente para alimentar el equipo de un grupo medio.

Los problemas pueden venir por los picos de consumo que se pueden producir y por la mala distribución del consumo entre las fases. Por ejemplo, cuando no se puede trabajar con 380 voltios y se trabaja con 220 voltios sin convertidor.

La evolución tecnológica y las preferencias del público han hecho variar bastante, en el tiempo, los criterios de la potencia necesaria para las sonorizaciones musicales en directo.

En los años setenta, la marca de altavoces JBL recomendaba calcular 1 vatio por persona. En los noventa ya se hablaba de 4 vatios y cualquier grupo musical ya contrataba equipos amplificadores de 5.000 o 6.000 vatios. En aquel momento, grupos como Los Rebeldes, La Unión o Loquillo actuaban al aire libre con equipos de 24.000 vatios.

Algo importante que hay que tener presente es que si se quieren usar 4.000 vatios de potencia conviene llevar un equipo de unos 6.000 vatios, de forma que las etapas de potencia trabajen con comodidad y con la distorsión mínima. Por esta razón, es conveniente sobredimensionar un poco la potencia de los equipos.

Pero que un equipo tenga 4.000, 5.000 o 6.000 vatios, en el fondo, no dice gran cosa. Hay que hablar de la presión sonora que podemos obtener. Es decir, lo que es útil para una sonorización es saber cuántos decibelios de pico y de programa (continuos) nos dará un equipo en el lugar donde esté el público. Muchas veces se necesita llegar a niveles de 120 decibelios a 30 o 40 metros del escenario. Esto es lo que cuenta y no la potencia empleada para conseguirlo.

A niveles de presión elevados, una cierta distorsión parece que contribuye a crear la sensación subjetiva de más volumen.

Consideraciones prácticas sobre la distorsión

Ferran Vercher, especialista en sonorización musical de La Rulot Music, ha comprobado con un sonómetro que si se ponen dos equipos en paralelo en un mismo espacio, el primero con 130 decibelios de presión acústica con baja distorsión y el segundo con 128 decibelios y un nivel de distorsión más alto, el público cree que suena más fuerte el segundo. Parece como si el cerebro estuviera acostumbrado a unas determinadas distorsiones y las asociara a la potencia.

Otra consideración práctica que apunta Ferran Vercher es que si se empieza un concierto trabajando a una media de 110 decibelios, cuando han pasado unos minutos el público ya no tiene la misma sensación de presencia y esto obliga a ir subiendo, poco a poco, los niveles de amplificación hasta llegar a los 120 decibelios.

Es difícil dar valores de potencias para varios espacios por la cantidad de variables que intervienen. Como orientación podríamos dar las siguientes magnitudes para trabajos profesionales:

- Para las sonorizaciones exteriores en espacios pequeños (una plaza de pueblo), se podrían usar unos 6.000 vatios RMS.

- Para los locales y salas de concierto medios (aforos de mil personas), entre 6.000 y 12.000 vatios RMS.

- Para los locales y salas de concierto grandes o las macrodiscotecas (aforos de dos mil personas), unos 12.000 vatios RMS. Si se usan *subwoofers*, la potencia tendría que subir hasta los 15.000 vatios RMS.

- Un Palau Sant Jordi (unos veinte mil espectadores) necesitaría unos 40.000 vatios RMS para un recital con el público sentado y, si se trata de un concierto de rock, con la gente saltando y bailando, la potencia se tendría que acercar a los 70.000 vatios RMS.

- Para los estadios, sería necesario un mínimo de 100.000 vatios RMS y un equipo con buen rendimiento. Los Rolling Stones han actuado en estos espacios con etapas de potencia de 300.000 vatios RMS.

Empresas catalanas especializadas en sonorizaciones

Cuatro empresas catalanas especializadas en sonorizaciones profesionales son:

- La Rulot Music (pasaje Torrent de l'Estadella, 24, Barcelona. Tel. 93 278 81 02).
- Sonostudi, SA (calle Almogàvers, 166, Barcelona. Tel. 93 300 16 30).
- Stereorent (creada en 1985; calle Frai Juníper Serra, 44 bis, Barcelona. Tel. 93 498 09 80).
- Tripleonda (riera de Argentona, s/n, Mataró. Tel. 93 741 28 28).

Resumen

- Siempre es conveniente sobredimensionar un poco la potencia de los equipos para que trabajen cómodamente y con la mínima distorsión.

- Lo importante en el momento de diseñar o contratar una sonorización es saber cuántos decibelios de presión sonora tendremos en el lugar donde está el público, independientemente de la potencia empleada para conseguirlo.

6.2. La reproducción multicanal cinematográfica

El sonido envolvente multicanal ha contribuido a reforzar el espectáculo sonoro cinematográfico. En cuanto a la reproducción musical, también empiezan a aparecer formatos, como el DVD-audio, que permiten distribuir los instrumentos en seis canales. El pianista Herbie Hancock ya ha grabado algún disco aprovechando esta posibilidad; cabe recordar que en los años setenta ya se hicieron grabaciones cuadrafónicas en vinilo.

Los discos cuadrafónicos

Los discos cuadrafónicos aparecieron en Japón en 1971. El sistema System Quadraphonic (SQ) o CD 4 (*compatible discrete 4 channel*) permitía grabar cuatro canales de una cinta magnetofónica en un disco de vinilo estereofónico. Para poder escuchar un disco grabado

en SQ se necesitaba una aguja birradial o bielíptica, un descodificador especial y cuatro altavoces. El sistema SQ era compatible con la lectura estereofónica.

La distribución espacial da movilidad al sonido y contribuye a la identificación de las fuentes sonoras simultáneas.

Sea cual sea el sistema de reproducción, hay que tener siempre presente que las frecuencias graves se radian de manera omnidireccional, mientras que las agudas se perciben de una forma más directiva.

Otra particularidad de los diseños electroacústicos de sonido envolvente es que tienen en consideración el efecto Hass y retardan el sonido que sale por los altavoces posteriores unos 10 milisegundos. Que el sonido trasero llegue 10 milisegundos después que el frontal garantiza que el espectador se concentre más en el sonido que le llega de delante.

Sonido estéreo

La primera película reproducida en estéreo fue *Fantasía* (1941), empleando un sistema de doble banda: en una película estaba la imagen y en otra, las tres pistas ópticas de sonido.

En la década de los cincuenta se da un paso adelante en la calidad del sonido cinematográfico, cuando Todd-AO incorpora bandas magnéticas de audio a la película.

En 1953, la 20th Century Fox estrena la primera película en cinemascope y aprovecha las nuevas posibilidades de tener cuatro pistas magnéticas en el formato de 35 milímetros (izquierda, centro, derecha y envolvente) y seis en el de 70 milímetros (izquierda, centro izquierda, centro, centro derecha, derecha y envolvente).

Esto mejoró considerablemente la calidad de sonido del cine: el margen de frecuencias iba de los 40 a los 15.000 hercios y la dinámica llegaba a los 55 decibelios. Los cines podían llegar a tener cinco altavoces detrás de la pantalla y tres altavoces en la sala.

Una curiosidad, según explica John Belton –*Widescreen cinema* (Cambridge: Harvard University Press, 1992)–, es que las películas de la Fox intentaban aplicar el efecto estéreo a los diálogos, mientras que a los técnicos de la Metro, la Warner, la Columbia y la Universal no les convencía el efecto de ping-pong que se producía a veces y los siguieron reproduciendo en mono. Por otro lado, las películas de la Columbia de la época nunca usaron el cuarto canal de sonido envolvente.

En los años setenta aparece el sistema Sensurround, que añadía una nueva pista y obligaba a instalar un amplificador y un altavoz especial para la reproducción de los subgraves en las salas de cine. Daba un sonido más potente que pretendía tener efectos en el subconsciente del espectador. El cine catastrofista de la época pudo sacar partido.

Dolby Stereo

En el año 1970 se produce uno de los avances más importantes en la mejora de la calidad del sonido óptico. Los Laboratorios Dolby presentan la aplicación del Dolby A –reductor de ruido para cinta magnetofónica– en el soporte cinematográfico. Nace el Dolby Stereo. La película de Stanley Kubrick *La naranja mecánica* (1971) fue la primera que empleó este formato.

El sistema, compatible con los sistemas anteriores de reproducción estéreo y mono, logró una buena respuesta en frecuencia entre los 50 y los 12.500 hercios y una dinámica de 60

decibelios A, que incrementaba en 10 decibelios la dinámica del sonido óptico monoaural. La diafonía era de 20 decibelios A.

En 1976, se presenta el Dolby Stereo óptico de cuatro canales: dos delante y dos a los lados para obtener un sonido lo más abierto posible.

En 1978, llegó el sonido envolvente al formato de 70 milímetros, pistas magnéticas de audio.

Dolby Spectral Recording (Dolby SR)

El formato Dolby Spectral Recording, o Dolby SR, presentado en 1987, codifica cuatro canales: izquierdo, centro, derecho y envolvente (posterior) monofónico. Además, tiene un canal para los subgraves. Mejora las características técnicas del Dolby Stereo -sube la dinámica hasta los 75 decibelios A y la respuesta en frecuencia hasta los 15.000 hercios– y define con más precisión el sonido frontal que el Dolby Surround, al añadir un canal central. La diafonía sigue siendo de unos 20 decibelios A. El canal posterior se reproduce con un retardo de unos 20 milisegundos para evitar problemas con las fases de las señales. Este canal solo reproduce de 7 kilohercios hacia abajo.

6.2.1. Soportes digitales de reproducción multicanal para salas de exhibición

Los sistemas digitales de reproducción tienen dinámicas muy altas, de unos 100 decibelios A, y márgenes de respuesta de frecuencia que alcanzan todo el espectro audible, de 20 a 20.000 hercios.

Lectura recomendada

Para saber más sobre el sonido envolvente, os recomendamos el libro del creador del sistema THX:

T. Holman (1999). *5.1 Surround Sound: Up and Running*. Oxford: Focal Press.

Otra característica importante de todos estos sistemas es que la señal de un canal no afecta nunca al de otro, valores de diafonía de unos 100 decibelios A.

En las salas de exhibición, los sistemas de banda simple, como el Dolby Digital o el SDDS[40], almacenan los 0 y 1 en forma de píxeles, transparentes o negros, en la película. En cambio, el sistema DTS[41], de doble banda, almacena el sonido digitalizado en un soporte externo que avanza en sincronía con el paso de la película.

(40) Sigla de *Sony dynamic digital sound*.

(41) Sigla de *digital theater systems*.

El sonido cinematográfico, en los formatos de exhibición profesional, está duplicado. Aunque se usen los sistemas de reproducción digitales, todavía se utilizan las pistas analógicas de sonido óptico en las copias de la película. Estas pistas se conservan para poder reproducir las copias en salas que no tengan instalado el sistema de reproducción digital y como elemento de seguridad; así, si la lectura digital falla, el reproductor conmuta automáticamente a la lectura analógica.

El sistema Dolby Digital es el más empleado en las salas de exhibición, después viene el DTS y el menos habitual es el SDDS.

Formatos de reproducción multicanal para salas de exhibición

Antes de que se presentara el Dolby Digital, en 1992, salieron al mercado dos formatos:

1) Cinema Digital Sound: la primera reproducción de sonido digital en película fotográfica fue presentada en los Estados Unidos en abril de 1990 por Kodak y la Optical Radiation Corporation con el nombre de Cinema Digital Sound. Inicialmente, la presentación se hizo en formato de 70 milímetros y a finales de 1990 ya existía la versión para 35 milímetros. En este formato, la banda fotográfica sonora analógica era sustituida por marcas ópticas de información binaria. Esta banda digital contenía nueve pistas: seis canales de sonido, una pista con el código SMPTE, otra con código MIDI y la novena con información de control. Los seis canales de sonido se distribuían así: derecho, centro, izquierdo, dos canales de sonido envolvente y uno de subgraves (de 20 a 100 hercios). La primera película proyectada en Cinema Digital Sound fue *Dick Tracy* (1990).

2) LC Concepts: esta empresa desarrolló en Francia un sistema propio de reproducción cinematográfica de doble banda. Un disco magnetoóptico de audio –de doble cara y montado en un cartucho– reproducía en sincronía con la imagen el sonido digital, siguiendo el código de tiempo SMPTE impreso ópticamente entre las perforaciones y el extremo de la película. Como la pista de sonido óptico no se usaba, permitía mantener la copia sonora analógica. El disco tenía una duración de dos horas y veinticinco minutos. El sistema LC 4 usaba los cuatro canales de la instalación Dolby Spectral Recording. También estaba la versión LC 6, que trabajaba con seis canales. La frecuencia de muestreo era de 44,1 o 48 kilohercios y la cuantificación, de 16 bits. Después, los datos se comprimían con el sistema Musicam. La primera película proyectada en LC Concepts fue una copia de *Cyrano de Bergerac* en junio de 1991 en París. La película *Indochina* (1992) también se pudo escuchar en este formato multicanal digital.

Dolby Digital

El Dolby Digital (Dolby 5.1) se presentó oficialmente en París el 6 de septiembre de 1991 para contrarrestar el sistema francés de doble banda LC Concepts. Se empezó a comercializar en el año 1992. La película *Batman vuelve* (1992) fue la primera proyectada en este sistema.

El Dolby Digital es un sistema de banda simple compatible con los formatos sonoros analógicos de 35 milímetros. En la banda óptica analógica se graba el sonido con el sistema Dolby SR. La información digital está codificada en los píxeles que hay entre las perforaciones de la película. Estos píxeles se leen mediante unos sensores CCD, como los de las cámaras de vídeo.

El Dolby Digital 5.1 tiene cinco canales: izquierdo, centro, derecho, envolvente derecho y envolvente izquierdo. Además, la parte frontal incluye un sexto canal para los subgraves, conocido como *low frequency effects*. Algunas películas no aprovechan los seis canales y solo usan los frontales para conseguir un sonido estereofónico digital. Serían copias 2.1 (izquierdo y derecho) o 3.1 (izquierdo, centro y derecho).

El muestreo se hace a 48 kilohercios y la cuantificación, a 16 bits. El sistema aplica la compresión de sonido AC 3 y reduce la información en una relación de 14:1.

Los cinco canales principales tienen una respuesta en frecuencia de 20 hercios a 20 kilohercios. El canal de subgraves tiene una banda pasante que va de los 3 a los 120 hercios.

En Cataluña, la primera película proyectada con sonido Dolby Digital fue *Stalingrado* (1993), proyectada en el cine Urgell de Barcelona.

Dolby Digital Surround EX

En octubre de 1998, Dolby y Lucasfilm THX presentaron la mejora del Dolby Digital, el Dolby Digital Surround EX o Dolby Extended Sound (Dolby EX o Dolby 6.1), que mejoraba los canales de sonido envolvente.

El director del prestigioso estudio de mezclas Skywalker Sound, Gary Rydstrom –ganador de varios Oscar al mejor sonido–, quería mejorar la sensación de sonido envolvente y precisar con todo detalle la procedencia posterior de los sonidos, ya que consideraba que el sonido que ofrecía la versión 5.1 era demasiado difuso. Por eso, se decidió a añadir un canal central posterior.

El Dolby Digital Surround EX (o Dolby 6.1) tiene seis canales: izquierdo, centro, derecho, envolvente derecho, envolvente central y envolvente izquierdo. Además, la parte frontal incluye un séptimo canal para los subgraves.

La primera película proyectada con Dolby EX fue *Star Wars: Episodio I. El amenaza fantasma*, en mayo de 1999.

El formato Dolby Digital 6.1 es compatible con el sistema anterior 5.1 y también comprime el sonido con el sistema AC 3. Con el adaptador Dolby SA-10 y el añadido de un nuevo amplificador y un canal central posterior, la instalación antigua ya está adaptada al nuevo formato. Si se reproduce una copia 6.1 en una instalación 5.1, los efectos de sonido del canal envolvente central sonarán por los dos canales posteriores de la instalación.

La fuerza del sistema 6.1 está en el hecho de que puede hacer pasar los sonidos por encima de las cabezas del público. Un efecto puede ir desde el centro posterior hasta el centro de la pantalla sin diluirse por los lados y al revés.

Digital Theater System

La empresa Digital Theater Systems (DTS) desarrolló a comienzos de los noventa su propio sistema de reproducción multicanal digital. La primera película proyectada con sonido DTS fue *Jurassic Park* (1993).

El sistema DTS es equivalente al Dolby Digital 5.1 en cuanto a número de canales. Por lo tanto, una sala puede reproducir los dos formatos con el mismo sistema electroacústico, si dispone de ambos descodificadores.

El DTS tiene los cinco canales habituales: izquierdo, centro, derecho, envolvente derecho y envolvente izquierdo. En la parte frontal también incluye el sexto canal para los subgraves.

La diferencia está en el sistema de digitalización que se utiliza. El DTS hace el muestreo de la señal a 48 kilohercios y la cuantificación a 20 bits (el Dolby usa 16). Por otro lado, comprime mucho menos el sonido, la relación es de 4:1 - 14:1, en cuanto al Dolby. Tiene más dinámica y más buena calidad de sonido que el Dolby.

La forma como almacena la información, en cuanto a los formatos de exhibición profesional, también difiere. El DTS es un sistema de doble banda. En la película solo imprime el código de tiempo SMPTE, en forma de línea continua entre el fotograma y la banda de sonido analógico. El sonido digital se almacena en discos ópticos externos (CD-ROM) de seis canales. Cada disco puede llegar a los 100 minutos de audio 5.1.

Si se ponen dos sistemas reproductores en paralelo se podría llegar a tener doce canales de sonido diferentes. Por eso, se usa esta codificación en películas IMAX y experiencias de cine 3D o simuladores de realidad virtual.

Para competir con el Dolby Digital 6.1, el DTS también tiene la versión ES (*extended sound*). El DTS ES tiene seis canales: izquierdo, centro, derecho, envolvente derecho, envolvente central y envolvente izquierdo. En la parte frontal incluye el séptimo canal para los subgraves.

Star Wars: Episodio I. La amenaza fantasma (1999) fue la primera película en formato DTS ES.

Sony Dynamic Digital Sound

En 1993, Sony presentó su propio sistema de reproducción cinematográfica multicanal con el estreno, en el mes de enero, de la película *El último gran héroe* (1993).

Las producciones de los estudios Columbia Pictures y TriStar Pictures, propiedad de Sony, usan este formato.

El sistema Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) tiene siete canales: izquierdo, centro izquierdo, centro, centro derecho, derecho, envolvente izquierdo y envolvente derecho. Además, añade un octavo canal frontal de subgraves.

Tiene, por lo tanto, más altavoces detrás de la pantalla para conseguir el sonido más detallado posible y perfectamente integrado en la imagen. Otra justificación es la de poder aprovechar al máximo la reproducción en grandes pantallas.

La información digital se coloca en los dos bordes más externos de la película. Está duplicada para garantizar que, si un extremo no se puede leer, se pueda hacer la lectura del otro.

Sony no da mucha información técnica detallada de los parámetros de digitalización empleados. Comprime el sonido con el sistema ATRAC (*adaptive transform acoustic coding*), que también usa el minidisc.

Sistema ATRAC
© Alesis

6.2.2. Diseño electroacústico y acústico para salas de cine

Por bueno que sea un formato de grabación sonora cinematográfica, no dará los resultados esperados si la sala no tiene una buena cadena electroacústica reproductora –amplificadores, filtros distribuidores y altavoces– y un buen acondicionamiento acústico.

El sistema Magnasound

El sistema de reproducción Magnasound, diseñado por Kelonik, llevó a los cines la alta fidelidad y mejoró las instalaciones electroacústicas con cuatro etapas amplificadoras de 140 vatios.

El fabricante francés de altavoces Cabasse desarrolló el sistema CHF de alta fidelidad para cine para explotar al máximo las posibilidades del Cinemascope. El cine Le Grand Pavois de París fue el primero en usarlo.

Desde los años setenta, a medida que ha avanzado la alta fidelidad musical, las salas de cine han incorporado muchas mejoras.

En los años ochenta surge el **Integral Sound**, diseñado para aprovechar al máximo la codificación Dolby analógica. En Cataluña, el cine Urgell inauguró este sistema de reproducción sonora con la proyección de *El último emperador* (1987), de Bertolucci.

El sistema Integral Sound

Los datos siguientes reflejan algunas de las características electroacústicas del sistema Integral Sound montado en el cine Urgell:

- Tres filtros divisores de frecuencia: subgraves (de 20 a 125 hercios), graves (de 40 a 500 hercios), medios y agudos (de 500 a 20.000 hercios).
- 2.200 vatios de potencia para los cuatro altavoces de subgraves (de 20 a 100 hercios) de detrás de la pantalla. Esto daba, en graves, 15 decibelios SPL más por encima del sistema normal.
- Cinco canales en pantalla, con unos 4.440 vatios totales: izquierdo (dos altavoces de 550 vatios), centro izquierdo (un altavoz de 550 vatios), centro (dos altavoces de 550 vatios), centro derecho (un altavoz de 550 vatios) y derecho (dos altavoces de 550 vatios).
- Unos 3.300 vatios para los treinta y cuatro altavoces de sonido envolvente. El sonido de estos altavoces salía con un retardo de 24 milisegundos.

El sistema tenía, por lo tanto, una potencia total de unos 10.000 vatios y empleaba cuarenta y seis altavoces.

Otro sistema fue el STS, que intentaba conseguir un campo sonoro omnidireccional en la sala cuando se reproducían películas de 35 milímetros con Dolby Stereo.

El sistema STS

Sistema para mejorar la reproducción de películas de 35 milímetros con Dolby Stereo, que intentaba crear un campo sonoro lo más omnidireccional posible.

El canal de pantalla se dividía así: subgraves (de 40 a 80 hercios), bajos (de 80 a 800 hercios), medios (de 800 a 6.000 hercios) y agudos (de 6.000 a 20.000 hercios).

Cada canal de pantalla tenía cuatro cajas acústicas y cuatro etapas amplificadores, entre los 560 y los 1.000 vatios.

El canal de ambiente se dividía en tres vías: bajos (de 80 a 800 hercios), medios (de 800 a 6.000 hercios) y agudos (de 6.000 a 20.000 hercios).

Las etapas de potencia para los altavoces de ambiente tenían potencias entre los 220 y los 350 vatios.

El gran salto adelante, en la idea de crear un estándar electroacústico y acústico para las salas de cine, se produce cuando el director y productor George Lucas se propuso que su obra se pudiera escuchar en todo el mundo tal como él la había concebido.

El año en el que se estrena *Star Wars: Episodio VI. El regreso del Jedi* (1983), Lucasfilm presenta el sistema THX. Sin duda, es el sistema para mejorar la reproducción multicanal más implantado en el mundo. En el 2003, unas tres mil salas tienen este certificado de calidad (en Barcelona, los cines Lauren Horta, Lauren Universitat, Multicines Mitre y Warner La Maquinista).

THX

La sigla *THX* tiene una procedencia doble; es la sigla del nombre del ingeniero que desarrolló el sistema para George Lucas, Tomlinson Holman eXperiment, y el nombre de la primera película estrenada por el director, en 1971, *THX 1138*, con montaje de sonido de Walter Murch.

El sistema obtiene la respuesta sonora más óptima en una sala con un procesamiento propio de la señal y el uso de unos altavoces, amplificadores y filtros homologados.

La norma THX

La norma THX exige que la sala cumpla unas características acústicas determinadas y que tenga unos niveles de ruido de fondo bajos (una sala llena, normalmente, tendrá un ruido de fondo mínimo de unos 35 decibelios A).

En cuanto a la electroacústica, lo primero que se debe cumplir es la teoría de la pantalla infinita. Detrás de la pantalla se levanta un muro. En este muro se encajan los altavoces. El espacio entre el muro y la pared del fondo se llena con material acústico absorbente. Así se garantiza que los altavoces solo radien hacia delante.

En cuanto a la amplificación y los altavoces, el porcentaje de potencia empleada en cada banda de frecuencia es el siguiente: de 20 a 50 hercios, un 10%; de 60 a 800 hercios, un 60%, y de 800 hercios a 20 kilohercios, un 30%.

El filtro THX divide el espectro en subgraves, medios, bajos y agudos. Cada banda ataca una etapa amplificadora propia.

En la pantalla hay varias columnas de altavoces, izquierda, centro y derecha. Las cajas acústicas de los medios normalmente tienen dos vías. Las frecuencias más agudas se reproducen con una bocina de membrana electrodinámica. El *subwoofer* es una caja *bass-reflex* con dos altavoces electrodinámicos, que reproduce solo las frecuencias entre 20 y 40 hercios.

El sistema THX incorpora un mínimo de entre diez y doce altavoces para el sonido envolvente.

Cuando el ingeniero de THX ecualiza la reproducción sonora de la sala, los ajustes no se pueden variar. La compañía da un certificado a los cines que usan el THX, comprueba periódicamente el buen estado de la instalación e introduce los ajustes necesarios.

Las salas de cine actuales pueden reproducir volúmenes muy altos, en torno a los 110 decibelios A de presión sonora, y contribuir así a incrementar notablemente la espectacularidad de una proyección.

A grandes rasgos, el diseño técnico se basa en dos principios: la aplicación de la teoría de la pantalla infinita y la reproducción sonora multiamplificada de los conciertos musicales.

Igual que las salas de exhibición, los estudios de mezcla de sonido para cine también pueden conseguir el certificado de calidad THX si cumplen y se adaptan a la norma marcada. De este modo, un ingeniero de mezclas, cuando escucha el resultado de su trabajo en el estudio de sonido, tiene la garantía de que el público escuchará lo mismo, justo lo que quería George Lucas a comienzos de los ochenta.

Últimamente el certificado THX también garantiza una buena calidad de sonido en productos de cine doméstico (*home cinema*), DVD, productos multimedia y coches de lujo (el primer modelo en conseguir el certificado fue el Lincoln LS Sport en el 2003).

6.2.3. La reproducción multicanal doméstica

En 1982, Dolby presenta su primer formato de sonido óptico envolvente doméstico. Tenía tres canales: izquierdo, derecho y envolvente (posterior) monofónico. Cinco años más tarde, en 1987, se presentó el Dolby Surround Pro Logic, la variante doméstica del formato de sonido envolvente profesional analógico. El sistema reproducía cuatro canales: izquierdo, centro, derecho y envolvente (posterior) monofónico. Las salas de estar de los hogares se empezaban a transformarse en pequeñas salas cinematográficas.

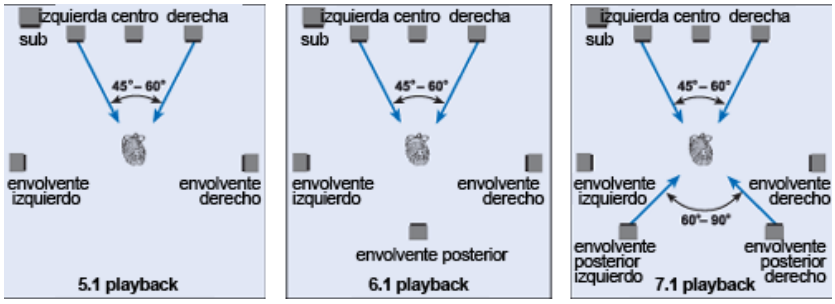
La década de los noventa trae la dignificación del sonido televisivo. En Cataluña, por ejemplo, TV3 emitió el primer concierto en estéreo en diciembre de 1989, mientras que las primeras pruebas de sonido envolvente, en Dolby Surround Pro Logic, las hizo en abril de 1993.

Todo esto ha hecho posible que, en la actualidad, los formatos Dolby Digital, Dolby Digital EX, DTS y DTS ES también tengan versiones domésticas para DVD que se pueden escuchar en reproductores multicanal de cine doméstico. El SDDS solo se puede escuchar en salas de exhibición.

Dolby Pro Logic II

El Dolby Pro Logic II es la versión doméstica del Dolby Digital 5.1 profesional. La variante para DVD o videojuegos tiene cinco canales: izquierdo, centro, derecho, envolvente izquierdo y envolvente derecho. Además, incluye el canal de subgraves.

Es decir, un sistema Pro Logic 5.1 trabaja con dos altavoces de sonido envolvente. Pero también existen las versiones 6.1 y 7.1, que reparten los dos canales de sonido envolvente en tres y cuatro altavoces, respectivamente. Esto se consigue con los descodificadores Dolby Digital EX o THX Surround EX.



Dibujo cortesía de Dolby Laboratories © Dolby Laboratories Inc.

THX doméstico

En el sector doméstico, THX ha desarrollado varios productos y servicios.

Por un lado, tenemos la versión electroacústica para los hogares del THX profesional que garantiza la reproducción de una cinta de vídeo o de un DVD con la máxima plenitud sonora.

A partir de la codificación Dolby, el descodificador THX obtiene seis vías de audio: izquierda, centro, derecha, envolvente izquierda y envolvente derecha, más el canal frontal de subgraves. Como la respuesta de los altavoces de una cadena doméstica de alta fidelidad está diseñada para reproducir música, esto provoca que, cuando se reproduce una película, la instalación suene con demasiado brillo. Los equipos homologados por THX lo corrigen reecualizando la señal. Estos aparatos también igualan el timbre del sonido de los altavoces delantero y trasero. Por último, aplican un procesamiento especial a las señales posteriores para reforzar la sensación de sonido envolvente.

Un segundo producto, disponible solo dentro de la gama THX Digital Services, es el software THX Optimizer. Sirve para calibrar la respuesta de la instalación electroacústica doméstica de acuerdo con los criterios seguidos por el estudio de mezcla original. El THX Optimizer aprovecha una serie de señales de ajuste que llevan incorporados los DVD con certificado THX, posteriores al año 2000.

En cuanto a los soportes, desde el comienzo de los noventa, THX Ltd. también ha desarrollado unas normas que controlan la calidad de las mezclas y los procesos de transferencia en la producción de soportes domésticos, cintas de vídeo y DVD. Los fabricantes de DVD también pueden conseguir su sello de calidad.

Los sistemas informáticos y multimedia también pueden seguir los criterios específicos de calidad fijados por THX. La marca DELL fabricó el primer ordenador personal con el sello THX y la marca Logitech fue una de las primeras en poner a la venta unos altavoces para ordenadores con certificado THX.

Resumen

- El sonido envolvente multicanal refuerza el espectáculo sonoro cinematográfico.

- En las salas de exhibición encontramos tres formatos digitales. Sistemas de banda simple: Dolby Digital 5.1 y 6.1 y el SDDS (*Sony dynamic digital sound*). Sistema de doble banda: DTS (*digital theater systems*).

- La norma THX es un estándar electroacústico y acústico que permite al público escuchar en las salas de cine el mismo sonido que se ha concebido en la sala de mezclas. La versión doméstica homologa los equipos

electroacústicos para los hogares y garantiza la calidad en el proceso de fabricación del DVD.

6.3. Los amplificadores

Como ya sabemos, el amplificador hace aumentar el voltaje de la señal de entrada para que a la salida tenga un nivel suficiente para atacar los altavoces.

Lectura recomendada

Encontraréis más datos técnicos sobre las características de los amplificadores (como sensibilidad, respuesta en frecuencia o impedancias) en el temario de la asignatura de la UOC *Fundamentos de tecnología audiovisual*.

Los amplificadores con tecnología de impulsos modulados (PMA[42]) han representado una de las primeras aplicaciones de la digitalización en este terreno.

(42)Sigla de *pulse modulated amplifiers*.

Una de las novedades más importantes es la tecnología ICEpower, inventada por P. D. Karsten Nielsen, que en 1999 creó una alianza de empresas (*joint venture*) con la prestigiosa marca Bang & Olufsen.

Se trata de un módulo digital para amplificadores. Incluye circuitos de realimentación, conocidos con la sigla *PEDEC* (*pulse edge delay error correction*), que consiguen reducir mucho la distorsión armónica, y el método *intelligent volume control*, que ha permitido aumentar la dinámica. Estos módulos amplificadores digitales pueden trabajar con señales de entrada analógicas o digitales.

El módulo amplificador ICEpower tiene un rendimiento muy alto, del 93% (un amplificador analógico con *mofsets* de conmutación no supera el 75%).

No tiene distorsión de cruce ni de intermodulación. La distorsión armónica total (THD) es muy pequeña, inferior al 0,05% (en todo el margen de frecuencias y para potencias de hasta los 500 vatios).

Al tener un ruido de fondo muy bajo, la dinámica es alta, aproximadamente de unos 120 decibelios A.

Y necesita menos potencia eléctrica para funcionar. Un amplificador analógico que consumiera 200 vatios en *stand-by* con esta tecnología digital no consumiría más de 20 vatios. Esto hace que el amplificador no se caliente tanto.

A pesar de que todavía no hay amplificadores completamente digitales, desde otoño de 1999 algunos amplificadores de conmutación de clase D y algunos altavoces activos de las marcas Jeff Rowland, Sony, Bang & Olufsen, Sanyo, Philips y Acoustic Reality incorporan el módulo ICEpower®.

Otras marcas especializadas en amplificadores profesionales son Carver, Crown, BGW, Crest o Marshall y Fender, las dos últimas especializadas en modelos para instrumentos musicales electrónicos. En el Estado español, destacan Ecler y DAS Audio.

Para acabar, cabe recordar que la potencia de un amplificador se puede medir de varias formas y esto puede crear confusión. Hay dos grandes tipos de potencias: las continuas –RMS, AES, EIA–, de valor más bajo, y las instantáneas –de pico–, de valor más elevado y, por lo tanto, más espectaculares. Además, la potencia que libera un amplificador también está condicionada por la impedancia de los altavoces. Cuanto menos carga soporte un amplificador, más potencia dará, pero tendrá más distorsión. Por ejemplo, un amplificador profesional que da 510 vatios sobre 8 ohmios, aumentará a 750 vatios si la impedancia baja a 4 ohmios.

Potencia y elementos de protección de los amplificadores

A continuación, repasamos algunos de los parámetros técnicos del amplificador relacionados con la potencia y con varios elementos de protección.

Rendimiento: se encuentra dividiendo la potencia de salida por la potencia de entrada. Los rendimientos de los amplificadores difícilmente superan el 75% (transistores bipolares, 65%; *mofset*, 60%, y *mofset* de conmutación, 75%).

Potencia

Potencia eficaz o RMS (*root mean square*): potencia media que provendría de la forma como se calcula la potencia de un altavoz, dividiendo el voltaje eficaz (RMS), al cuadrado, por la impedancia. Es la potencia que puede liberar el amplificador sobre los dos canales durante un largo periodo de tiempo en el margen de frecuencias de 20 a 20.000 hercios. En una sala doméstica amueblada de unos 100 m^3, podríamos llegar a los 100 decibelios de presión sonora con un amplificador de unos 40 voltios RMS por canal. Si los altavoces fueran de bajo rendimiento, el nivel podría estar unos 10 decibelios por debajo, con la misma potencia. Se pueden considerar potencias bajas de 10 a 30 voltios RMS por canal, las medias serían de 30 a 100 voltios RMS y altas, de más de 100 voltios RMS por canal.

Potencia AES (*audio engineering society*): es una de las formas de medir la potencia eficaz o RMS. La medición se hace durante dos horas con un ruido rosa de dinámica definida como señal de entrada. La medición se basa en voltajes eficaces.

Potencia EIA (*Electronic Industries Association*): potencia que puede liberar el amplificador sobre los dos canales con una carga de 4 ohmios durante una hora en el margen de frecuencias de 20 a 20.000 hercios, con una distorsión inferior al 1%.

Potencia FTC: potencia que puede liberar el amplificador sobre los dos canales con una carga de 4 ohmios durante una hora a 1 kilohercio, con una distorsión inferior al 0,1%. Normalmente, la potencia FTC está entre 30 y 50 voltios por debajo de la EIA.

Potencia DIN: potencia que puede liberar el amplificador sobre los dos canales con una carga de 4 ohmios durante un periodo de tiempo preestablecido a 1 kilohercio, sin especificar la distorsión.

Potencia de programa: no tiene una definición muy precisa. Proviene de las mediciones de potencia con señales sinusoidales. Varios fabricantes han adoptado la convención de que su valor es el doble de la potencia eficaz o RMS.

Potencia de pico: indica la potencia que el amplificador puede liberar durante los picos de volumen. Para establecer las mediciones, algunos fabricantes usan una señal que tiene un valor en los picos cuatro veces más grande que la media de energía global. Por eso, se puede considerar como norma general que la potencia de pico será cuatro veces mayor

que la eficaz o RMS. En los amplificadores profesionales se pueden llegar a tener valores muy altos. Por ejemplo, en un canal sobre 2 ohmios, se pueden superar los 2.000 vatios.

Potencia musical: indica, de forma muy aproximada, la potencia que el amplificador puede liberar en impulsos prácticamente instantáneos. Algunos fabricantes solo dan este valor en las características de los amplificadores de gama doméstica.

Banda de potencia: margen de frecuencias en el que el amplificador puede dar, como mínimo, un 50% de la potencia total sin distorsionar. Es el margen de frecuencias en el que el amplificador se mantiene dentro de un margen de 3 decibelios sin aumentar la distorsión.

Realimentación

Algunos amplificadores usan una realimentación negativa para reducir la distorsión y estabilizar la ganancia. Cuanto más realimentación, menos ganancia de potencia, pero más ancho de banda en frecuencia.

Protecciones

Los amplificadores profesionales pueden llevar varias protecciones para evitar que se estropeen. Algunos amplificadores llevan el conmutador *ground link*, que permite aislar la masa mecánica de la eléctrica y evitar bucles de masa que provoquen zumbidos.

Protección contra el pico de arranque: cuando se pone en marcha un amplificador muy potente, durante 0,2 o 0,6 segundos se puede producir una intensidad muy grande, de 50 o 60 amperios. Con unas resistencias y un relé se evita el problema.

Detector de corriente continua a la salida de los altavoces: muchos amplificadores incorporan un sistema de *stand-by* que actúa cuando el sistema de altavoces se pone en marcha o se apaga para evitar que se puedan estropear si se produce un nivel de tensión continua a la salida cuando la señal de audio alterno desaparece.

Detector de cortocircuito en la línea de los altavoces: si se produce un cortocircuito, el amplificador deja de suministrar potencia.

Circuito de control de la zona de trabajo de los transistores de potencia: limitador de corriente útil en el supuesto de que el amplificador esté conectado a impedancias muy bajas. Si la intensidad que da el amplificador es excesiva para el transistor final, el circuito de control la rebaja.

Circuito de control de temperatura: los amplificadores de mucha potencia no tienen suficiente con los disipadores de calor para enfriar el circuito y llevan, además, unos potentes ventiladores con un túnel y un filtro para refrigerar los transistores y el resto de componentes. Aun así, el amplificador incorpora un circuito de control de temperatura que, cuando detecta unos límites peligrosos, hace disminuir su régimen de trabajo.

Resumen

- La tecnología de impulsos modulados y el módulo ICEpower son algunas de las primeras aplicaciones de la digitalización en el diseño de los amplificadores.

- Todavía no hay amplificadores completamente digitales.

- La potencia de un amplificador se puede medir de varias formas. Potencias continuas –RMS, AES, EIA–, de valor más bajo, y las instantáneas –de pico–, de valor más elevado.

6.4. Los altavoces

El altavoz es un transductor electroacústico que transforma las variaciones eléctricas en variaciones de presión.

La digitalización en este terreno se ha aplicado fundamentalmente a las cajas acústicas activas, las que se tienen que conectar a la corriente eléctrica para que funcionen. Estos sistemas de altavoces llevan el amplificador incorporado y, en algunos modelos, además, incorporan un sistema informático que controla todo el sistema para dar el mejor rendimiento posible en cada situación.

Con la incorporación de la tecnología informática se consiguen cajas activas cada vez más pequeñas y potentes.

Lectura recomendada

Encontraréis muchos datos técnicos sobre el funcionamiento de los altavoces, el diseño de las cajas acústicas y sus características (como sensibilidad o respuesta en frecuencia) en el temario de la asignatura de la UOC *Fundamentos de tecnología audiovisual*.

El rendimiento y la potencia de las cajas acústicas

A continuación, repasamos algunos parámetros relacionados con el rendimiento y la potencia de las cajas acústicas.

Rendimiento

El rendimiento (o eficiencia) es la relación entre la potencia acústica radiada por el altavoz y la potencia eléctrica suministrada, expresada en porcentaje. Por ejemplo, si tenemos un altavoz con un rendimiento del 1% querrá decir que por cada 100 vatios eléctricos obtendremos una radiación de 1 vatio acústico.

Los valores de los rendimientos de los altavoces, expresados en tanto por ciento, son muy pequeños: entre el 1 y el 2% para los de gama baja y del 10 al 15% para los de gama alta. Es decir, un altavoz disipa mucha más energía de la que radia. Con todo, se tiene que saber que en una habitación de 60 m^3 (4 × 5 × 3) podíamos tener picos de 96 decibelios SPL con potencias radiadas de solo 0,15 vatios. En este ejemplo, si el altavoz tuviera un rendimiento bajo, del 2,5%, necesitaría recibir del amplificador una potencia de unos 6 vatios.

Potencia IEC

La Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC) tiene varias normas para medir los altavoces, como la 268-1. Esta norma especifica una señal de medición que se acerca a la dinámica y el espectro de la música, de 63 a 12.500 hercios. Los valores de los voltajes medidos son eficaces (RMS). Es una potencia de salida nominal por canal entregado continuamente durante un periodo de tiempo preestablecido y con un límite de distorsión del 0,7%.

Compresión dinámica

Un altavoz tiene que conservar la misma respuesta en frecuencia tanto a 1 vatio como a 100 vatios de radiación; por lógica, en el segundo caso la presión sonora va a estar

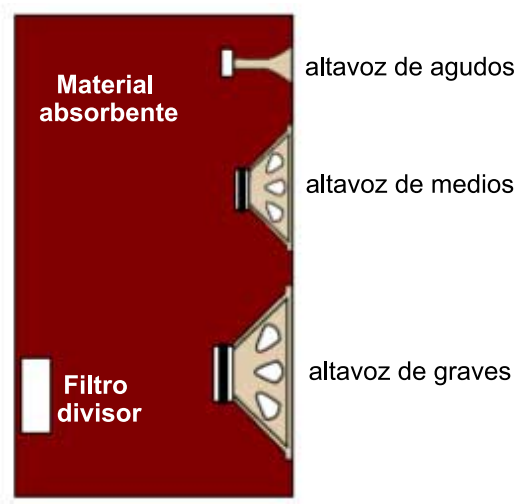
20 decibelios por encima. Normalmente, la parte mecánica del altavoz hace reducir la eficiencia además de la potencia y eso altera la respuesta en frecuencia.

En los altavoces de las mejores gamas no tiene que haber más de 1 decibelio de diferencia. Es decir, el paso de 1 a 100 vatios daría un incremento real de 19 decibelios SPL. Muchos altavoces pierden 2 decibelios SPL y los de la peor gama, hasta 3 decibelios SPL.

Una de las primeras cajas activas que aplicaron el módulo digital de amplificación ICEpower fue la BeoLab 1 de Bang & Olufsen, un *subwoofer* de 300 vatios puesto a la venta en otoño de 1999. En la primavera del 2001, la misma marca presentó la segunda generación de esta caja activa formada por dos altavoces de subgraves, la BeoLab 2, que da 850 vatios y una presión sonora máxima de 110 decibelios, con un tamaño de 26 × 32 × 31 centímetros.

© Bang & Olufsen

Por lo general, se usan sistemas de dos, tres o cuatro vías para reproducir todo el margen de frecuencias, ya que un único altavoz no puede reproducir correctamente todo el espectro.



Recinto cerrado o *baffle* infinito

El altavoz de subgraves (*subwoofer*) reproduce de los 20 a los 60 hercios; el de graves (*woofer*), de 20 a 500 hercios; el de medios (*squawker* o *midrange*), de 500 hercios a 4 kilohercios, y el de agudos (*tweeter*), de 4 a 20 kilohercios.

Cuando se usan potencias elevadas en sonorizaciones de grandes espacios, la señal de la salida principal de la mesa de mezclas pasa por los filtros *crossover*, de forma que cada margen de frecuencias entre en un amplificador y se radie por una caja independiente.

En las salas cinematográficas que siguen la norma THX, el filtro divide el espectro en subgraves, medios bajos y agudos. Cada banda ataca una etapa amplificadora propia. El porcentaje de potencia empleado en cada banda de frecuencia es de 20 a 50 hercios (un 10%), de 60 a 800 hercios (un 60%) y de 800 hercios a 20 kilohercios (un 30%).

© D.A.S. Audio, SA

Algunas de las marcas especializadas en la fabricación de cajas acústicas son DAS Audio, JBL, Genelec, Bang & Olufsen y Tannoy.

Resumen

- En los altavoces, la digitalización se ha aplicado fundamentalmente a las cajas acústicas activas, las que llevan el amplificador incorporado, para dar el mejor rendimiento posible en cada situación.

- Con la incorporación de la tecnología informática se logran cajas activas cada vez más pequeñas y potentes.

6.5. Uso de los amplificadores y los altavoces

La potencia del altavoz tiene que ser 1,5 o 2 veces superior a la potencia nominal de salida del amplificador.

No conviene nunca conectar un amplificador a un altavoz que tenga una impedancia inferior al valor de la impedancia de salida del amplificador, ya que se producirá un exceso de intensidad a la salida del amplificador y puede quemar el paso final.

En cambio, si conectamos unos altavoces que tienen una impedancia superior a la de la salida del amplificador, no pasa nada grave, simplemente perdemos energía y tendremos una radiación del altavoz inferior.

Para tener la pérdida de potencia mínima, el cable que conecta el amplificador con las cajas acústicas debe tener el grosor adecuado a la impedancia de cada caja y al número de unidades que tengamos por canal. Tres consejos: cuanto

más número de cajas conectadas por canal, más grueso tiene que tener el cable; en cuanto a la impedancia, cuanto menos resistencia de la caja, más grueso del cable; y para distancias largas de cable conviene usar los de diámetro mayor.

Los altavoces se pueden conectar en serie o en paralelo. Sea cual sea el montaje elegido, todos los altavoces tienen que ser de la misma potencia y la suma de estas potencias debe ser más grande que la potencia nominal del amplificador. En el montaje en paralelo, si un altavoz deja de funcionar el resto de la línea seguirá radiando. En el montaje en serie, cuando un altavoz enmudece, toda la línea también permanece en silencio.

Montaje de altavoces en paralelo

La impedancia de la línea en paralelo se calcula así:

$$\text{Impedancia de la línea en paralelo} = \frac{\text{impedancia del altavoz}}{\text{número de altavoces}}$$

Si tenemos dos altavoces de 16 ohmios en paralelo, representarán una impedancia final de 8 ohmios. Si pusiéramos cuatro, el amplificador vería una impedancia de 4 ohmios.

Montaje de altavoces en serie

La impedancia de la línea en serie se calcula así:

Impedancia de la línea en serie = impedancia del altavoz × número de altavoces

Si tenemos cuatro altavoces de 4 ohmios en serie, representarán una impedancia global de 16 ohmios.

Como los amplificadores están preparados, según los modelos, para trabajar con unas impedancias de salida de 4, 8 o 16 ohmios, este tipo de montaje solo se puede hacer cuando los altavoces tienen una impedancia baja.

Además de revisar las características técnicas del altavoz, el mejor sistema para escoger uno es escuchar con atención cómo suena. Para comparar una pareja de altavoces tienen que estar uno junto al otro. Cuando pasan dos segundos después de que se detenga una de las fuentes sonoras, el oído pierde muchos elementos de comparación. Por lo tanto, las comparaciones hechas de un día para otro serán meramente subjetivas, pero no tienen que obedecer necesariamente a la realidad. Para conocer la verdadera respuesta de un altavoz, conviene reproducir varios tipos de música. Hay que escuchar con atención cómo responde el altavoz a los pasajes fuertes y a los suaves, y fijarse en cómo suenan las transiciones de unos a otros.

Colocación

Según cuál sea el número de superficies que están en contacto con la caja acústica, tendremos más o menos radiación. Las cajas acústicas se deben colocar cerca de las paredes. Si las separamos de las paredes se pueden producir reflexiones a medias y bajas frecuencias que pueden alterar la radiación frontal. Estos problemas de fase a baja frecuencia se incrementarán a medida que alejamos los altavoces de las paredes.

Recordad que uno de los principios electroacústicos aplicados por la norma THX para salas de cine y estudio es la teoría de la pantalla infinita. Para cumplirla, detrás de la pantalla se levanta un muro. En este muro se encajan los altavoces. El espacio entre el muro y la pared del fondo se llena con material acústico absorbente. Así se garantiza que los altavoces solo radien hacia adelante. Por eso, muchos estudios también tienen las cajas acústicas de alta potencia empotradas en la pared. El altavoz solo tendrá radiación frontal, que simula la propia del campo acústico libre.

Si colgamos el altavoz en una pared, como un cuadro, el nivel de presión sonora subirá unos 3 decibelios en comparación con la situación en campo libre. Si la caja se cuelga en un ángulo formado por dos paredes perpendiculares, notaremos un aumento de unos 6 decibelios. Y si ponemos la caja sobre el suelo en la intersección de dos paredes perpendiculares, el aumento será de 9 decibelios. Estos aumentos de presión sonora se producirán básicamente en las frecuencias graves, que son omnidireccionales. Como las frecuencias agudas son directivas, no se produce este refuerzo de niveles por el efecto de las paredes.

Resumen

- La potencia del altavoz tiene que ser 1,5 o 2 veces superior a la potencia nominal de salida del amplificador.

- No conviene nunca conectar un amplificador a un altavoz que tenga una impedancia inferior al valor de la impedancia de salida del amplificador. Para tener la máxima transferencia de energía, los valores de la impedancia de salida y de entrada tienen que ser iguales.