

Canal de pantalla para salas de cine comerciales. Comparativa de los diseños de 2 y 3 vías

Víctor Manuel Català Iborra
Ingea. Ingeniería Acústica y Medioambiental, S.L.
Eduardo Boscá 13, Esc. B, 25. - 46023 Valencia
Tel: 963360647 - 963362144 - Fax: 963362144
E-mail: vicatalaib@cofis.es

PACS: 43.38.Ja

Resumen

En este artículo se estudia el paso de 2 a 3 vías en el diseño de los sistemas de pantalla para salas de cine comerciales. Como ejemplo se analizan dos realizaciones prácticas de estos diseños.

Abstract

This article describes the 2 way/3 way design evolution in screen channels of commercial theaters. As an example we analyze two implementations of these designs.

Introducción

Desde los primeros formatos de audio multicanal comercializados exitosamente por la industria del cine a principios de los años cincuenta hasta la actualidad, la evolución en el modo de almacenar la información de audio de las bandas sonoras ha sido espectacular. Esta evolución ha ido forzando a la industria del audio profesional a desarrollar transductores que satisfagan las demandas de los nuevos formatos.

La distribución más usual en las salas de cine comerciales, en la actualidad, consiste en tres canales de pantalla (izquierdo, central y derecho), un canal de efectos de baja frecuencia, y el sistema de ambiente, que puede ser, según el formato, mono, estéreo o incluso tener un canal de ambiente adicional posterior (formato Dolby Digital Surround EX).

Los sistemas acústicos de pantalla son, por estar encargados de reproducir los diálogos y la mayor parte de los efectos y música contenidos en la banda sonora, de vital importancia en el sistema electroacústico de una sala de cine.

Este artículo describe el paso de 2 a 3 vías en el diseño de los sistemas de pantalla en los últimos años, como respuesta a la adopción mayoritaria en los estudios de grabación y salas de cine del formato Dolby Digital. Tras la exposición teórica se presentan y comparan las curvas de respuesta y distorsión de una realización práctica de cada uno de los dos diseños.

Sistemas de pantalla de 2 vías

La configuración más habitual en la década de los ochenta y hasta finales de los noventa, para los sistemas de pantalla en salas de tamaño medio (menos de 24 m de distancia de la pantalla a la última fila o de volumen inferior a 4860 m³) era la de 2 vías, en modo activo o pasivo, configurada del siguiente modo:

- Sistema de bajos. Constituido por 2 altavoces electrodinámicos de 15" (altavoces de cono) en radiación directa, montados en un recinto bass-reflex y dispuestos alineados verticalmente uno sobre el otro.
- Sistema de medios-agudos. Constituido normalmente por un motor de compresión acoplado a un difusor de

dispersión constante. Según las dimensiones de la sala, se emplea difusor de pequeño formato (bajo Q) o de gran formato (alto Q).

En esta configuración, el sistema de bajos reproduce desde 40 Hz a 500 Hz. Su dispersión en la frecuencia de corte es de 90° H x 40° V (ángulo -6 dB). Con transductores de bobina de 4" y grupo magnético de alta densidad de flujo magnético (1.4 T), se consigue una sensibilidad de 101 dB SPL (promedio en una octava centrada a 250 Hz) a 1 m con 2.83 V_{rms}.

El sistema de agudos reproduce desde 500 Hz hasta 20 kHz. Empleando motores de compresión de gran formato (bobina de 4"), se consigue una sensibilidad de 110-112 dB SPL a 1 m (en la región de 1 kHz). La dispersión que se considera correcta para salas de tamaño medio es de 90° H x 40° V (ángulo -6 dB) ¹.

En los sistemas desarrollados siguiendo este diseño, la dispersión estará controlada desde los 500 Hz, suponiendo que la unidad de agudos emplee un difusor de directividad constante, con control de radiación desde, al menos, esta frecuencia, para tener continuidad en la transición entre vías.

Respecto a los niveles de SPL, considerando potencias típicas para los transductores anteriormente descritos (1200 W_{rms} para el bajo, 75 W_{rms} para el agudo), el sistema es capaz de proporcionar picos de hasta 110 dB SPL el bajo, y 107-109 dB SPL el agudo en la banda de frecuencias de máxima sensibilidad. El nivel se ha calculado a la máxima distancia que se considera puede haber en una sala de tamaño medio entre la pantalla y la última fila (24 m). Se considera que los transductores pueden soportar picos instantáneos de potencia de cuatro veces el valor de la potencia RMS.

La figura 1 muestra las exigencias, en cuanto a nivel de SPL en la sala, para un canal de pantalla de los distintos formatos Dolby de almacenamiento de bandas sonoras.

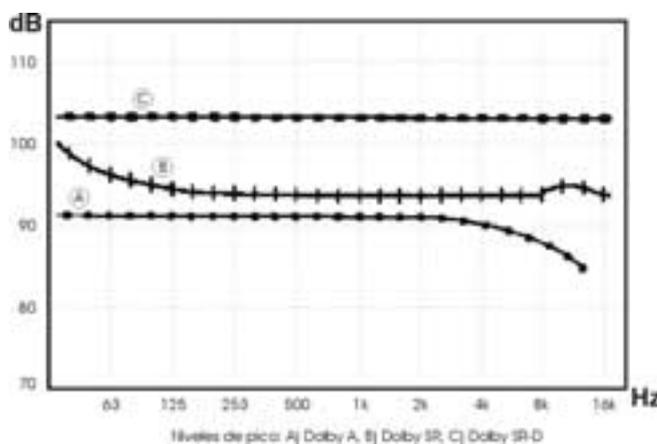


Figura 1.

Como podemos apreciar, el diseño de 2 vías antes descrito es perfectamente capaz de alcanzar los niveles exigidos por los formatos analógicos, tanto Dolby-A, como Dolby SR. Sin embargo, la mejora en el rango dinámico del formato digital (Dolby SR-D), aparecido en 1992, supone la exigencia para los transductores, de proporcionar en la sala picos de 103 dB SPL (valor para un canal de pantalla). Además, este valor de pico requerido es constante en todo el espectro de audio. Por el cálculo teórico anterior un sistema 2 vías diseñado según el modelo descrito sería capaz de proporcionar los niveles exigidos por el formato digital. Pero, como veremos a continuación, la realidad es que el diseño de 2 vías puede ser llevado al límite por el formato digital, comprometiendo tanto la fiabilidad del sistema como la calidad del sonido.

Sistemas de pantalla de 3 vías

La respuesta de la gran mayoría de fabricantes de altavoces para salas de cine comerciales ha sido el desarrollo de sistemas de 3 vías, que proporcionen el margen dinámico suficiente para la reproducción de las nuevas bandas sonoras en formato digital.

El diseño más convencional es el siguiente:

- Sistema de bajos: similar al empleado en el diseño de 2 vías, pero encargado de la reproducción de la banda de 40 Hz a 200-400 Hz. En algunas realizaciones prácticas se emplean dos cajones de bajos de este tipo, ampliando 3 dB el margen dinámico.
- Sistema de medios: emplea un motor de compresión especialmente diseñado para trabajar con frecuencias medias o uno o varios altavoces electrodinámicos de cono, cargados con un difusor de directividad constante para conseguir el adecuado control de la dispersión.
- Sistema de agudos: emplea un motor de compresión cargado con un difusor que proporcione control de la dispersión desde los 2-3 kHz.

En esta configuración, el cajón de bajos reproduce de 40 Hz a 200-400 Hz. El punto de corte con el medio se escoge de modo que se consiga una transición suave, tanto en la respuesta en frecuencia como en la directividad. Las sensibilidades más usuales están en torno a los 101 dB SPL (2.83V_{rms}/1m) para el sistema con un cajón de bajos, y los 104 dB SPL para los sistemas con bajo duplicado.

En la vía de medios se emplean altavoces de 6", 8" y hasta 10", cargados con difusores de medio o gran formato con

control de la dispersión desde los 200-300 Hz a los 2-3 kHz, consiguiéndose sensibilidades del orden de los 104-110 dB. La cobertura deseada aquí es de 90° H x 40° V.

La vía de agudos suele emplear motores de compresión con membrana de 2" ó 3", cubriendo la banda de los 2-3 kHz a los 20 kHz, cargados con difusor de dispersión constante 90° x 40°. La sensibilidad suele ser de 108-112 dB SPL (2.83V_{rms}/1m).

Con este diseño, el control de la directividad comienza a los 300 Hz, consiguiendo por tanto una respuesta en frecuencia más plana fuera del eje del sistema respecto al 2 vías y mejorando la relación sonido directo/sonido reflejado en la sala.

Respecto de los niveles de presión generados en la sala, debemos considerar que los altavoces empleados en la vía de medios suelen soportar una potencia de entre 100 W_{rms} y 200 W_{rms}. Las configuraciones con altavoces más pequeños (6" y 8") y menor potencia (100 W_{rms}) a menudo emplean dos unidades, por lo que la potencia de la vía de medios en este caso es de unos 200 W_{rms}. Por tanto, esta vía es capaz de proporcionar unos picos de 104-110 dB SPL en las butacas más distantes (considerando una potencia de 150 W_{rms}).

La vía de agudos, aunque emplea motores de compresión muy similares a los del diseño 2 vías, puede trabajar con picos de potencia mayores, ya que la banda de frecuencias que reproduce comienza ahora en 2-3 kHz. La banda de frecuencia limitada reduce el estrés mecánico de los componentes del motor de compresión, ya que la excursión que exigen las frecuencias más altas al sistema móvil es menor que la exigida por las frecuencias más bajas. La potencia que suelen manejar estos motores en la banda indicada es de unos 100 W_{rms}. Los niveles de pico de SPL que se generan en la sala son de 106-110 dB SPL.

Como vemos, el rango dinámico del sistema 3 vías descrito no es muy distinto del 2 vías. Donde sí vemos mejoras significativas es en el control de la directividad y en la potencia soportable en medios-agudos.

Además de las ventajas teóricas ya mencionadas debemos citar tres más: dos directamente achacables al sistema de transducción y una atribuible indirectamente.

Al ser reproducido el espectro en el sistema 3 vías por transductores específicamente diseñados para el rango de frecuencias en el que trabajan, los niveles de distorsión y linealidad de respuesta mejoran. También mejora la distorsión de intermodulación por reproducir cada transductor bandas de frecuencia más estrechas. Por otro lado, en el caso de comparar sistemas activos (corte electrónico de frecuencias y amplificación separada para cada vía), el aumento del número de amplificadores y la restricción de su banda de trabajo a

la de mayor sensibilidad de los transductores, supone que a niveles máximos de trabajo para el amplificador - en los que puede aparecer recorte de la señal - los armónicos superiores generados por este recorte son reproducidos por el transductor de la vía en cuestión a un nivel menor que la fundamental. Por ejemplo, un recorte para una señal de 2 kHz en el amplificador de la vía de medios supone armónicos de 4 kHz, 6 kHz, etc., que son enviados al altavoz de medios, pero que son reproducidos a nivel muy bajo por la caída natural de la curva de respuesta del altavoz de medios, que no está diseñado para reproducir eficientemente estas frecuencias. En el caso de un sistema de 2 vías, estos mismos armónicos podrían ser reproducidos perfectamente por el motor de compresión de medios-agudos.

Comparativa de respuesta en frecuencia y distorsión

Realizada ya la exposición teórica, vamos a analizar dos realizaciones prácticas de ambos conceptos de diseño.

Las especificaciones técnicas que proporciona el fabricante son las siguientes: (ver tabla 1)

El nivel exigido a ambos sistemas es el que proporciona la unidad de bajos, común a los dos diseños, con barrido senoidal entre 100 Hz y 200 Hz a una potencia del 10% del valor RMS que soporta. El nivel a 1 m es de 120 dB SPL. Las medidas están realizadas en entorno anecoico y a 3 m, para poder obtener una buena integración de la respuesta del sistema completo. Así pues, el nivel exigido a cada sistema es de 110 dB SPL a 3 m.

Este nivel es suficientemente alto para observar los patrones de distorsión de ambos sistemas a niveles de trabajo cercanos a los máximos, y tolerables por ambos sistemas desde un punto de vista de su integridad.

No se muestra el análisis por debajo de 100 Hz por ser idéntico para ambos sistemas y por la dificultad de obtener una respuesta en bajos representativa a 3 m del sistema completo.

La figura 2 muestra la respuesta del sistema 2 vías. En ella vemos el corte acústico alrededor de 500-600 Hz (curva gris para el bajo y punteada para el medio-agudo), y la res-

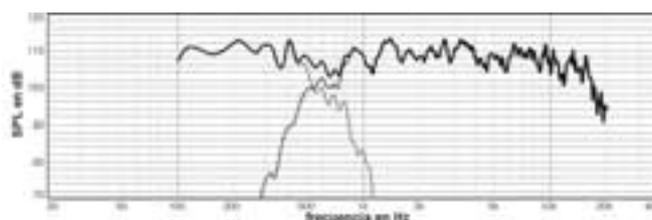


Figura 2.

Sistema acústico 2 vías S-2501	
Rango de frecuencias (-10 dB)	35 Hz-20 kHz
Impedancia nominal	Graves 4 Ω Agudos 16 Ω
Potencia RMS ²	Graves 1200 W Agudos 80 W
Sensibilidad (1W@1m)	Graves 100 dB SPL Agudos 110 dB SPL
Frecuencia de corte	500 Hz (corte activo)

Sistema acústico 3 vías S-7502	
Rango de frecuencias (-10 dB)	30 Hz-20 kHz
Impedancia nominal	Graves 4 Ω Medios 8 Ω Agudos 16 Ω
Potencia RMS ²	Graves 1200 W Medios 90 W Agudos 50 W
Sensibilidad (1W@1m)	Graves 100 dB SPL Medios 104 dB SPL Agudos 109 dB SPL
Frecuencia de corte	Graves/medios: 380 Hz (corte activo) Medios/agudos: 1.8 kHz (corte activo)

Tabla 1.

puesta conjunta en trazo negro continuo. Observamos la suma de las 2 vías en la zona de cruce, aunque se produce un pequeño bache.

La figura 3 muestra la distorsión de segundo y tercer armónicos (H2 y H3) del sistema 2 vías. La distorsión de segundo armónico permanece por debajo del 1% hasta los 500 Hz. A partir de esta frecuencia sube bruscamente entre el 3% y el 10% y llega a superar este valor entre 5 kHz y 10 kHz. Vemos que el salto brusco en el nivel de H2 coincide con el corte de frecuencias, y es achacable a la vía de medios-agudos.

H3 permanece por debajo del 1% hasta los 2-3 kHz, a partir de esta frecuencia aumenta progresivamente hasta alrededor del 3%.

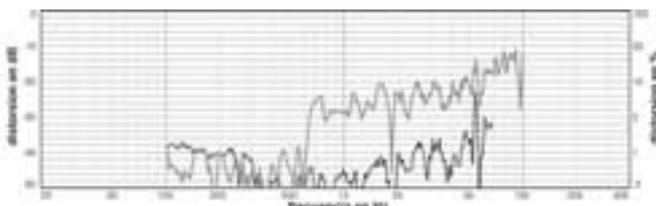


Figura 3.

La figura 4 muestra la respuesta del sistema 3 vías. Los cortes están situados en 300-400 Hz y 1800 Hz. En gris se presentan las respuestas del bajo y el agudo. La curva punteada es la respuesta del medio y el trazo negro continuo es la respuesta total del sistema.

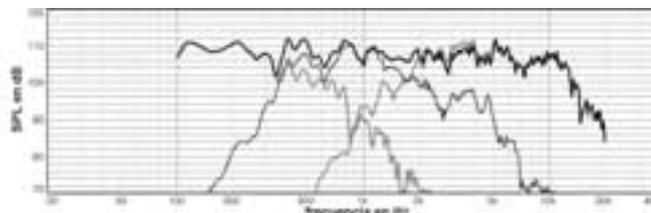


Figura 4.

En cuanto a la distorsión (figura 5) apreciamos una gran diferencia en la zona de las frecuencias medias. Hasta casi los 2 kHz H2 se mantiene por debajo del 1% (unos 12 dB menos que el 2 vías). A partir de esta frecuencia los valores de H2 son bastante similares en ambos sistemas y es a partir de los 5 kHz cuando vuelve a ser ligeramente menor en el sistema 3 vías.

En cuanto a H3, los valores son muy similares y sólo observamos una ligera diferencia en los 3 kHz, frecuencia en

torno a la cual la distorsión de tercer armónico del sistema 3 vías es ligeramente mayor que la del 2 vías, lo que también se observa en H2.

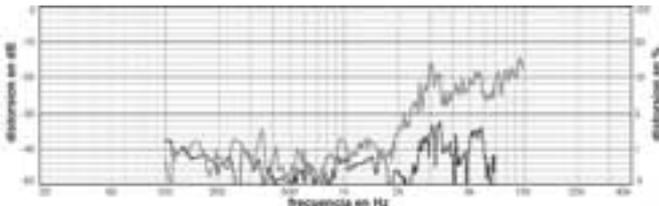


Figura 5.

Vemos por tanto que la mejora más significativa, en cuanto a distorsión se refiere, se produce en la banda de 500 Hz a 2 kHz, banda del motor de compresión del diseño 2 vías que reproduce el altavoz de medios en el 3 vías. Esta mejora en la distorsión también indica una mejora en la práctica en el margen dinámico, ya que se pueden exigir mayores niveles de SPL a la vía de medios, antes de alcanzar los altos niveles de distorsión del sistema 2 vías en esta banda. Hay que señalar aquí que el transductor de medios empleado en el 3 vías tiene una sensibilidad menor que el empleado como medios-agudos en el 2 vías. A pesar de ello, su diseño específico para la banda de medios y las demás consideraciones anteriormente realizadas le permiten proporcionar el alto nivel requerido en la prueba con menor distorsión.

Conclusión

El diseño 3 vías para los sistemas de pantalla de cine proporciona una mejora considerable respecto al 2 vías, en cuanto a niveles de distorsión y margen dinámico.

Esta mejora es aún más importante si consideramos que se produce fundamentalmente en un rango de frecuencias crítico para la audición humana, entre 500 Hz y 2 kHz.

El diseño 3 vías, correctamente llevado a la práctica, es el más adecuado para los formatos digitales de almacenamiento de bandas sonoras.

Notas. ¹ Especificación para homologación THX.

² Según prueba de potencia empleando ruido rosa con factor de cresta 6 dB y banda limitada a la propia de la vía en cuestión.

Referencias

Loudspeakers. Volume 3: Systems and Crossover Networks. Audio Engineering Society.

Loudspeakers. Volume 4: Transducers, measurement and evaluation. Audio Engineering Society.

Sound Reinforcement. Volume 2. Journal of the Audio Engineering Society.

Loudspeakers. Volume 2. Journal of the Audio Engineering Society.

Loudspeakers. Journal of the Audio Engineering Society.

Stereophonic Techniques. The Audio Engineering Society.

Written for Yamaha by Gary Davis & Ralph Jones. Sound Reinforcement Handbook. Second edition. Hal Leonard Publishing Corporation.

D. Davis and C. Davis. Sound System Engineering. Second Edition. Howard W. Sams & Co.

Don y Carolyn Davis. Ingeniería de Sistemas Acústicos. Marcombo.

Vance Dickason. The loudspeaker design cookbook. Fourth edition. AAP.

Vivian Capel. Public Address systems. Focal Press.

F. Alton Everest. Successful Sound System Operation. TAB Books Inc.

F. Alton Everest. The Master Handbook of Acoustics. Second Edition. TAB Books Inc.

Cyril M. Harris. Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control. Third edition. McGraw-Hill, Inc.

Tony Moscal. Sound Check. The Basics of Sound and Soud Systems. Hal-Leonard.

Glenn D. White. The Audio Dictionary. University of Washington Press.

Charles-Henry Delaleu. L'optimisation des haut-parleurs et enceintes acoustiques. Éditions Fréquences.

Joaquin G. Barquero. Electroacústica. Gráficas Gonzalez.

Sound reinforcement. An anthology. Journal of the Audio Engineering Society.

Sound Reinforcement. AES 6th Intenational Conference.