



Escuela
Politécnica
Superior

Utilización de efecto Haas en ajuste de líneas de retardo en refuerzo sonoro



Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen
en Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Autor:

Francisco Javier Bleda Molina

Tutor/es:

Miguel Romá Romero

Junio 2017



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ABSTRACT

Sound system adjustment is a young science still in development. In this project, we have carried out research from a subjective point of view for delay towers adjustment. The importance of this project is based on the use of the Haas effect values as a reference to the values of the adjustment.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, por permitirme hacer algo relacionado con lo que me apasiona.

A la familia por estar ahí siempre, aunque no le haya podido dedicar el tiempo suficiente.

A mis compañeros del McLaren's por las *ideas* que hemos compartido.

A Juan Carlos García por introducirme en el mundo del sonido.

A Manuel Bleda López

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| ABSTRACT | 2 |
| AGRADECIMIENTOS | 3 |
| 1. Introducción | 7 |
| 1.1 Objetivo | 7 |
| 1.2 Motivación | 7 |
| 2. Estado del arte | 9 |
| 3. Sistemas de refuerzo sonoro..... | 11 |
| 3.1 Ajuste de sistemas..... | 14 |
| 3.1.1 Ajuste objetivo (Tuning) | 14 |
| 3.1.2 Ajuste subjetivo (Toning)..... | 17 |
| 3.2 Localización del sonido y Efecto Haas | 17 |
| 3.3 Retardos | 18 |
| 3.3.1 Problemas | 18 |
| 4. Estudio subjetivo..... | 21 |
| 4.1 Material empleado | 21 |
| 4.2 Montaje experimental | 22 |
| 4.3 Desarrollo experimental..... | 24 |
| 4.3.1 Diseño del experimento | 25 |
| 4.3.2 Procedimiento de ajuste y desarrollo..... | 26 |
| 5. Resultados | 29 |
| 5.1 Discusión | 32 |
| Conclusiones..... | 32 |
| Bibliografía..... | 34 |
| Apéndice..... | 35 |

| | |
|--|----|
| Figure 1-Imagen estéreo de un solo sonido (izquierda) y este mismo duplicado y con un delay (derecha). | 9 |
| Figure 2- Diferentes sistemas de refuerzo sonoro según su cobertura horizontal. | 13 |
| Figure 3- Diferentes Tiros de un array para obtener una cobertura uniforme. | 13 |
| Figure 4-Simulación y ajuste mediante end fired..... | 15 |
| Figure 5- Simulación y ajuste cardioide | 15 |
| Figure 6- Posición ficticia mediante el uso de delay para los diferentes sistemas. | 16 |
| Figure 7-Linkwitz-Riley 24 | 16 |
| Figure 8- Filtro Peine o Comb Filter | 19 |
| Figure 9- Zona de cobertura | 21 |
| Figure 10- Behringer DCX | 22 |
| Figure 11- Esquema del montaje realizado | 23 |
| Figure 12- Dispersión de los altavoces empleados..... | 23 |
| Figure 13-Diagrama de bloques del procesado. | 24 |
| Figure 14-Montaje realizado | 25 |
| Figure 15- Esquema del altavoz retardado | 26 |
| Figure 16- Sombra acústica | 27 |
| Figure 17-Colocación del micrófono de medida, posición de referencia..... | 29 |
| Figure 18- Respuesta al impulso de las diferentes fuentes antes del ajuste. | 29 |
| Figure 19-Presets con los que se realizaron los test. | 30 |
| Figure 20- Resultados de la escucha | 30 |
| Figure 21- Crossover entre el sistema principal y un retardo no direccional | 31 |
| Figure 22- Respuesta del sistema con ajuste tradicional | 31 |
| Figure 23-Respuesta del sistema con el Preset 3 y filtro peine | 32 |

Capítulo

1

1. Introducción

1.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es el estudio de los diferentes tipos de ajustes en las líneas de retardo que componen los sistemas de refuerzo sonoro. Dado que estos se pueden colocar de diferentes formas habrá que adecuar la configuración para cada tipo de montaje. La intención de este ajuste no es otro que conservar la imagen sonora en el lugar que realmente proviene (un escenario), y no en los altavoces de retardo sonoro. Conseguiremos así una experiencia más real evitando la confusión que crea escuchar un sonido por la dirección contraria a la que proviene, todo esto sin perder presión sonora.

Se pretende conseguir un método funcional para ajustar el tiempo de retardo y la ganancia. Por otra parte se pretende ayudar a desobjetivizar la ubicación sonora, apoyándonos en herramientas que la psicoacústica nos aporta.

1.2 Motivación

Los primeros sistemas de PA (Public Address) datan de 1900, cuando Lee DeFoorest inventó Audion, el primer dispositivo capaz de amplificar una señal eléctrica, dejando atrás los sistemas mecánicos de Edison y Bell, pero no fue hasta 1965 donde esta industria comenzó con un concierto de “The Beatles” en el *Shea stadium* de Nueva York. Desde entonces no se ha dejado de innovar día a día en el negocio para mejorar los sistemas de refuerzo sonoro [Andy Coules, 2014].

Se puede afirmar que es un campo relativamente joven pero que ha crecido muy rápido ya que en cualquier espacio habilitado para realizar actuaciones cuenta con un sistema de amplificación.

El ajuste de sistemas es algo más reciente ya que los artistas que los requerían no se preocupaban de la base científica del funcionamiento y por lo tanto el crecimiento de la rama del ajuste de sistemas ha sido más lento dado que el progreso ha sido en función del error y ensayo. El método actual utilizado para ajustar las líneas de retardo que se emplea actualmente en muchos de los conciertos, carece de base teórica y por ello se desea desarrollar un estudio sobre ello aún sin saber que nos deparará la investigación. Con este trabajo se pretende obtener unos conocimientos suficientes para hacer con rigor este ajuste y ver si somos capaces de establecer un método objetivo y funcional

Capítulo

2

2. Estado del arte

El ajuste de sistemas de sonido es una ciencia muy joven en la que todavía queda mucho por descubrir. El efecto de precedencia se conoce desde los años 50, un descubrimiento muy posterior a los primeros avances de la acústica.

En cuanto a la aplicación del efecto de precedencia se pueden encontrar en algunos sistemas de sonido domésticos como en el sistema de telepresencia de Cisco. Por otra parte, el efecto Haas es utilizado como efecto artístico en la mezcla de canciones, consiguiendo como fruto una imagen más amplia, con una mayor imagen estereofónica [Greg Milner,2015]. A continuación, en la (Figura 1) podemos ver un ejemplo de un medidor de imagen estéreo en el que podemos ver una guitarra sonando en el centro (Imagen Izquierda) y a continuación esta pista se ha duplicado y se ha introducido un retardo de 4ms, el resultado la imagen de la derecha. Como se puede apreciar la imagen estéreo es mayor aún que la calidad empeore debido al filtro peine producido.

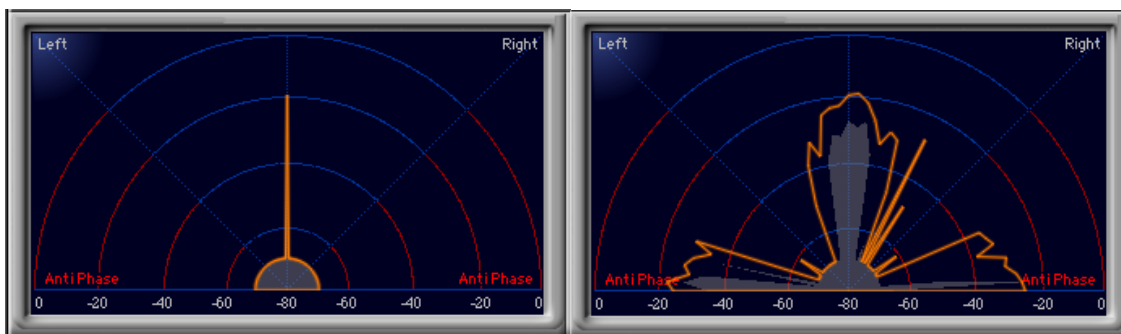


Figure 1-Imagen estéreo de un solo sonido (izquierda) y este mismo duplicado y con un delay (derecha).

En el ajuste de sistemas a penas se pueden encontrar referencias que profundicen en el ajuste de retardos en los que tengan en cuenta el efecto Haas ya que , por regla general se mide la diferencia entre impulsos y no se añade tiempo de retardo extra [Greg Milner,2014]. Esto puede ser debido a la dificultad de encontrar un punto de crossover acústico. Por otra parte se pretende estudiar el como afecta el filtro peine al añadir un tiempo de delay extra y encontrar de si esta es la causa por la cual no se han encontrado referencias.

Capítulo

3

3. Sistemas de refuerzo sonoro

Un sistema de refuerzo comprende todos aquellos altavoces y micrófonos que se colocan en un recinto para amplificar a una o varias personas con el fin de que toda la audiencia tenga una cobertura y sea capaz de entender al orador, músicos o artistas que estén situados en un escenario.

Estos sistemas constan de diferentes partes que analizaremos y definiremos siguiendo el orden desde que la señal entra hasta que esta es amplificada y convertida de nuevo en una onda acústica:

El ciclo comienza por el micrófono, donde una onda acústica se convierte en una señal eléctrica. Existen varios tipos de transductores pero una clasificación común es por la tecnología empleada, siendo estas, mediante condensador, dinámicos o de cinta, aunque también hay otros como los microfonos de presión. El uso de cada tipo de micrófono depende de sus características ya que varían entre cada tipo.

A continuación la señal eléctrica se dirige hasta una mezcladora a través de una manguera donde pueden viajar varias señales al mismo tiempo. En la mesa de mezclas estas señales son procesadas y devueltas al sistema de altavoces.

Una vez las señales han sido mezcladas, la señal master se dirige a los procesadores de los sistemas de amplificación, esta se separa en diferentes vías, baja y alta frecuencia y en ellos se procesa con diferentes tiempos de delay para conseguir que aunque físicamente no estén alineados, sí lo estén temporalmente. Esto se verá más en detalle en el apartado de ajuste de sistemas.

Cuando la señal ya ha sido procesada entra en los sistemas de amplificación. Estos pueden ser altavoces activos, incluyen la fuente de alimentación eléctrica en el interior o pasivos, los cuales requieren de una etapa amplificadora externa y desde esta se conecta un cable con la señal ya amplificada y finalmente acaba por convertirse en una onda acústica en los altavoces.

Depende la zona que se desee cubrir se distinguen los siguientes subsistemas de amplificación de la señal, arrays para altas frecuencias (direccionales) y subwoofers para las bajas (Las diferentes configuraciones de subwoofers se explicarán en el apartado de ajuste de sistemas). Dentro de los arrays de altas frecuencias se separan según la zona de la audiencia en que radian:

- En Horizontal (Figure 2):

Main: Sistema principal que se encarga de dar cobertura a la mayor parte de la audiencia.

Frontfill: Cubre la zona que queda cerca del escenario que no alcanza a cubrir el sistema principal entre el lado izquierdo y derecho.

Outfill: En casos donde los escenarios se montan en estadios y se necesita ampliar la cobertura en los lados de este se utiliza un sistema adicional encargado de cubrir la audiencia que se aloja en los laterales del escenario.

Downfill: Bajo las cajas del Main se añaden cajas con más inclinación para cubrir las zonas más cercanas e incluso bajo los altavoces.

Delay: Cuando se desea cubrir mucha distancia en el frente del escenario o cuando se va a situar público detrás del control de sonido, es necesario el uso de torres de retardo, ya que es imposible cubrirlo con el sistema principal, dado que el control de sonido haría sombra (Figure 16) o no es posible alcanzar un SPL suficiente con el sistema principal a tanta distancia.

Adicionalmente para los músicos se suelen colocar otros sistemas como son el **sidefill** o el **drumfill** para que estos se escuchen a sí mismos y estos miran hacia dentro del escenario.

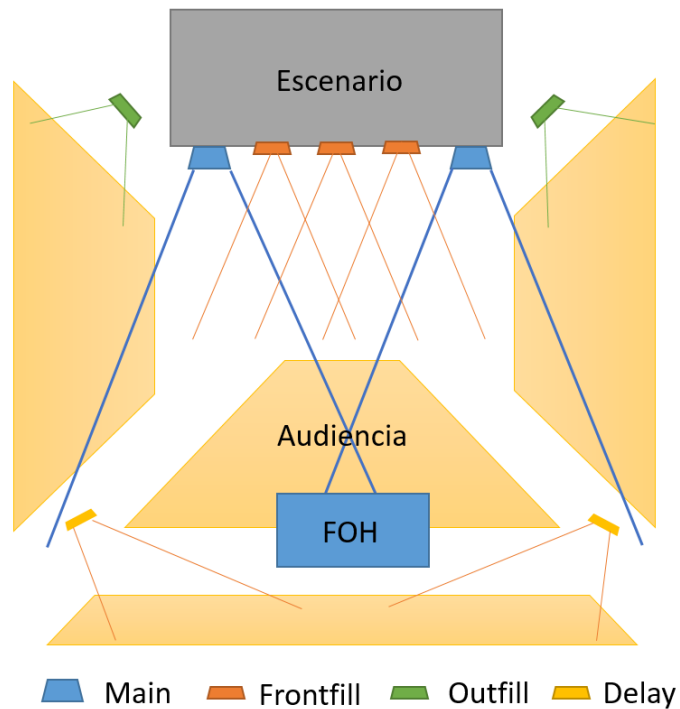


Figure 2- Diferentes sistemas de refuerzo sonoro según su cobertura horizontal.

- En Vertical(Figure 3):

Según la distancia que se desee cubrir se separan las cajas para ser procesadas por separadas ya que las que apunten al final deberán tener mayor nivel que las que apunten a las primeras filas. Por norma general se separan en tiro corto, medio y largo.

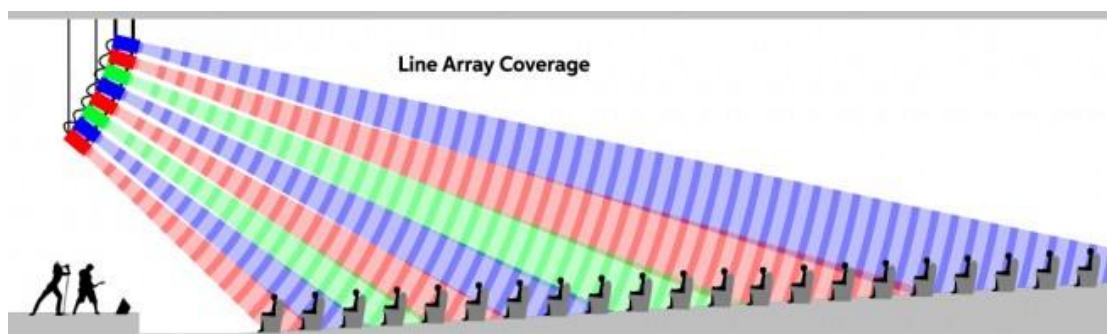


Figure 3- Diferentes Tiros de un array para obtener una cobertura uniforme.

3.1 Ajuste de sistemas

El ajuste de sistemas es el procedimiento de utilizado para que todos los elementos de un sistema de refuerzo sonoro suene como un solo conjunto. Para ello se utilizan herramientas de procesado de audio. Estas son filtrado, compresores, retardos y ecualización. Algunos sistemas mas avanzados incluyen sensores de humedad y temperatura y utilizan estos parametros como entrada para corregir algunos de estos factores medioambientales. Para la explicación utilizaremos la clasificación utilizada por Bob McCarthy [Bob McCarthy,2007] que la divide en las siguientes partes:

3.1.1 Ajuste objetivo (Tuning)

El propósito del Tuning es que el sonido sea el mismo en toda la zona de cobertura, lo que quiere decir, mismo nivel, misma respuesta en frecuencia, misma inteligibilidad en cada butaca. Pero esto no es algo fácil de obtener, ya que el ambiente en el que normalmente se ajustan los sistemas son completamente diferentes en lo referido a la propagación de las ondas sonoras.

Por ello se cuentan con diferentes herramientas de software y hardware que nos ayudan a conseguir nuestra meta. Estas herramientas de medida son analizadores de espectro en tiempo real con el que obtenemos la función de transferencia del sistema.

El procedimiento estándar se puede dividir en dos partes:

- **Ajuste de subwoofers:** Existen varias posibles configuraciones según la respuesta polar deseada, dado que a bajas frecuencias los altavoces se comportan de forma omnidireccional, combinando varios altavoces con un ajuste preciso se puede conseguir que sean direccionales. Estas combinaciones cardiodes son fruto de que no siempre interesa un patrón omnidireccional ya que muchas veces lo que se desea es que el escenario esté libre de bajas frecuencias para facilitar el trabajo al técnico de monitores o bien porque si tienes una pared detrás puede sumarse en contrafase la onda que rebota y cancelar el sonido. Las configuraciones cardioides más utilizadas son las siguientes:
 - **End Fired (Figure 4):** Consiste en colocar un altavoz delante de otro y aplicar un delay entre estos, para conseguir una suma en la parte posterior del arreglo. La distancia entre estos vendrá dada por $\lambda/4$ de

la frecuencia a la que queramos que sea cardioide nuestro arreglo. Por norma general los subwoofers funcionan entre 40-100Hz por lo que tomaremos como frecuencia ejemplo 70Hz entonces nuestra separación física sería 1.21m y el tiempo de delay 3,56ms.

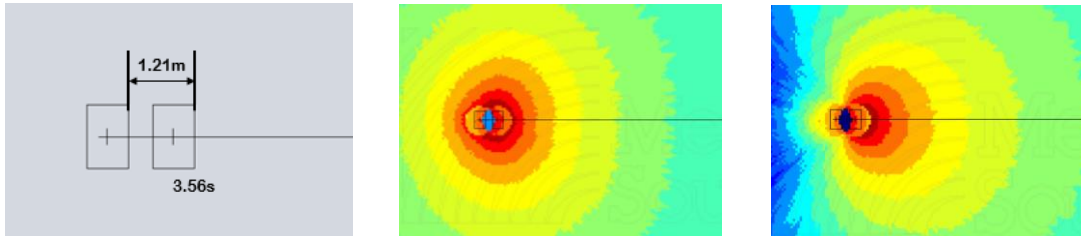


Figure 4-Simulación y ajuste mediante end fired

- **Cardioide (Figure 5):** Consiste en poner tres altavoces apilados dos mirando hacia delante y uno hacia detrás, este deberá tener la polaridad invertida y un delay que vendrá determinado por la longitud del altavoz / velocidad del sonido en el aire. Además, se le deberá aumentar la ganancia para compensar con los dos altavoces que miran hacia delante

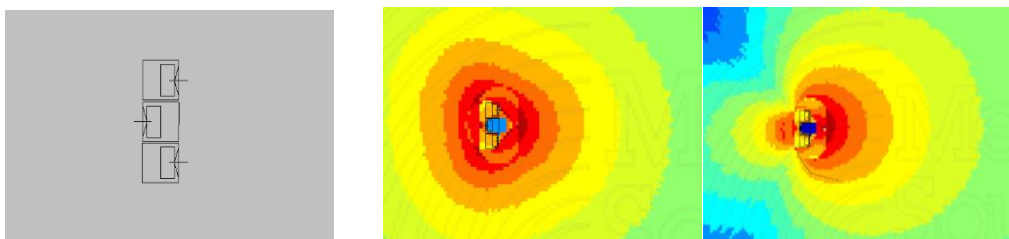


Figure 5- Simulación y ajuste cardioide

- **Ajuste del Sistema completo:** A partir del ajuste de los subwoofers se ajustan el resto de sistemas, ya que se ha fijado un sistema de referencia. Una vez que cada sistema ha ocupado una posición física, y lo que se pretende es el alineamiento temporal del sistema completo se deberá insertar delay a los diferentes line arrays con el fin de llevarlos a la altura horizontal que se ha fijado con los subwoofers.

Como se puede apreciar en (Figure 6) a continuación, las imágenes con un relleno solido es la posición real de los arrays, pero hay que desplazarlos insertando delays a cada uno de ellos para que estén alineados temporalmente con los subwoofers previamente ajustados.



Figure 6- Posición ficticia mediante el uso de delay para los diferentes sistemas.

Por otra parte, además del ajuste temporal se separan las diferentes vías, separando las bajas de las altas frecuencias. Se incluye un filtro paso bajo en el subwoofer y un paso alto en el resto, siendo la frecuencia de corte entre 80-100Hz. Hay varios tipos de filtros que pueden ser utilizados ya que para cada caso se requerirá de unos u otros. Esto es debido a que cada tipo de altavoces tiene una fase diferente, y cada filtro la cambia de un modo otro. El más utilizado es el Linkwitz-Riley (Figure 7) ya que la suma entre el LowPass y el HighPass en la frecuencia de corte es plana.

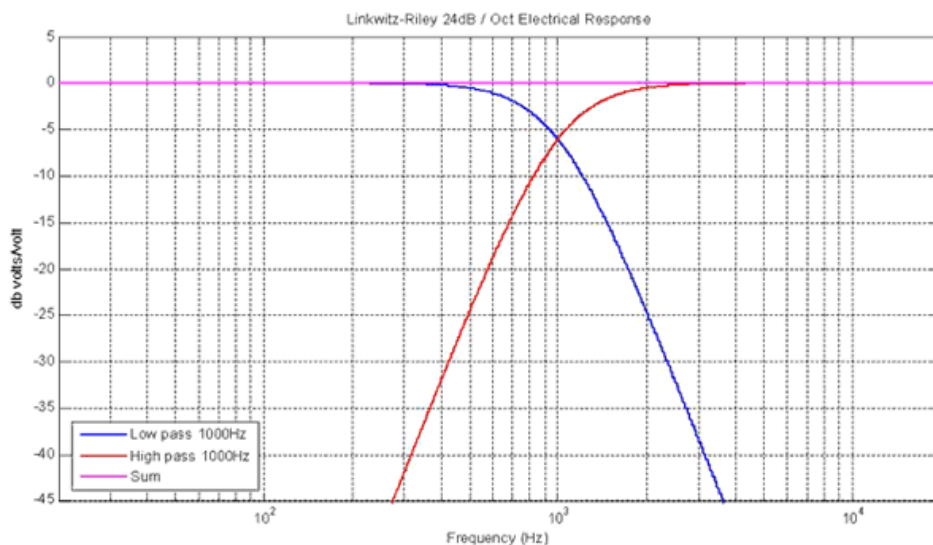


Figure 7-Linkwitz-Riley 24

3.1.2 Ajuste subjetivo (Toning)

Para cada estilo de música se suelen reajustar algunos parámetros como son el ecualizador, siempre a cargo del ingeniero de sonido que acompaña a la banda. Podríamos relacionar esto como los ajustes que traen móviles u ordenadores predeterminados para los diferentes estilos de música.

En este trabajo abordamos esta parte subjetiva, ya que el efecto que se desea conseguir es que no se pierda la imagen sonora del escenario, aunque ello conlleve un ajuste en el que se pierda la calidad del sonido. Por ello buscaremos un punto de equilibrio entre los diferentes factores que afectan para mantener la imagen y al ser posible que la pérdida de calidad no sea detectable por un usuario medio.

3.2 Localización del sonido y Efecto Haas

Según estableció Lord Rayleigh en su teoría dúplex a principios del siglo XX [Rayleigh, 1907], el cerebro tiene dos mecanismos para localizar la procedencia de una fuente sonora en el plano horizontal:

El ITD (Interaural Time Difference), diferencia de tiempo interaural. El tiempo con el que una fuente sonora llega a nuestro sistema de escucha es diferente para cada uno de nuestros oídos. Esto hará que el cerebro interprete que el sonido proviene del lado correspondiente al oído que primero ha llegado.

El ILD (Interaural Level Difference), diferencia de nivel interaural. Si dos fuentes llegan a nuestros oídos con coherencia de fase nuestro cerebro interpretara que proviene solo de una única fuente, se acercara más a una o a otra en función del nivel de cada una. Esto se conoce como el efecto phantom, ya que el sonido viene de una posición ficticia. El cerebro utilizara estas dos técnicas la combinación de estas dos técnicas para crear una imagen sonora en el plano horizontal.

Como se ha hablado en el ITD, según como lleguen dos señales en el tiempo nuestro cerebro interpretara estas de una forma u otra, pero, ¿escucharemos dos señales distintas y separadas?

La respuesta es no, el cerebro integra sonidos separados en el tiempo hasta 30-50ms dependiendo de la señal, ya que, si no, imaginemos un teatro en el que damos una palmada y cada reflexión llega en un momento diferente, escucharíamos varias palmadas. Este eco

solo lo escucharemos cuando la diferencia entre ellas se mayor al margen de tiempo indicado anteriormente. A este fenómeno se le denomina el efecto de precedencia o efecto Haas.

El efecto Haas es un fenómeno de escucha espacial relacionado con cómo interpretamos un sonido que llegan en dos momentos diferentes. En concreto cuando una fuente sonora cercana en el tiempo entre la señal directa y una reflejada alcanzan al oyente. Esto lo interpretaremos como un solo sonido y percibiremos que procede de la dirección de la primera señal que llega. No se debe confundir El efecto Haas con el ITD, ya que son cosas diferentes, el primero está relacionado con la diferencia en la que llegan las señales y el ITD es el sistema que utilizamos los humanos para localizar fuentes sonoras.

Por otra parte, los sistemas de retardo suelen estar formados por altavoces de alta frecuencia. Los mecanismos de localización del sonido por encima de 1600Hz o lo que es lo mismo, longitudes de onda menores que el tamaño de la cabeza pueden crear localizaciones ambiguas ya que los delays de fase son muy pequeños, pero es aquí donde el ILD empieza a funcionar. Sobre todo, en ambientes reverberantes donde llegan diferentes señales reflejadas al oído con diferentes niveles.

3.3 Retardos

Los sistemas de refuerzo sonoro de retardo (*delay tower*) son un sistema adicional al principal cuya funcionalidad es ampliar el área de cobertura permitiendo mantener un menor volumen en el sistema principal. Esto es una ventaja ya que en los sistemas más primitivos estacados, el público de las primeras filas tenía que soportar un volumen demasiado alto para que en la parte de atrás de la zona de escucha llegase el sonido. Con la llegada de los Line arrays esto se mejoró, pero aun así la calidad del sonido depende de las condiciones climáticas ya que la humedad y la temperatura pueden atenuar las altas frecuencias, creando así una peor inteligibilidad. Con los sistemas de retardo se consigue mejorar esta teniendo así un sistema sonoro distribuido que con menos volumen se puede tener mejor claridad y un nivel de presión más uniforme.

3.3.1 Problemas

Se pueden encontrar dos tipos de retardo, para conciertos al aire libre o en teatros para que la inteligibilidad mejorar la inteligibilidad. Estos se diferencian en que en que en los destinados solo a mejorar la inteligibilidad no amplifican todo el rango de frecuencias, y en estos funciona el efecto Haas ya que, es para lo que está estudiado. Esto cambia para los sistemas de refuerzo sonoro al aire libre ya que tenemos sonidos más constantes y más

percusivos. Esto nos puede crear que la imagen se cree entre los dos sistemas de refuerzo, el principal y el retardado. Además, el principal problema de que una señal se duplique y se retrase es el filtro peine que se produce entre ellas.

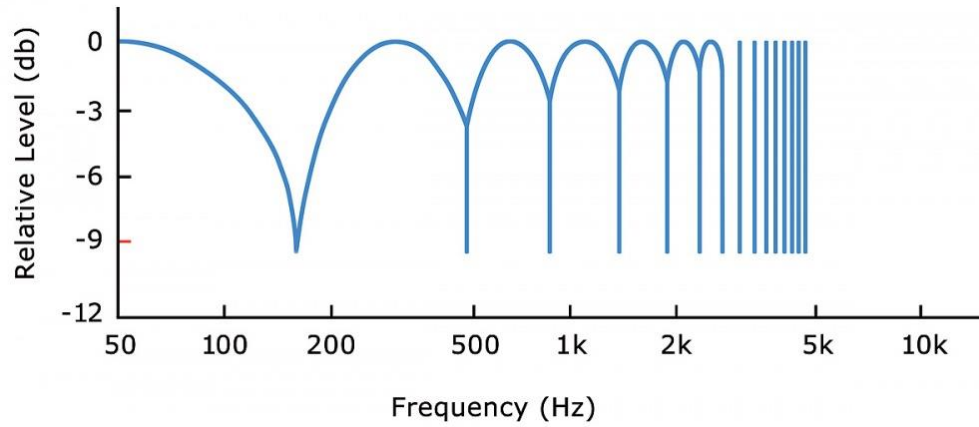


Figure 8- Filtro Peine o Comb Filter

Capitulo 4

4. Estudio subjetivo

Para el desarrollo de este proyecto y comprobar como juega el efecto Hass con la procedencia de los sonidos se ha realizado un estudio subjetivo con diferentes sujetos, sin llegar a ser algo estadístico ya que se requeriría un alto número de usuarios, y en este trabajo no teníamos esa capacidad. A pesar de no ser estadístico se han podido encontrar ciertos patrones.

El estudio consiste en colocar dos altavoces separados (sistema principal, y sistema retardado) a una distancia que vendrá dada por la caída del SPL de 6dB (Figure 9). Se ha cogido este valor porque es el rango máximo de diferencia que debería haber en toda la zona de cobertura.

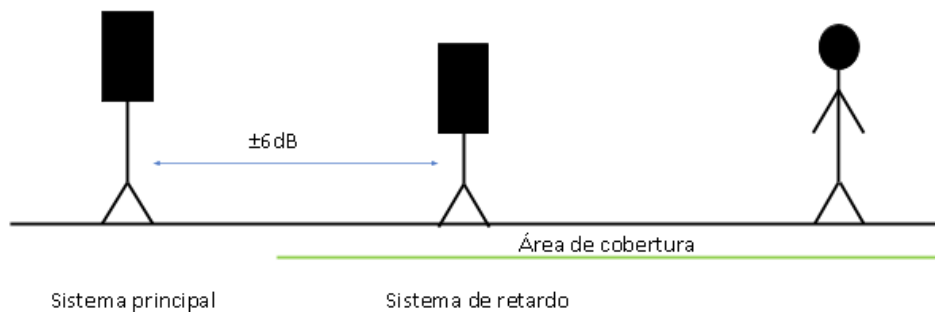


Figure 9- Zona de cobertura

Con el desarrollo de este experimento se pretende encontrar patrones objetivos para el ajuste de las líneas de retardo. Para ello plantearemos diferentes pruebas y someteremos a diferentes sujetos. A partir de los resultados se realizará un estudio y se obtendrán conclusiones.

4.1 Material empleado

En cuanto a los medios necesarios para el desarrollo de las pruebas, se utilizará el material que podemos encontrar en el laboratorio de la propia universidad, que, aunque no el ideal será suficiente para desarrollar los experimentos. Contaremos con un medidor de espectro en tiempo real basado en la FFT. El sistema de doble canal nos permite compara dos señales, por ejemplo, la entrada con la salida. Este cuenta con un generador de diferentes ruidos que se pueden filtrar o sinusoides a frecuencias que podemos elegir. Con esta herramienta podremos comprobar que los ajustes que realicemos en el procesador, están funcionando

correctamente. Además, también nos permite almacenar los resultados de medidas en espectro y fase y así poder comparar los diferentes ajustes realizados.

Por otra parte, se utilizaron dos altavoces LD System Stinger 8a G2 de 170W RMS con woofer de 8" y tweeter de 1". El máximo es SPL es de 118dB. Estos irán colocados sobre trípodes y serán alimentados con señales que vendrán desde el procesador.

El procesador utilizado es el Behringer DCX(Figure 10), cuenta con 3 entradas analógicas, aunque una puede ser utilizada como entrada digital AES/EBU y 6 salidas analógicas. El procesador trabaja a 24-bit de resolución y a una frecuencia de muestreo de 96Khz. Todas las salidas pueden ser configuradas pudiendo incluirse en todas filtros, ecualizadores, delays de diferentes tipos y un limitador. En cuanto al routing se puede cambiar directamente desde los botones, aunque también cuenta con un software con el que podemos trabajar las memorias offline para editar todos los parámetros.



Figure 10- Behringer DCX

El micrófono empleado debe ser de respuesta plana por ello hemos utilizado un micrófono de medición estándar ECM8000. El patrón polar es omnidireccional y requiere de una alimentación phantom de 48V DC.

4.2 Montaje experimental

Intentando copiar un sistema real y con los medios disponibles se ha realizado el montaje (Figure 11). A partir del SPL que viene en la hoja de características del altavoz se ha calculado según la ecuación de atenuación con la distancia de una onda esférica, y para respetar los 6dB de la zona de cobertura de se deberían colocar a 2 metros una membrana de otra. Dado que estos son los cálculos para los altavoces a máxima potencia se considerará sobre el montaje la distancia conveniente entre estos ya que la ganancia puede ser ajustada.

El software de medida genera las señales de prueba para el ajuste inicial, estas se conectan a la entrada 1 del procesador, y por la salida 1 se alimenta la caja principal y por la salida 2 la caja de retardo.

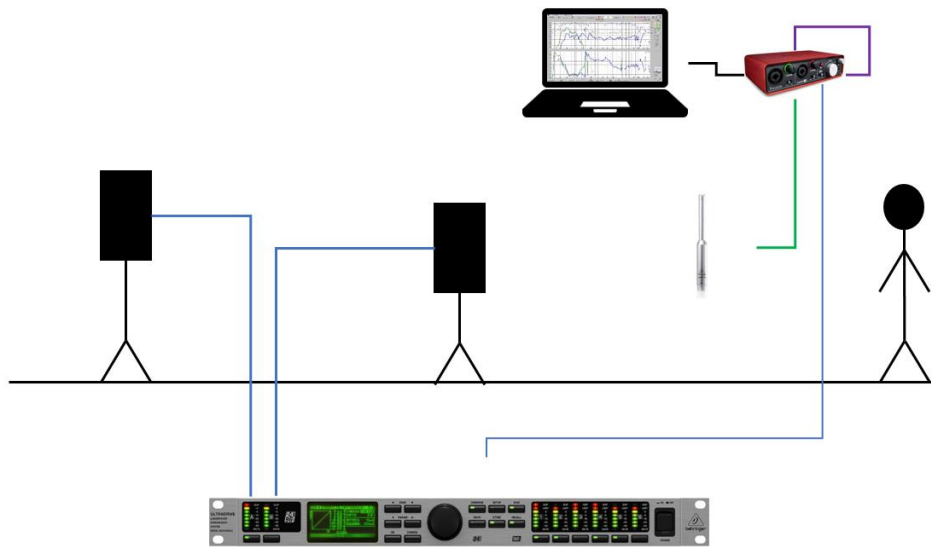


Figure 11- Esquema del montaje realizado

En lo relacionado a la posición el altavoz de retardo, este debe estar dentro del campo del altavoz principal. Como la dispersión es de 100° en Horizontal, hemos creado un esquema con el que por cada metro en la vertical del altavoz no nos podemos mover más de 1,33 metros en horizontal desde el eje. A más distancia en vertical más abierto puede estar el altavoz de retardo.

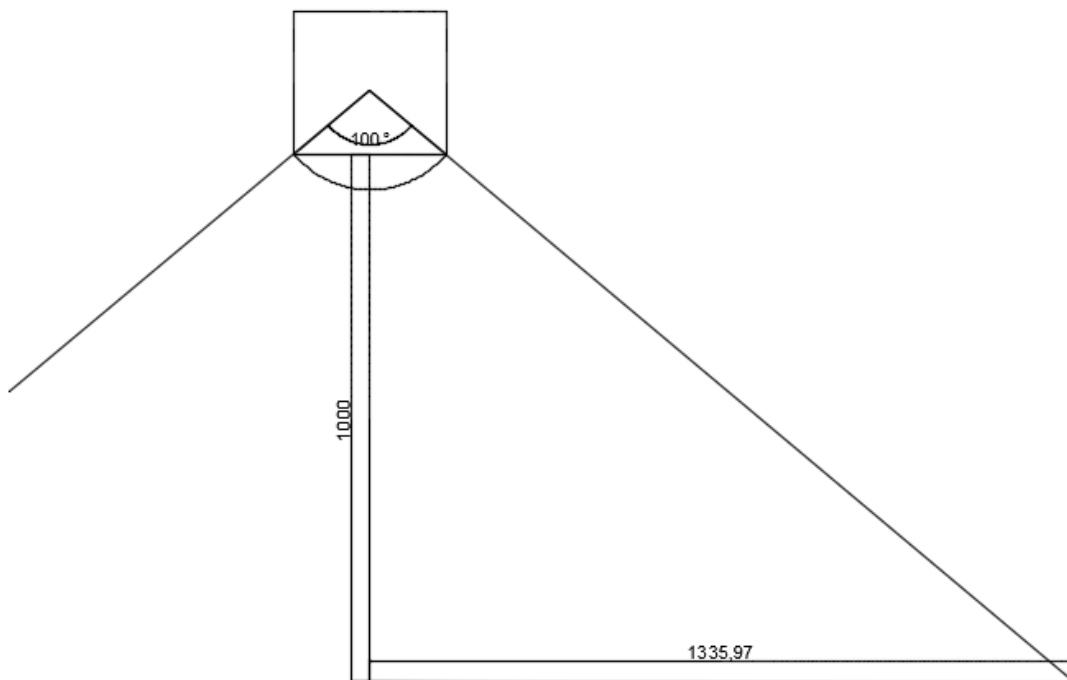


Figure 12- Dispersión de los altavoces empleados

En un sistema convencional estos suelen quedar a los lados del sistema principal y por ello la posición de ajuste del retardo suele ser en el centro, ya que es la posición óptima, o que a más número de público favorece. Esto se debe a que en cada punto del espacio necesitaríamos un ajuste diferente porque las ondas llegan con dos momentos temporales diferentes.

En cuanto al procesado solo variaremos dos parámetros en el altavoz retardado siendo estos la ganancia y el delay (Figure 13).

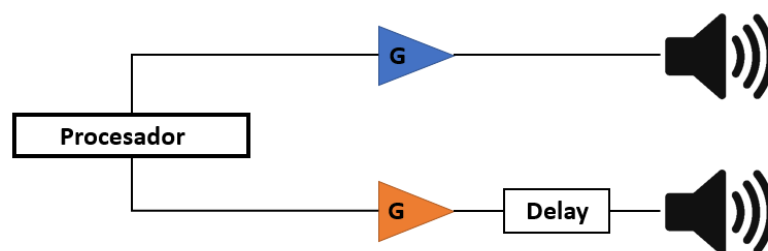


Figure 13-Diagrama de bloques del procesado.

4.3 Desarrollo experimental

Antes de proceder con el diseño de la encuesta se ha realizado un montaje experimental (Figure 14) previo al montaje final para posteriormente realizar las pruebas con una muestra de sujetos. Con este hemos podido comprobar que la teoría es cierta, y que la localización entre estos dos sistemas depende del nivel y el tiempo de retardo. Pero son parámetros que pueden variar según la posición del sujeto, y que no tienen un valor fijo.

La primera prueba ha consistido en realizar un ajuste estándar en el que ambos altavoces llegaban al punto de escucha con el mismo nivel de presión sonora y con el mismo frente de onda. Para ello hemos utilizado el sistema de medida de la (Figure 11).

Con esta prueba hemos obtenido dos conclusiones. La primera es que, dado que los sistemas de localización del ser humano funcionan dependiendo de la frecuencia, al utilizar ruido rosa, se obtiene una posición confusa. Por ello para el test utilizaremos música. También puede deberse a que el ruido rosa es continuo y no tiene partes rítmicas.

Además, también se ha podido observar que los sentidos como la vista influyen mucho al resultado que aportamos ya que varía el resultado con el que concluimos si lo hacemos con los ojos tapados.



Figure 14-Montaje realizado

4.3.1 Diseño del experimento

Para el diseño de la encuesta se han tenido en cuenta varios factores. Para la selección de la muestra no se requerido ninguna cualidad especial, pero sí que se han descartado los resultados para aquellos que no han validado la encuesta. La validación de la encuesta ha consistido en realizar una pregunta en la que se escuchaba eco ya que se introdujo una diferencia de 80ms entre las dos fuentes cuando los altavoces apenas estaban separados sobre 7 metros. Si el sujeto no percibía el claro eco la encuesta era automáticamente invalidada.

A partir de los parámetros obtenidos del ajuste estándar se crearon los diferentes presets, en los que se aumentaba el tiempo de delay y ganancia progresivamente con el fin de obtener el máximo tiempo de delay que podemos obtener sin percibir eco y además ver el límite de

volumen que podríamos tener en el altavoz retardado sin perder la imagen sonora en el sistema principal.

Los miembros de la muestra deberán marcar la procedencia de la fuente sonora, si en el sistema principal o en el retardo. Además, se reproducirá la misma canción con diferentes preset y estos deberán marcar para cada ajuste si perciben eco.

4.3.2 Procedimiento de ajuste y desarrollo

Una vez situados los dos altavoces en una posición en la que se cumple la teoría explicada anteriormente, ligeramente desplazado de la perpendicular del altavoz principal, se ha procedido al ajuste. Después de calibrar el software de ajuste se ha medido el SPL de ambos altavoces y el tiempo que tardaba en llegar el sonido del altavoz principal a la posición de ajuste.

Para alinear los impulsos se introduce la diferencia de tiempo entre los dos altavoces en el canal del procesador de el altavoz retardado, y se ajustan las ganancias para tener el mismo volumen de las dos fuentes en el punto de ajuste.

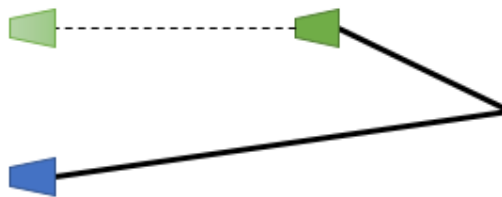


Figure 15- Esquema del altavoz retardado

Una vez se han realizado los ajustes, ya se tiene un punto de partida para diseñar los diferentes preset que se almacenarán en la memoria del procesador. A partir de este ajuste inicial se incrementaron los valores de delay y ganancia buscando el límite en el que se mantenía la imagen sonora en el altavoz principal.

Dado que las canciones tienen una parte más rítmica y otra con sonidos más constantes puede generarse confusión a la hora de decidir de qué fuente procede la música ya que los impulsivos se mantienen en el sistema principal mientras que los otros instrumentos aparentan sonar más por el retardo.

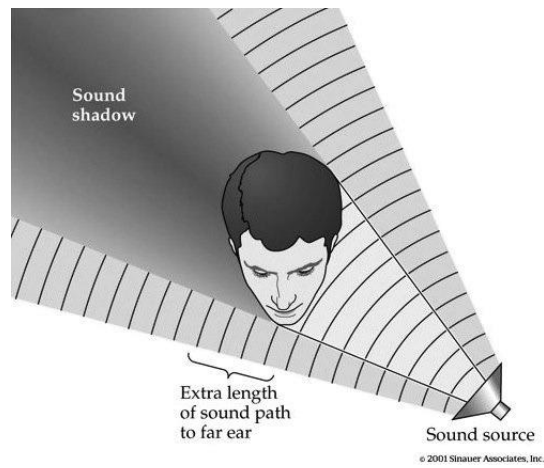


Figure 16- Sombra acústica

Capítulo

5

5. Resultados

El desarrollo del experimento se llevó a cabo con una muestra de 5 sujetos. Con objeto de preservar la escucha de los sujetos y evitar la fatiga acústica, que podría dar lugar a obtener una reducción significativa de la precisión de los datos proporcionados solo se realizaron 5 diferentes escuchas por cada prueba. A mayor número de presets más exactitud se hubiese conseguido en los resultados, pero esto hubiese conllevado a realizar más test en diferentes momentos para mantener la frescura de los sujetos y esto suponía la dificultad de conseguir realizar la prueba bajo los mismos factores como la temperatura y ruido de fondo.

Para que todos los sujetos se situasen en la misma posición se utilizó el pie de micro en el mismo lugar donde se realizó el ajuste previo.

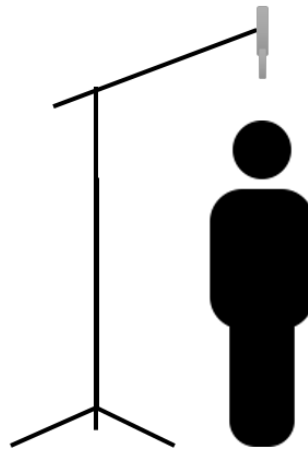


Figure 17-Colocación del micrófono de medida, posición de referencia.

Lo valores del retardo y ganancia se eligieron a partir del ajuste inicial. A continuación, podemos ver en la (Figure 18) como antes del ajuste se pueden observar claramente dos impulsos separados. A partir de estos se han ido incrementando los valores de ganancia y tiempo de retardo, siempre sin sobrepasar los 50 ms, ya que lo percibiríamos como eco. De hecho, en la prueba se ha puede observar cómo incluso antes de acercarnos a ese valor algunos de los sujetos percibieron eco.

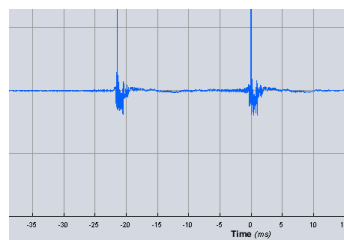


Figure 18- Respuesta al impulso de las diferentes fuentes antes del ajuste.

| <i>Presets</i> | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Tiempo de Delay (ms)</i> | 22 | 32 | 40 | 50 | 80.93 |
| <i>Gain (dB)</i> | -5,8 | -2,5 | -3 | 1.5 | 5 |

Figure 19-Presets con los que se realizaron los test.

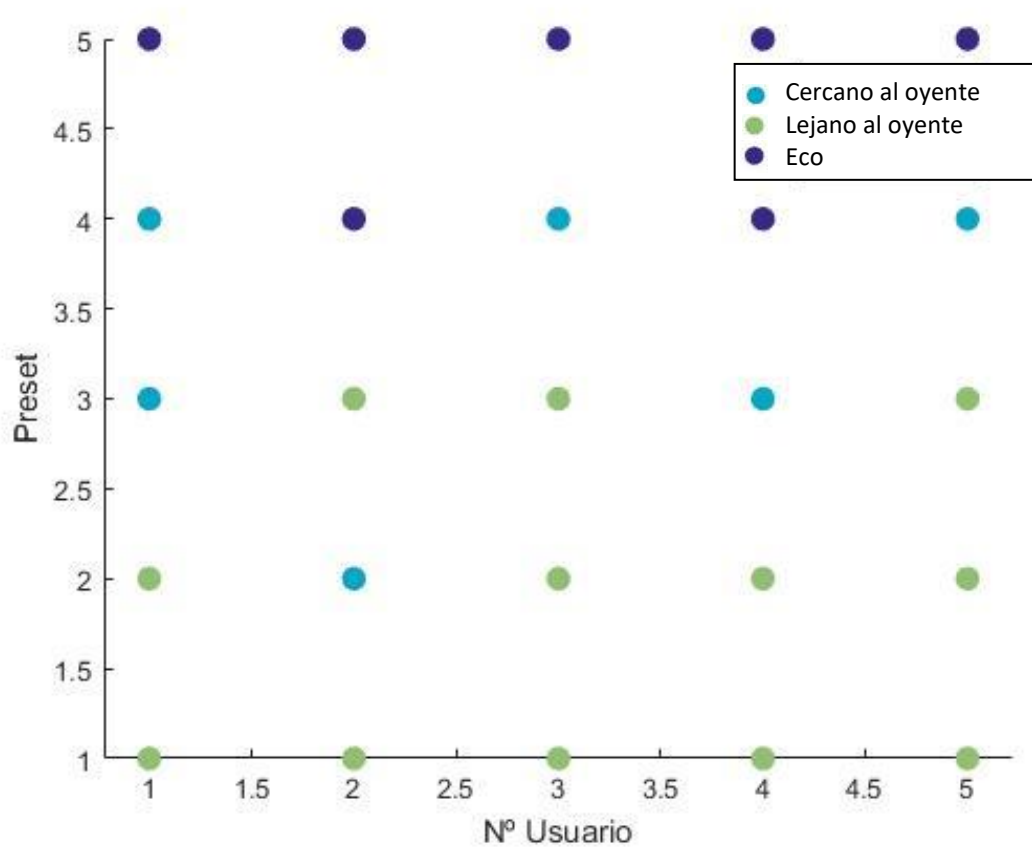


Figure 20- Resultados de la escucha

A la vista del gráfico como se puede observar, para cada preset los usuarios marcaron diferentes localizaciones. Para el Preset 1, todos los usuarios localizaron el sonido en el altavoz principal, a continuación, se incrementó el tiempo de delay pero a su vez se incrementó la ganancia del altavoz de retardo y aquí aun la mayoría de sujetos marcaron que el sonido provenía del sistema principal.

Es el tercer ajuste en el que encontramos el límite ya que solo 3/5 eligieron que la fuente principal era el sistema más lejano a ellos. También podemos ver como la mayoría percibía el altavoz de retardo como fuente principal, e incluso dos usuarios percibieron eco en el

ajuste 4. Todos estos presets fueron reproducidos en orden aleatorio para evitar que influyese la previsión de los oyentes. Por lo que podemos concluir que se podría incrementar la ganancia al sistema de retardo, incluyendo 20ms de delay y no perderíamos la ubicación de la fuente.

Se debe tener en cuenta que el ensayo se ha realizado con altavoces de alta frecuencia por lo que suponemos que no tienen una directividad omnidireccional (Figure 21). Si estos refuerzos contasen con sistemas de subwoofer se deberían utilizar las configuraciones cardioides explicadas en el apartado de ajuste de sistemas.

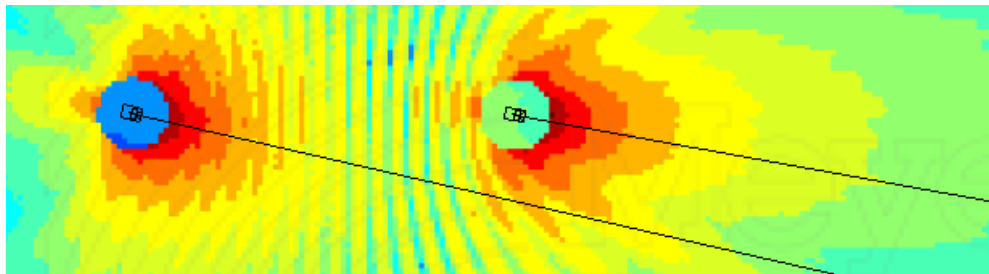


Figure 21- Crossover entre el sistema principal y un retardo no direccional

En este trabajo se ha planteado un ajuste desde un punto de vista subjetivo, si miramos los resultados desde un punto objetivo, observaremos el filtro en peine causado (Figure 23), en el que tenemos cancelaciones en todo el espectro, pero a cambio tendremos más volumen y mantendremos la imagen sonora.

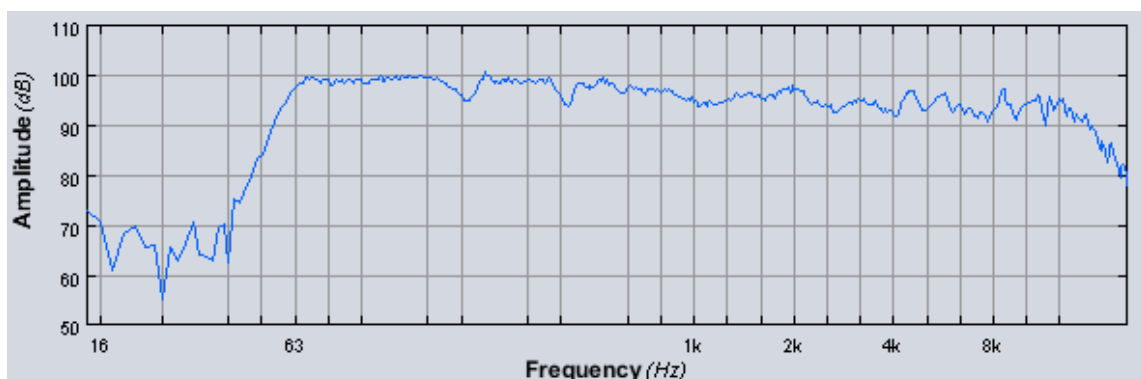


Figure 22- Respuesta del sistema con ajuste tradicional

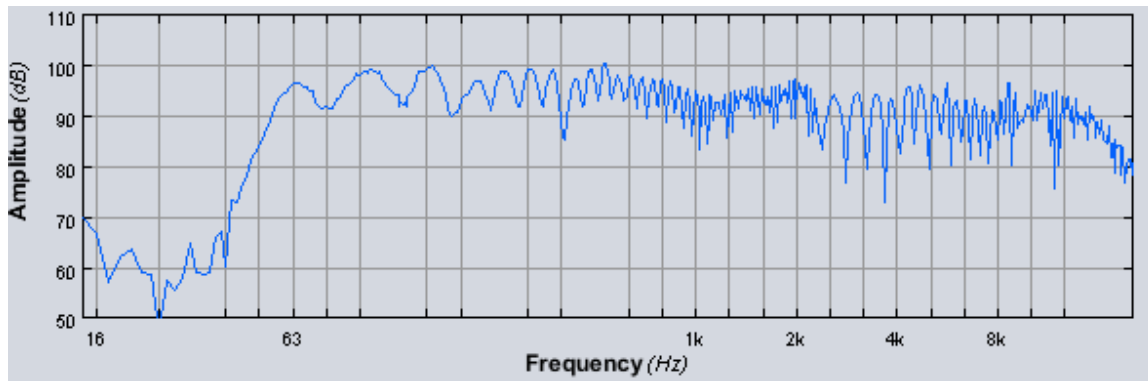


Figure 23-Respuesta del sistema con el Preset 3 y filtro peine

5.1 Discusión

Los resultados nos han aportado datos interesantes acerca del ajuste de sistemas de retardo, ya que como podemos observar, añadiendo 20ms a partir de la posición de ajuste podemos incrementar hasta 3dB el nivel de los sistemas de retardo. Se debe barajar la finalidad con la que se va a realizar el ajuste, y estudiar si predomina la localización sonora sobre la calidad del sonido.

Remarcar que como casi todo en el mundo del sonido está relacionado con amplificar señales ligadas a un mundo artístico, hemos dejado que sea la subjetividad la que realmente marque los valores de este proyecto, pero siempre apoyándonos en la psicoacústica.

Como una posible continuación de este desarrollo se podrían estudiar las siguientes líneas:

-Estudio subjetivo de la calidad frente a la localización, o ¿Somos capaces de detectar el filtro peine sin comparar?

-Ya que la vista predomina sobre nuestros oídos, ¿se podría incrementar todavía más el tiempo de delay y la ganancia si nos estamos fijando en un concierto real o en una pantalla?

Conclusiones

El ajuste de sistemas, todavía en desarrollo es una rama de la física propagación del sonido en la que aún queda mucho por descubrir, esto lo hemos podido observar a la hora buscar información en forma de publicaciones científicas.

El hecho de plantear un experimento de una forma subjetiva puede llegar a ser algo complejo, ya que cada sujeto puede tener una escucha completamente diferente, aunque por suerte

nosotros a pesar de el minúsculo tamaño de la muestra hemos conseguido obtener unos resultados con sentido.

Bibliografía

- [] Andy, Coules. (2014). Prosoundweb. **Retrieved from**
http://www.prosoundweb.com/channels/live-sound/the_history_of_pa_part_1/2/
- [] Bob McCarthy. (2007). *Design and Optimization : Modern Techniques and Tools for Sound System Design and Alignment*. (Focal Press). España: Léeme Editores
- [] J. W. S. Rayleigh. (1907). Our perception of sound direction (Philosophical Magazine).
- [] Albert G. D., & Pepe, F. (2014). *Configuración y ajuste de sistemas de sonido* (Publicaciones Altaria). Tarragona, España: Publicaciones Altaria.

Apéndice

ESPECIFICACIONES

Especificaciones técnicas de Scarlett 6i6

| Configuración | |
|---------------------------------|--|
| Entradas | 6: analógicas (4), S/PDIF (2) |
| Salidas | 6: analógicas (4), S/PDIF (2) |
| Mezcla | Completamente asignable 6-entradas/6-salidas |
| Performance Digital | |
| Rango dinámico A-D | 104 dB CCIR-RMS (Todas las entradas) |
| Rango dinámico D-A | 102 dB CCIR-RMS (Salidas de línea) |
| Frecuencias de muestreo | 44.1 kHz, 48 kHz, 88.2 kHz & 96 kHz |
| Jitter de clock | Menor a 250 ps |
| Entradas de micrófono | |
| Respuesta en frecuencia | ± 0.5 dB @ 20 Hz, ± 0.1 dB @ 20 kHz, (Ganancia mínima) |
| THD+N | -96 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz de ancho de banda) |
| Ruido EIN | -122 dBu CCIR-RMS (Medido a 60 dB de ganancia, con terminación de 150 ohm) |
| Nivel máximo de entrada | +9 dBu (Sin pad) |
| Entradas de línea | |
| Respuesta en frecuencia | ± 0.5 dB @ 20 Hz, ± 0.1 dB @ 20 kHz (Ganancia mínima) |
| THD+N | -80 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW) |
| Ruido | -105 dBFS CCIR-RMS (Ganancia mínima, terminación de 150 ohms) |
| Nivel máximo de entrada | +28 dBu |
| Entradas de instrumento | |
| Respuesta en frecuencia | ± 0.3 dB @ 20 Hz, ± 0.1 dB @ 20 kHz (Ganancia mínima) |
| Ruido | -103 dBFS CCIR-RMS (Medido a ganancia mínima) |
| Nivel máximo de entrada | +8 dB (Sin pad) |
| Salidas de línea | |
| Nivel máximo de salida (0 dBFS) | +11 dBu, balanceada |
| THD+N | -100 dB (1 kHz, -1dBFS, 20 kHz BW) |

Características físicas y eléctricas

| Entradas analógicas 1 & 2 | |
|--------------------------------------|---|
| Conectores | XLR tipo Combo: Mic/Line/Inst, en el panel frontal |
| Conmutación Mic/Line | Automática |
| Conmutación Line/Instrument | Vía software desde Scarlett MixControl |
| Alimentación Phantom | Compartido +48 V, interruptor para entradas 1 y 2 |
| Entradas analógicas 3 & 4 | |
| Conectores | 2 jacks TRS balanceados de ¼" en el panel posterior |
| Salidas analógicas 1 a 4 | |
| Conectores | 4 jacks TRS balanceados de ¼" en el panel posterior |
| Salidas estéreo de auriculares | 2 jacks TRS de ¼" en el panel frontal |
| Control de monitorización Main | En el panel frontal |
| Controles de nivel de auriculares | |
| Otras E/S | |
| E/S S/PDIF | 2 conectores phono (RCA) |
| USB | 1 conector USB 2.0 Tipo B |
| E/S MIDI | 2 zócalos DIN de 5 pines |
| Peso y dimensiones | |
| Ancho x Prof x Altura | 210mm x 180mm x 50mm |
| Peso | 1.18 kg / 2.6lbs |

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Para todas las consultas sobre resolución de problemas, visite la base de respuestas a preguntas frecuentes en el sitio web de Focusrite www.focusrite.com/answerbase donde encontrará artículos que cubren numerosos ejemplos de resolución de problemas.

COPYRIGHT Y NOTIFICACIONES LEGALES

Focusrite es una marca comercial y marca registrada y, Scarlett 6i6 es una marca comercial de Focusrite Audio Engineering Limited.

Todas las otras marcas y nombres comerciales son propiedad de sus respectivos dueños.
2013 © Focusrite Audio Engineering Limited. Todos los derechos reservados.



STINGER8G²

8"/1" PASSIVE / POWERED MULTI-FUNCTIONAL SPEAKER

SPECIFICATIONS

| Model name: | LDEB82G2 | LDEB82AG2 |
|----------------------------------|---|---|
| Type: | Passive multi-functional speaker | Powered multi-functional speaker |
| Woofer size: | 8" | 8" |
| Woofer magnet: | Ferrit | Ferrit |
| Woofer brand: | Custom made | Custom made |
| Woofer voice coil: | 2" | 2" |
| Horn: | CD horn | CD horn |
| HF driver size: | 1" | 1" |
| HF driver magnet: | Ferrit | Ferrit |
| HF driver brand: | BMS | BMS |
| HF driver voice coil: | 1" | 1" |
| Amplification: | - | Class D, ICEpower 50ASX2 |
| Dispersion: | 100 x 55° | 100 x 55° |
| Rated system power (RMS / peak): | 200 W / 400 W | 170 W / 340 W |
| Frequency range: | 70 Hz - 19 kHz | 70 Hz - 19 kHz |
| Max. SPL (continuous): | 118 dB | 116 dB |
| Impedance: | 8 Ohms | - |
| Protection: | HF driver | HF driver, short circuit, over-current |
| Input sensitivity: | - | -9 dBu |
| Controls: | - | Mic gain, line gain, volume, treble, bass, power |
| Indicators: | - | Limit, power |
| Line / mic inputs: | - | XLR/jack (combo) |
| Line Outputs: | - | XLR |
| Speaker connectors: | SPKn | - |
| Power supply: | - | Switch-mode power supply |
| Operating power: | - | 230 V AC |
| Cabinet material: | 15 mm plywood | 15 mm plywood |
| Cabinet Surface: | Textured paint | Textured paint |
| Dimensions (W x H x D): | 270 x 450 x 290 mm | 270 x 450 x 290 mm |
| Weight: | 10 kg | 11 kg |
| Features: | Ergonomic milled handles, threaded flange M10 for super clamp, aluminium thread 36 mm | Ergonomic milled handles, threaded flange M10 for super clamp, aluminium thread 36 mm |

ULTRADRIVE PRO DCX2496

La preselección "5.1FRONT" está optimizada para el altavoz frontal L-C-R con dos vías respectivamente (véase al respecto el Capítulo 5.3). Las tres señales necesarias "delante izquierda, delante centro, delante derecha" se conducen a través de las tres entradas A, B, C al primer DCX2496.

La preselección "5.1REAR" debe seleccionarse como base de salida en el segundo DCX2496. Ésta abastece a los dos altavoces envolventes posteriores (igualmente sistemas de dos vías) así como al canal de subbajo monofónico (también denominado "LFE" para "Low Frequency Enhanced") con las señales de entrada correspondientes "detrás izquierda, detrás derecha y subbajo" a través de las conexiones A, B, C. La sexta salida del segundo ULTRADRIVE PRO permanece sin utilizarse, pero puede emplearse también para efectos adicionales o como línea de retardo mono.

7. DATOS TÉCNICOS

ENTRADAS ANALÓGICAS (A, B, C)

| | |
|-----------------------|-------------------------------|
| Tipo | balanceada electrónica |
| Conexión | XLR |
| Nivel de entrada máx. | +22 dBu |
| Impedancia de entrada | aprox. 20 k Ω en 1 kHz |
| Superposición de voz | -72 dB @ 0 dBu In |

ENTRADA DIGITAL (A)

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Conexión | XLR |
| Formato | S/PDIF o AES/EBU |
| Nivel de entrada | 0,3 hasta 10 Vpp |
| Impedancia de entrada | aprox. 110 Ω |
| Frecuencia de muestreo | 32 hasta 96 kHz |
| Particularidad | Convertor de frecuencia de muestreo |

ENTRADA DE MICRÓFONO (C)

| | |
|-----------------------|------------------------------|
| Tipo | balanceada electrónica |
| Conexión | XLR |
| Nivel de entrada máx. | -23 dBu |
| Impedancia de entrada | aprox. 470 Ω en 1 kHz |
| Alimentación fantasma | +15 V |

SALIDAS ANALÓGICAS (1, 2, 3, 4, 5, 6)

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Tipo | balanceada electrónica |
| Conexión | XLR |
| Nivel de salida máx. | +22 dBu |
| Impedancia de salida | aprox. 160 Ω en 1 kHz |
| Superposición de voz | -100 dB @ 0 dBu In |

DATOS DEL SISTEMA

| | |
|---|---|
| Frecuencia de muestreo | 96 kHz |
| Retardo de la señal | < 1 ms |
| | entrada analógica a salida analógica |
| Respuesta de frecuencia | 10 Hz hasta 35 kHz (-1 dB) típ. |
| Margen dinámico | 109 dB |
| (analógico encendido \Rightarrow analógico apagado) | |
| Ruidos de entrada | -90 dBu (@ +22 dBu \Rightarrow 112 dB) |
| Ruidos de salida | -90 dBu (@ +22 dBu \Rightarrow 112 dB) |
| THD+N Ratio | 0,007 % @ 0 dBu In, Amplificación 1 0,004 % @ 10 dBu In, Amplificación 1 |

TRANSFORMADOR

| | |
|-------------------|----------------------------|
| Transformador A/D | |
| Resolución | Delta-Sigma AKM® de 24 bit |
| Sobremuestreo | 64 veces |
| Margen dinámico | 112 dB típ. |
| Transformador D/A | |
| Resolución | Delta-Sigma AKM® de 24 bit |
| Sobremuestreo | 64 veces |
| Margen dinámico | 112 dB típ. |

INTERFAZ SERIAL

| | |
|---------------------|--|
| RS-232 | |
| Tipo | Toma sub-D de 9 pines |
| Tipo de transmisión | 115200 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de llenar, sin paridad |
| RS-485 (2 veces) | |
| Tipo | Toma RJ-45 |
| Tipo de transmisión | 115200 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de llenar, sin paridad |

SUMINISTRO DE CORRIENTE

| | |
|---------------------------|---|
| Tensión de red | |
| EE.UU. / Canadá | 120 V~, 60 Hz |
| Europa / R.U. / Australia | 230 V~, 50 Hz |
| Japón | 100 V~, 50 - 60 Hz |
| Modelo de exportación | 120/230 V~, 50 - 60 Hz |
| Potencia de consumo | aprox. 12 W |
| Fusibles | 100 hasta 240 V~: T 1 A H |
| Conexión a red | Conexión con cable conector de tres espigas estándar |

DIMENSIONES

| | |
|------------------------|---|
| (alto x ancho x prof.) | 1 3/4" (44,5 mm) x 19" (482,6 mm) x 8 1/2" (217 mm) |
|------------------------|---|

| | |
|------|-------------|
| PESO | aprox. 3 kg |
|------|-------------|

| | |
|--------------------|---------------|
| PESO DE TRANSPORTE | aprox. 4,2 kg |
|--------------------|---------------|

La empresa BEHRINGER se esfuerza siempre para asegurar el mayor nivel de calidad. Las modificaciones necesarias serán efectuadas sin previo anuncio. Por este motivo, los datos técnicos y el aspecto del equipo pueden variar con respecto a las especificaciones o figuras mencionadas.

Technical Specifications

Version 1.2 July 2000



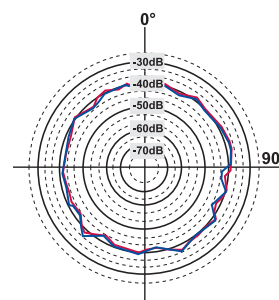
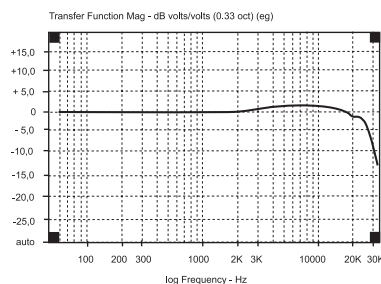
MEASUREMENT MICROPHONE

FEATURES

- ▲ Precise electret condenser measurement microphone
- ▲ Ultra-linear frequency response
- ▲ Well-balanced, true omni-directional pattern
- ▲ Optimally suited for room correction applications
- ▲ Phantom powered, +15 V to +48 V
- ▲ Rugged construction and sleek, modern design
- ▲ Microphone stand adapter and windscreen for outdoor measurement included
- ▲ Perfect for use with the ULTRA-CURVE DSP8000 / ULTRA-CURVE PRO DSP8024 or any other real-time analyzer
- ▲ Manufactured under the BEHRINGER quality control

SPECIFICATIONS

| | |
|--------------------|--------------------------------------|
| Type | electret condenser, omni-directional |
| Impedance | 600 Ohms |
| Sensitivity | -60 dB |
| Frequency response | 15 Hz to 20 kHz |
| Connector | gold-plated XLR |
| Phantom power | +15 V to +48 V |
| Weight | app. 120 g |



BEHRINGER is constantly striving to maintain the highest professional standards. As a result of these efforts, modifications may be made from time to time to existing products without prior notice. Specifications and appearance may differ from those listed or illustrated.

The information contained in this sheet is subject to change without notice. No part of this sheet may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording of any kind, for any purpose, without the express written permission of BEHRINGER Spezielle Studiotechnik GmbH.

BEHRINGER and ULTRA-CURVE are registered trademarks. ALL RIGHTS RESERVED.

© 2000 BEHRINGER Spezielle Studiotechnik GmbH.

BEHRINGER Spezielle Studiotechnik GmbH, Hanns-Martin-Schleyer-Str. 36-38, 47877 Willich-Müncheide II, Germany
Tel. +49 (0) 21 54 / 92 06-0, Fax +49 (0) 21 54 / 92 06-30



www.behringer.com