

DISEÑO DE UN ESTUDIO PROFESIONAL
5.1 PARA EDICIÓN DE AUDIO

JUAN CARLOS PIZARRO
2000279040

Universidad de San Buenaventura
Facultad de Ingeniería
Ingeniería de Sonido
Bogotá D.C.
2005

INTRODUCCIÓN

Los estudios de edición de audio 5.1 se utilizan actualmente para producción audiovisual, comercialmente se utiliza en cine, videos y películas en formato DVD y consolas de juego. Se debe tener en cuenta que en Colombia no existe ningún estudio de este tipo, siendo Argentina uno de los pocos países de América Latina que posee un verdadero estudio profesional de edición de audio 5.1.

La primera etapa de este trabajo consiste en desarrollar un estudio bibliográfico acerca de los parámetros acústicos y electroacústicos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar y construir un estudio profesional 5.1 para edición de audio.

En la segunda etapa se desarrollará el diseño acústico de un estudio 5.1 para edición de audio. Para realizar correctamente dicho diseño, se tendrán en cuenta: especificación de materiales de construcción y acústicos, volumen de recinto requerido, criterio de ruido de fondo, uso de suelo, equipamiento electroacústico necesario y ubicación de dicho equipamiento.

Como producto final se hará entrega de un documento escrito, el cual abarcará: la parte teórica del proyecto, cálculos desarrollados para realizar el diseño del estudio, informe detallado de la simulación, comparación entre parámetros acústicos ideales y parámetros acústicos obtenidos mediante cálculos y simulación. También se entregarán los planos arquitectónicos del estudio, en los cuales se especificarán las características de todos los materiales; adjunto a los planos se entregará la simulación acústica del recinto, la cual se desarrollará en el software CATTAcoustic V8; por último se anexará el presupuesto del proyecto, el cual contendrá el costo de construcción y equipamiento del estudio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Para comprender mejor que es un sistema surround y por ende para que es necesaria una sala de edición para este, se deben entender los principios básicos de las salas de proyección comerciales, en cuanto a lo que a sonido se refiere.

Durante años se realizaron innumerables intentos de lograr un sonido multi-canal, en particular en las películas. En los años cincuenta hubo un productor cinematográfico de gran talento llamado Michael Todd, que contribuyó muy notablemente al avance del séptimo arte, tanto en el campo visual como en el campo del audio.

Entre los progresos de Mike Todd podemos mencionar el Todd A-O, una técnica fotográfica de pantalla ancha similar a la Panavisión y al Cinerama, que duró sólo unos cuantos años. Todd y sus ingenieros desarrollaron una técnica para sincronizar tres cámaras y, en la reproducción, tres proyectores, lo cual se denominaba Cinerama. Todas las películas realizadas en este formato tuvieron versiones convencionales, y últimamente han sido convertidas a formatos de vídeo y televisión. Visiones panorámicas del viejo oeste desde lo alto de una diligencia a toda velocidad, virajes a uno y otro lado en un coche de carreras en un circuito del Grand Prix, majestuosas vistas del paisaje desde un globo de aire caliente, todo ello era logrado por el Cinerama.

Pero más que la multi-proyección de imágenes, Todd utilizó sonido multi-canal, sonido surround. El sonido engrandecía las visiones envolventes con un sonido que parecía moverse con las imágenes y que no parecía provenir de las fuentes de sonido convencionales.

Mike Todd no fue el primero en utilizar imágenes con tres proyectores. Abel Gance ya lo había hecho en la era del cine mudo de los años veinte cuando realizó su espectacular producción de "Napoleón". Pero debido a la época en la

que el realizo sus proyectos, nunca pudo jugar o avanzar en la parte sonora de sus películas, su mayor avance lo dio utilizando una orquesta en vivo para la pista de sonido, que constaba exclusivamente de música.

Pero el Cinerama era diferente. No sólo era un reto a la vanguardia cinematográfica, sino que era también un audaz golpe de mano en el campo de audio para el nivel de la tecnología de los años cincuenta. No sólo sincronizaba múltiples proyectores, sino también múltiples pistas de reproducción de audio, y situaba los altavoces por toda la sala para conseguir el efecto deseado.

Con el Cinerama fue la primera vez que se escuchó algo que podía llamarse sonido surround o sonido envolvente. Pero el Cinerama, con todos sus prodigios, era muy caro y difícil de llevar a la práctica, tanto en su producción como en su posterior proyección. Las películas de Cinerama estaban en cartel mucho tiempo, a veces incluso años. Y además, como cada película exigía un equipo y un montaje nuevo, era necesaria una gran inversión, incluso por parte del empresario de la sala.

Después del Cinerama, y durante bastantes años, aparecieron toda una serie de diferentes formatos de audio cinematográfico. Cada uno de ellos requería un equipo ligeramente distinto y un montaje también diferente. Cada uno de estos formatos pretendía presentar la pista de sonido con un mayor impacto y con más espectacularidad que sus predecesores.

En una época en la que el sistema de sonido estándar era un altavoz detrás de la pantalla, de repente se necesitaban tres, cinco, siete e incluso nueve altavoces detrás de una pantalla de gran anchura, con unos sistemas de mezcla muy elaborados para situar la fuente de sonido y que ésta se correspondiera con la posición de la acción en la pantalla. Algunos sistemas tenían menos altavoces detrás de la pantalla y más en los lados, en la parte posterior o en la parte superior, sobre las cabezas. Se llegó a proponer un sistema que consistía en un pequeño altavoz en el respaldo de cada asiento, mirando hacia la persona que se encuentra sentada en el asiento de atrás, algo parecido al altavoz que se introduce en el coche en los cines para automóviles.

Hasta los años setenta en que se adoptó el estéreo, no se había asumido ningún estándar efectivo y sustancial en el sonido cinematográfico. Antes del Dolby estéreo había básicamente dos formatos estándar de audio para las salas de cine comerciales: monofónico de 35 milímetros con pista de sonido óptico, y 70 milímetros estéreo con cuatro canales y con pista de sonido magnética, o sonido sincronizado óptico/magnético.

El sistema monofónico de 35 milímetros, todavía en uso hoy en día en salas pequeñas, emplea un sistema de un solo altavoz detrás de la pantalla, al cual le llega señal desde la pista de sonido monofónica, grabada ópticamente en el borde de la película y que es leída por la célula solar, o demodulador óptico, que se encuentra montada en el proyector. Este es el mismo sistema básico que se ha utilizado desde los años treinta. Las primeras películas sonoras utilizaban un sistema de la Western Electric conocido como "Vitaphone", que sincronizaba manualmente un disco de vidrio plano, como un disco de vinilo para fonógrafo, con la película. Este sistema fue reemplazado por el sistema de célula solar en los años 30.

El sistema de 70 milímetros llegó mucho más tarde, probablemente a mediados de siglo, y combinaba una imagen visual de gran tamaño y pantalla ancha con la grabación y reproducción magnética multi-pistas del sonido. El audio estaba en una cinta magnética pegada al borde de la película que rodaba sobre un cabezal magnético de reproducción multi-pistas situado en el proyector, o en una cinta separada que se reproducía en una máquina multi-pistas independiente y que se sincronizaba con el proyector mediante un código de tiempo.

Aunque se utilizaron muchas variaciones de este sistema, la más común fue un sistema de cuatro canales con tres altavoces y otra serie de ellos distribuidas por los laterales y en la pared posterior de la sala. Estos canales eran: frontal izquierdo, frontal central, frontal derecho y efectos de sonido, la misma configuración utilizada hoy en el Dolby estéreo.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño y posterior construcción de un estudio profesional 5.1 para edición de audio debe cumplir ciertos parámetros acústicos y electroacústicos, debido a que este tipo de estudios cumplen labores muy específicas, como son la edición y masterización de audio surround, el cual se utiliza actualmente para cine y formatos caseros como DVD y consolas de juego. Por lo que este proyecto pretende dar respuesta a la siguiente incógnita:

¿Cuáles son los parámetros acústicos y electroacústicos necesarios para diseñar correctamente un estudio profesional 5.1 para edición de audio?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación está dirigida específicamente a personas que deseen profundizar sus conocimientos en el diseño de estudios de edición de audio, específicamente estudios 5.1.

Puesto que en Colombia este puede ser un buen campo de acción debido al nuevo resurgimiento de producciones cinematográficas y de video nacionales, las cuales deberán poseer mayor calidad en la producción y edición de sonido para poder entrar a competir, tanto artística como económicamente, con producciones de otros países en los cuales ya se aplican estas técnicas.

La idea al desarrollar este proyecto en su parte escrita es presentar una guía impresa, ya que se creará una base de datos de gran utilidad para las personas interesadas en el diseño de estudios 5.1. En conjunto se realizará el diseño de un estudio de este tipo, por lo cual se entregarán planos arquitectónicos, resultados de cálculos y simulación, un listado detallado de los equipos necesarios y un presupuesto, con el fin de tener una idea del costo que tendría construir el estudio diseñado.

La innovación que aportará este diseño parte de la posibilidad de hacerle ajustes y reformas al diseño original en pro de mejorar su efectividad. El proyecto se realizará durante el año 2005.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Realizar el diseño de un estudio 5.1 para edición de audio.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar los parámetros acústicos de diseño de los estudios 5.1, como lo son el RT60, Modos de resonancia, Land Use y Criterio de ruido de fondo.
- Desarrollar planos arquitectónicos del estudio 5.1 para edición de audio.
- Analizar la simulación acústica del estudio 5.1 para edición de audio.
- Realizar el presupuesto de construcción y equipamiento del estudio diseñado.
- Presentar una guía impresa y digital.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances

Con este proyecto se podrá crear una fuente de información con los fundamentos que requiere el diseño y construcción de un estudio profesional 5.1 de edición de audio.

Se desarrollará una propuesta de ingeniería real, posibilitando su implementación práctica a futuro.

1.5.2 Limitaciones

Debido a que los estudios de edición de audio 5.1 son un concepto muy nuevo en América Latina y específicamente en Colombia, país en el cual no existe ningún estudio de este tipo, la bibliografía acerca de este tema no es fácil de conseguir.

Carencia de tutor permanente que posea amplios conocimientos de 5.1 como formato de audio y de sus requerimientos a nivel acústico y electroacústico para el diseño de un estudio de edición.

Debido al alto costo del software de simulación, es necesario utilizar un demo, se debe tener en cuenta que este programa trabaja a partir de rayos y que la diferencia entre el demo y la versión completa radica en el número de rayos y que al tener menor número de rayos, los resultados serán menos exactos, pero de igual forma servirán para dar una idea cercana del comportamiento acústico que presentará el estudio.

2 MARCO DE REFERENCIAS

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para desarrollar este proyecto es necesario tener claro diferentes conceptos y parámetros de sonido, acústica y electroacústica que afectan directamente el desarrollo de este proyecto, puesto que son los que se presentan en recintos de este tipo.

Razón por la cual se debe aclarar los conceptos directamente relacionados con el sonido como es la Frecuencia (f) el cual es el número de oscilaciones por segundo de la presión sonora y se mide en hertzios (Hz) o ciclos por segundo, a mayor número de ciclos la frecuencia será mayor. Otro concepto importante del sonido es la amplitud que se refiere a la variación máxima de una onda.

Todo sonido sin importar que lo produce posee un espectro sonoro el cual es la representación de una onda sonora (onda de presión que varía en tiempo) que muestra el contenido de frecuencia y la amplitud del sonido y este puede ser analizado mediante Banda de Octava o gama de frecuencia auditiva, generalmente se separa en bandas de octava por conveniencia, en donde cada banda específica se representa por su frecuencia de centro, a saber: 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1KHz, 2 KHz y 4 KHz, que cubre la mayoría de la gama de las frecuencias audibles, dependiendo del tipo de sonido o de la coloración de la sala donde este es grabado o reproducido, dependerá el nivel de cada una de estas frecuencias. Este nivel por octava de frecuencia o general se expresa en decibeles (dB) la cual es una cantidad logarítmica; la gama de niveles normalmente va de 0 a 120 dB.

Cuando se hace referencia al nivel sonoro que está generando una fuente se refiere a nivel de presión sonora (SPL). La presión sonora constituye la manera más habitual de expresar la magnitud de un campo sonoro. La unidad de medida es el Newton/metro² (N/m^2), o Pascal (Pa). Este valor se considera como la frecuencia entre el valor fluctuante de la presión sonora P_T y su valor de equilibrio P_0 , debido a la variación con el tiempo, se utiliza como un valor

representativo de su promedio temporal, que recibe el nombre de valor eficaz. Este está dado por.

$$SPL=10\log\left(\frac{p^2}{Pref^2}\right) \quad (1)$$

$$Pref. 2 \times 10^{-5}$$

Todo sonido se desplaza dentro de un medio elástico, siendo el aire el medio más común, del tipo de medio y sus características específicas dependerá la velocidad del sonido (C) la cual es función de la elasticidad y densidad del medio de propagación. Debido a que en el aire, ambas magnitudes dependen de la presión atmosférica estática P_0 y de la temperatura, se consideran las condiciones normales de 1 atmósfera de presión y 22° C de temperatura, la velocidad y propagación del sonido es de 345 m/s. Pro también puede ser calculada de la siguiente manera.

$$C = 331.6\sqrt{1 + \frac{t}{273}} \quad (2)$$

Donde

t – Temperatura del medio en el que se esta desplazando el sonido

Si bien el aire se constituye como un medio ideal para la propagación del sonido, este también se puede propagar por cualquier otro medio elástico y denso, cuanto mas denso y menos elástico sea el medio, mayor será la velocidad y propagación del sonido.

Aparte de estas características propias del sonido es necesario tener en cuenta los parámetros acústicos que se relacionan con el diseño de un recinto como el que se desarrollara en este proyecto. Uno de los parámetros mas aplicados en acústica y uno de los primeros en ser estudiados a nivel mundial es el tiempo de reverberación (T o RT) el cual es el tiempo que tarda el nivel de presión sonora en caer a su millonésima parte o 60dB después de que la fuente ha sido suspendida, el RT esta directamente relacionado, con el volumen de la sala, el

área de las superficies y el coeficiente de absorción de los materiales del recinto, de este parámetro dependerá en gran parte que la reproducción sonora pueda ser interpretada de forma clara por el ingeniero u oyente dentro del estudio. El RT puede ser hallada mediante la aplicación de la siguiente fórmula.

$$RT60 = \frac{55.3V}{CA} \quad (3)$$

Donde:

V – Volumen del recinto.

C – Velocidad del sonido, la cual para Bogotá es comúnmente 369 m/s.

A – Es la sumatoria de los productos obtenidos de la multiplicación entre superficies y los coeficientes de absorción de los mismos.

Otros parámetros que son mucho más nuevos pero que igualmente están relacionados de forma directa con la calidad de escucha del sonido dentro del estudio de edición son: ITDG (Inicial Time Delay Gap), el cual corresponde a la impresión subjetiva de intimidad acústica de una fuente, o sensación que tiene el oyente de escuchar la música en un espacio de dimensiones más reducidas que las reales de la sala, Sonoridad (G) corresponde al grado de amplificación generado por la sala; Claridad musical o C80, indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical y corresponde a la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80 mili segundos proveniente del sonido directo y la energía sonora que llega a este después de los primeros 80 ms, se calcula en cada banda de frecuencias entre 125 y 4 KHz; IACC el cual permite cuantificar el grado de disimilitud entre las informaciones sonoras que llegan a ambos oídos a partir de los 80 ms desde la llegada del sonido directo. Cuanto mas diferentes sean, menor será el valor de IACC, usualmente se utiliza el valor 1-IACC. En principio, el parámetro 1-IACC corresponde con el grado de difusión del sonido y por tanto con el grado de LEV, y por último tenemos Espacialidad del sonido o LEV (Listener Envelopment), que se refiere a la sensación de sonido envolvente o sensación de sentirse envuelto por el campo sonoro, constituye el segundo componente básico de la especialidad del sonido.

Cuando un sonido es marcadamente envolvente se dice que el grado de LEV es alto.

Un fenómeno que se presenta en cualquier recinto y del cual dependerán todos los parámetros anteriormente mencionados son los modos de resonancia, los cuales son generados por la combinación de ondas incidentes y reflejadas en una sala, estas dan lugar a interferencias constructivas y destructivas. Cada modo propio va asociado a una frecuencia y caracterizado por un nivel de presión que varía en función del punto considerado.

Para poder controlar estos modos de resonancia se aplican dos soluciones posibles, utilizar materiales que presenten absorción acústica, que se define como la capacidad que tiene un material para absorber los sonidos que inciden sobre él. Cuando una onda acústica intercepta un material de superficie fibrosa, el aire contenido en sus células se pone en vibración, transformando en calor una parte de la energía incidente por efecto de la viscosidad y de la resistencia por fricción del aislante. El equilibrio alcanzado debido a la porosidad del producto y menor viscosidad apuntan a disminuir la reflexión y aumentar su resistencia acústica.

Cada material posee un coeficiente de absorción acústica propio, la capacidad de absorción acústica de un material aislante se da por la relación entre la energía absorbida y la energía incidente. Se expresa en un índice α que fluctúa entre 0 y 1 y su medición es porcentual. Si $\alpha = 0$ el material es reflejante, en caso contrario, si $\alpha = 1$ el material es totalmente absorbente.

Otra solución es implementar difusores, estos son superficies o elementos físicos capaces de dispersar de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora que incide sobre estos. Existen diferentes tipos de difusores como los son los policilíndricos, MLS, QRD y PRD, los cuales se diseñan dependiendo del caso específico de cada proyecto.

En los espacios cerrados, como las salas, el sonido una vez generado se refleja cuando una onda alcanza la superficie de separación de dos medios de

distinta naturaleza se producen, en general, dos nuevas ondas, una que retrocede hacia el medio de partida y otra que atraviesa la superficie límite y se propaga en el segundo medio. El primer fenómeno se denomina *reflexión* y el segundo recibe el nombre de *refracción*.

En las ondas Monodimensionales como las producidas por la compresión de un muelle, la reflexión lleva consigo una inversión del sentido del movimiento ondulatorio. En las ondas bis o tridimensionales la inversión total se produce únicamente cuando la incidencia es normal, es decir, cuando la dirección en la que avanza la perturbación es perpendicular a la superficie reflectante. Si la incidencia es oblicua, se produce una especie de rebote, de modo que el movimiento ondulatorio reflejado cambia de dirección, pero conservando el valor del ángulo que forma con la superficie límite.

En el caso de las ondas sonoras, la reflexión en una pared explica el fenómeno del *eco*. Si la distancia a la pared es suficiente, es posible oír la propia voz reflejada, porque el tiempo que emplea el sonido en ir y volver permite separar la percepción de la onda incidente de la reflejada. El oído humano sólo es capaz de percibir dos sonidos como separados si sus reflexiones en una superficie sólida no se dan de manera simultánea, dando lugar a una prolongación por algunos instantes del sonido original. Este fenómeno se denomina *reverberación* y empeora las condiciones acústicas de una sala, puesto que hace que los sonidos anteriores se entremezclen con los posteriores. Su eliminación se logra recubriendo las paredes con materiales, como corcho o moqueta, que absorben las ondas sonoras e impiden la reflexión.

En la refracción el sonido avanza en línea recta cuando se desplaza en un medio de densidad uniforme. Sin embargo, igual que la luz, el sonido está sometido a la refracción, es decir, la desviación de las ondas de sonido de su trayectoria original. En las regiones polares, por ejemplo, donde el aire situado cerca del suelo es más frío que el de las capas más altas, una onda de sonido ascendente que entra en la región más caliente, donde el sonido avanza a más velocidad, se desvía hacia abajo por la refracción. La excelente recepción del

sonido a favor del viento y la mala recepción en contra del viento también se deben a la refracción. La velocidad del aire suele ser mayor en las alturas que cerca del suelo; una onda de sonido ascendente que avanza a favor del viento se desvía hacia el suelo, mientras que una onda similar que se mueve en contra del viento se desvía hacia arriba, por encima de la persona que escucha.

Estos dos fenómenos físicos deben ser analizados para desarrollar el diseño de un difusor sin importar de qué tipo sea este.

El recinto que se diseñara para este proyecto deberá estar completamente aislado acústicamente, para evitar filtraciones sonoras tanto del exterior del estudio hacia este, como del estudio hacia recintos aledaños, por lo que este tipo de estudios se deben diseñar bajo estrictos criterios de evaluación del ruido de fondo, donde se realiza la evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente dentro de la sala, para así saber que tan significativo es dicho ruido y que medida se ve reducir, para esto se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto, en cada banda de octava comprendida entre 63 y 8 KHz, con un conjunto de curvas de referencia denominadas NC ("Noise Criteria").

Estas curvas se utilizan de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recinto.

Otro criterio de ruido muy importante a tener en cuenta y que a su vez determinará en parte el nivel de ruido de fondo, es el Land Use. Este criterio se refiere al nivel máximo de ruido de fondo que puede poseer el lote o lugar donde será ubicado un recinto específico. Este nivel de ruido permitido varía dependiendo del tipo de sala que se pretenda construir. Si estos no se aplican de manera correcta y dado el caso, que se presentaran altas filtraciones de sonido provenientes del exterior del recinto, se podrá presentar enmascaramiento del sonido, lo cual se refiere a cuando el oído esta expuesto a dos o más tonos puros de frecuencias diferentes, es posible que una de ellas enmascare las demás y por tanto evite su percepción de forma parcial o total,

es por esto que es evidente la dificultad de entender una conversación en presencia del ruido, motivo por el cual se imposibilitaría la realización de la mezcla.

Para realizar el diseño del aislamiento acústico de un recinto, es necesario tener en claro cual es la menor frecuencia a aislar y cual es su longitud de onda o distancia entre dos puntos consecutivos del campo sonoro que se hallan en el mismo estado de vibración en cualquier instante de tiempo, puesto que estos determinarán el tipo de material a utilizar y su ubicación con respecto a paredes o demás superficies.

Debido a que en este proyecto se realizará el diseño electroacústico del estudio de edición, se manejarán dos conceptos básicos referentes a este campo, los cuales son el transductor electroacústico, que se refiere a un elemento capaz de convertir energía mecánica en energía acústica y viceversa, y el amplificador, que es un sistema electrónico que se emplea en las aplicaciones de sistemas de sonido, para convertir una señal de bajo nivel como la del micrófono o disco compacto a una de alto poder capaz de energizar un altavoz a un nivel alto de sonido.

Un concepto que no es tan técnico como los anteriores pero si de gran importancia para un estudio de edición de audio de este tipo, por la clase de trabajos que se realizan en éste, es el de paisaje sonoro, el cual se puede definir como serie de sonidos organizados narrativamente que generan en el oyente la percepción de un determinado espacio. El paisaje sonoro siempre es el resultado de una interpretación por parte del que escucha y de una recreación por parte del que emite. En realidad, no existen ni los objetos, ni el espacio, ni las distancias.

2.2 MARCO TEÓRICO

Tratamiento acústico

El tratamiento acústico de un cuarto de edición de música se realiza para cumplir cuatro objetivos básicos: 1) Para prevenir ondas estacionarias e interferencia acústica producida por la respuesta de frecuencia del recinto, 2) Para reducir los modos de resonancia, 3) Para absorber o difundir sonido para reducir flutter echoes y crear la sensación de estereo dentro de la sala, 4) Para mantener el cuarto aislado, que no existan filtraciones sonoras desde el interior del cuarto hacia recintos aledaños y viceversa. El tratamiento acústico de una sala se diseña para poder controlar la calidad sonora dentro de la misma.

El aislamiento de la sala se logra de forma constructiva, utilizando paredes dobles construidas con materiales macizos como ladrillo tipo tolete o concreto, también es necesario que el piso o las paredes internas sean flotantes para que no exista transmisión por vía estructural. Las puertas del recinto también deben estar tratadas acústicamente, para esto se puede tomar dos soluciones posibles, la primera es implementar dos puertas normales dejando un espacio de separación entre las dos, o utilizar una sola puerta pesada, la cual puede ser metálica rellena con arena. Se debe tener en cuenta que sin importar la solución empleada uno de los aspectos más importantes para aislar la puerta es la forma de sellar esta, por lo que se deben utilizar cauchos y empaques en todo el marco.

Hay dos formas básicas de tratar un recinto, mediante la absorción o la difusión, existen dos tipos de materiales que se pueden utilizar para lograr absorción, un tipo es el que actúa sobre los rangos de frecuencia medios y altos y las trampas de bajos que actúan sobre el rango de frecuencias bajas, se debe tener en cuenta que las frecuencias bajas son las más difíciles de absorber y si las paredes de la sala son construidas en materiales muy pesados como concreto, existirán reflexiones significativas en este rango.

Sin importar el tipo de monitores que se tengan en la sala para realizar la mezcla, si el cuarto no está tratado acústicamente de forma correcta la respuesta en frecuencia propia de este podrá darnos la sensación de variar la pista musical hasta 30 dB en las frecuencias más significativas.

Todos los recintos poseen una sonoridad diferente la cual es dada por la respuesta en frecuencia propia de este, por lo que si la edición de audio se realiza en una sala que no posee un correcto tratamiento acústico, esta sonará diferente al ser reproducida en otro recinto y dependiendo del recinto puede que suene exageradamente mal.

Materiales absorbentes

La absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre los distintos materiales absorbentes utilizados como revestimientos de las superficies límite del recinto, así como su dependencia en función de la frecuencia varían considerablemente de un material a otro. En consecuencia, la correcta elección de los mismos permitirá obtener la absorción más adecuada en todas las bandas de frecuencias de interés.

Existen dos tipos genéricos de elementos específicamente diseñados para producir una determinada absorción: los denominados materiales absorbentes, descritos anteriormente y los llamados absorbentes selectivos o resonadores, los cuales se especificarán más adelante.

En ambos casos, cuando la absorción en una o más bandas de frecuencias es muy elevada, puede ocurrir que el coeficiente de absorción medido sea superior a 1. Esto no se debe interpretar erróneamente desde un punto de vista físico, donde la energía absorbida en dichas bandas es mayor que la energía incidente.

La justificación proviene de la existencia de un efecto de difracción, el cual hace que la superficie efectiva de la muestra de material utilizada para la medida sea mayor que la superficie real.

Los materiales absorbentes presentan un gran número de canales a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. La disipación de energía en forma de calor se produce cuando la onda entra en contacto con las paredes de dichos canales. Cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida.

La onda sonora incidente es parcialmente reflejada. La energía sonora no reflejada penetra en el material, se atenúa y alcanza de nuevo su superficie después de reflejarse en la pared rígida posterior. La energía remanente se divide nuevamente en una parte que atraviesa la superficie del material y otra que vuelve a la pared posterior a través del material. Desde un punto de vista teórico este proceso continúa indefinidamente. Esta explicación cualitativa sirve para demostrar que la onda sonora reflejada por el material puede imaginarse como compuesta por un número ilimitado de componentes sucesivas, cada una más débil que la precedente a causa de la considerable atenuación que tiene lugar en el interior del material.

Este mecanismo de absorción del sonido es propio de todos los materiales porosos, siempre y cuando los poros sean accesibles desde el exterior.

Normalmente tales materiales están formados por sustancias fibrosas o granulares a las que se les confiere un grado suficiente de compacidad a través de un proceso de prensa o de tejeduría. Los materiales absorbentes comerciales de este tipo se manufacturan básicamente a partir de: lana de vidrio, lana mineral, espuma a base de resina de melanina, espuma de poliuretano entre otros.

Absorción de materiales usados para la construcción de paredes y techo

Dichos materiales, por regla general son muy rígidos y con porosidad nula, por lo que dan lugar a una mínima absorción del sonido. Desde un punto de vista físico la disipación de energía en forma de calor y por tanto la absorción del sonido se produce en las capas de aire adyacentes a cada una de las superficies consideradas, para efectos prácticos, dicho fenómeno normalmente se representa en forma de coeficientes de absorción asignados a dichas superficies.

Su efecto es únicamente apreciable cuando no existe ningún material absorbente en el recinto, ya sea en forma de revestimiento de alguna de sus superficies o bien de público presente en el mismo.

Materiales absorbentes para rangos de frecuencias medias y altas

El material absorbente más efectivo que existe actualmente para estos rangos de frecuencia son las láminas rígidas de fibra de vidrio, las cuales varían de entre 1 y 4 pulgadas de espesor, la elección de este dependerá de cada caso específico, sus coeficientes de absorción por banda son bastante buenos, son aprueba de fuego y de fácil manipulación e instalación, pero como la mayoría de los materiales absorbentes posee deficiencias en frecuencias bajas, siendo 500 Hz la menor frecuencia con un nivel de absorción importante para la lamina de 1" y 250 Hz para la de 2".

125	250	500	1K	2K	4K
0,24	0,57	0,88	1,00	0,94	0,90

Tabla 1. Coeficientes de absorción por bandas de una lamina de acustifibra de 1.5"

Protección de los materiales absorbentes

Es conveniente cubrir los materiales absorbentes por la cara opuesta al recinto, debido a que con el paso del tiempo estos materiales pueden desprender partículas que contaminan el aire, al estar los materiales expuestos a las personas puede sufrir daños por parte de estos, pero en la mayoría de los casos los arquitectos prefieren cubrirlos por razones netamente estéticas.

Algunos de los recubrimientos mas utilizados son:

- Velo acústicamente transparente.
- Superficies micro porosas.
- Placa rígida de mortero poroso a base de granos de mármol.
- Placa de viruta de madera fina aglomerada con magnesita o cemento.
- Listones de madera.
- Ladrillo perforado o rasurado.

Lo más importante a tener en cuenta al cubrir un material absorbente con uno rígido es dejar perforaciones o separaciones significativas que permitan que el sonido se encuentre directamente con el material absorbente.

Absorción de los materiales vibrantes

La presencia en una sala de superficies límite susceptibles de entrar en vibración como lo son puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras, da lugar a una cierta absorción que en principio conviene tener presente.

En el caso de los materiales absorbentes, la mayor absorción se produce de una forma totalmente controlada y va asociada a un proceso de disipación de energía, es decir de conversión de energía sonora en calor. Por el contrario, en el caso de una superficie vibrante, una parte de la energía vibracional es radiada hacia el exterior, aunque en realidad la energía no es disipada, el

efecto es equivalente a una verdadera absorción, ya que dicha energía es sustraída de la energía sonora incidente.

Absorbentes selectivos o resonadores

Los materiales absorbentes de espesor estándar colocados sobre una pared rígida presentan una pobre absorción a bajas frecuencias. Al separarlos de la pared se produce una notable mejora de la absorción a dichas frecuencias.

Si se pretende obtener una gran absorción a frecuencias bajas con a objeto de reducir sustancialmente los valores del tiempo de reverberación es preciso hacer uso de absorbentes selectivos o resonadores. Los cuales son elementos que presentan una curva de absorción con un valor máximo a una determinada frecuencia. Dicha frecuencia recibe el nombre de frecuencia de resonancia y depende de las características tanto físicas como geométricas del resonador. Generalmente está situada por debajo de los 500 Hz. Los resonadores pueden utilizarse de forma independiente o bien como complemento a los materiales absorbentes.

Básicamente existen cuatro tipos diferentes de resonadores:

De membrana o diafragmático.

Simple de cavidad (Helmholtz)

Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados.

Múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones.

Resonador de membrana

Está formado por un panel de un material no poroso y flexible como la madera montado a una cierta distancia de una pared rígida con objeto de dejar una cavidad cerrada de aire entre ambas superficies.

Cuando una onda sonora incide sobre el panel éste entra en vibración como respuesta a la excitación producida. Dicha vibración cuya amplitud depende principalmente de la frecuencia del sonido y es máxima a la frecuencia de resonancia provoca una cierta deformación del material y la consiguiente pérdida de una parte de la energía sonora incidente que se disipa en forma de calor. Por otro lado el panel también produce una pequeña radiación pero que a efectos prácticos es totalmente inaudible.

En la siguiente figura se muestra un esquema básico de un resonador de membrana constituido por un panel de masa por unidad de superficie M , separado una distancia “ d ” de la pared rígida.

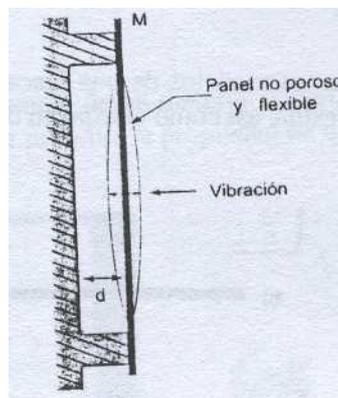


Fig. 1. Esquema básico de un resonador de membrana o diafragmático

Simple de cavidad (Helmholtz)

Está formado por una cavidad cerrada de aire conectada a la sala a través de una abertura o cuello estrecho.

En la siguiente figura se muestra un esquema básico de este tipo de resonador. El volumen de la cavidad se indica por V , mientras que la sección transversal y la longitud del cuello se representan por S y L , respectivamente.

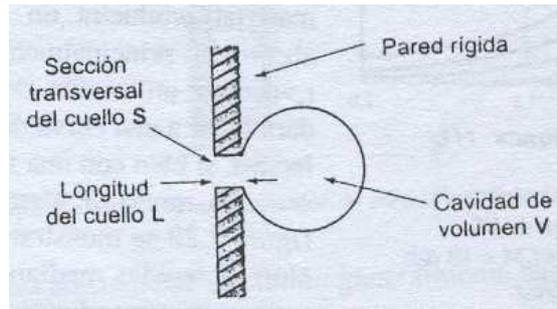


Fig. 2. Esquema básico de un resonador simple de cavidad (Helmholtz) montado en una pared

Teniendo en cuenta que, a las frecuencias de diseño generalmente bajas, se cumple que:

$$L \ll \lambda$$

$$\sqrt[3]{V} \ll \lambda$$

El aire del cuello se mueve como una unidad y constituye el elemento de masa, mientras que el aire de la cavidad se comporta como un muelle constituyendo el elemento de rigidez. De forma análoga al resonador de membrana la masa del aire del cuello junto con la rigidez del aire de la cavidad dan lugar a un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia f_0 .

Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados

Este tipo de resonador está formado por un panel de un material no poroso y rígido de espesor D , en el que se han practicado una serie de perforaciones circulares o ranuras, montado a una cierta distancia " d " de una pared rígida, a fin de dejar una cavidad cerrada de aire entre ambas superficies.

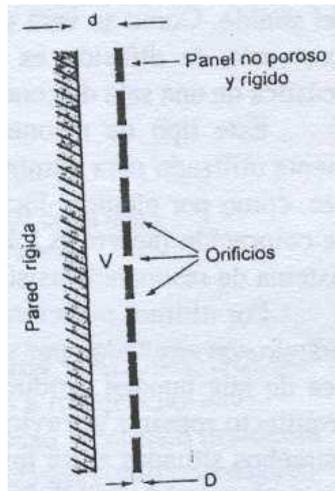


Fig. 3. Esquema básico de un resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados

Partiendo de la base de que, a las frecuencias de diseño normalmente bajas se cumple que:

$$d \ll \lambda$$

El resonador múltiple de cavidad puede ser considerado como un resonador de membrana en el que la masa del panel ha sido sustituida por la masa del aire contenido en perforación o ranura, en este caso es dicho aire y no el panel, el que entra en vibración cuando una onda sonora incide sobre el elemento.

Como un conjunto de resonadores simples de Helmholtz que comparten una misma cavidad, la cual actúa a modo de elemento acoplador entre los diferentes orificios.

Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones

Esta clase de resonador es formado por un conjunto de listones de espesor D equiespaciados y montados a una cierta distancia " d " de una pared rígida con objeto de dejar interpuesta una cavidad cerrada de aire.

En la figura se puede observar un esquema básico de este tipo de resonador.

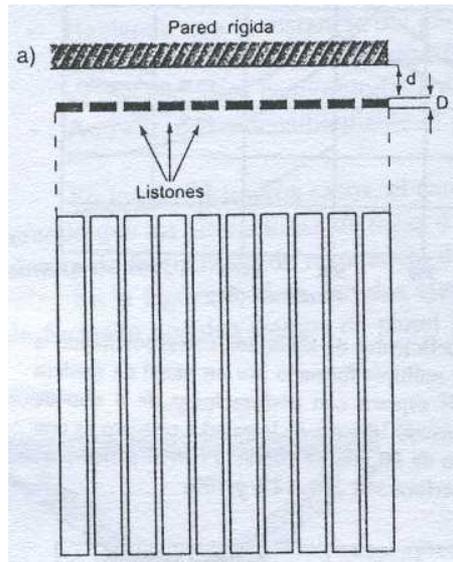


Fig. 4. Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones

Este tipo de resonador es parecido al resonador múltiple a base de paneles, con la diferencia de que en este caso la masa que se debe considerar es la del aire contenido en los espacios intermedios entre listones.

Trampas para bajos

La aplicación mas común de este tipo de trampas en un estudio para edición de audio, es minimizar las ondas estacionarias y la interferencia acústica variando la respuesta a bajas frecuencia de la sala

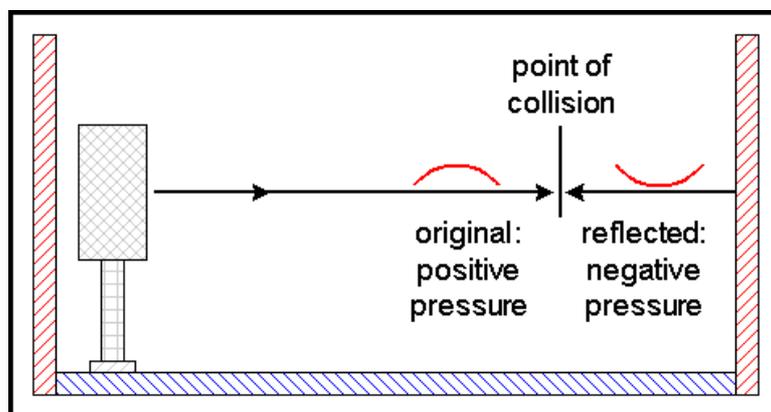


Fig. 5. Interferencia acústica causada por la combinación en el aire de ondas del sonido directo y reflejado

Como se puede observar en la figura, la interferencia acústica se presenta dentro de un recinto cuando las ondas sonoras se reflejan desde el suelo, las paredes y el techo y chocan entre sí y con ondas sonoras provenientes directamente de los monitores del estudio, si este problema no es tratado de forma correcta, se crearan picos y declives en la respuesta en frecuencia de la sala, esta percepción variara a medida que un oyente se desplace dentro de la sala, esto es mas comúnmente conocido como modos propios de una sala.

El estudio analítico de estos modos se realiza mediante acústica ondulatoria que, conjuntamente con la acústica geométrica y la estadística, constituyen las tres teorías clásicas que hacen posible conocer con rigor el comportamiento del sonido en un recinto.

El número de modos propios es ilimitado, si bien su distribución a lo largo del eje frecuencial es discreta, aumentando su densidad con la frecuencia. La presencia de todos ellos provoca en cada punto una concentración de energía alrededor de las diversas frecuencias propias, lo cual confiere un sonido característico a cada sala. Dicho sonido recibe el nombre de coloración y normalmente se pone de manifiesto en espacios de dimensiones relativamente pequeñas, como lo es el caso de una sala de edición de audio. Los valores de las frecuencias propias asociadas a los diferentes modos de resonancia dependen de la geometría y las dimensiones del recinto.

Una de las formas de corregir dichos picos y declives es eliminar o por lo menos reducir las reflexiones que causan estos, esto se logra mediante la aplicación de un tratamiento que logra absorber las bajas frecuencias en las esquinas, paredes y otras superficies, para que estas no reflejen nuevamente las ondas al interior del recinto, al implementar las trampas de bajos usualmente se incrementa los bajos producidos por los monitores. Cuando las cancelaciones causadas por las reflexiones son reducidas, el efecto mas notable es el incremento del nivel de frecuencias bajas, lo cual produce que la respuesta en este rango de frecuencias sea mas uniforme.

Para poder lograr esto es necesario diseñar y construir una trampa de bajos, que básicamente es uno de los resonadores anteriormente vistos. Para decir que tipo de resonador se va a implementar, se debe analizar acústicamente el recinto, puesto que de la respuesta acústica de este dependerá el tipo de resonador a utilizar.

Difusión del sonido

La difusión del sonido en una sala se consigue mediante la colocación de elementos diseñados para disipar, de manera uniforme y en múltiples direcciones la energía sonora que incide sobre estos.

A continuación se presenta una comparación entre el efecto producido sobre una onda sonora incidente por un material absorbente, un reflector y un difusor, respectivamente.

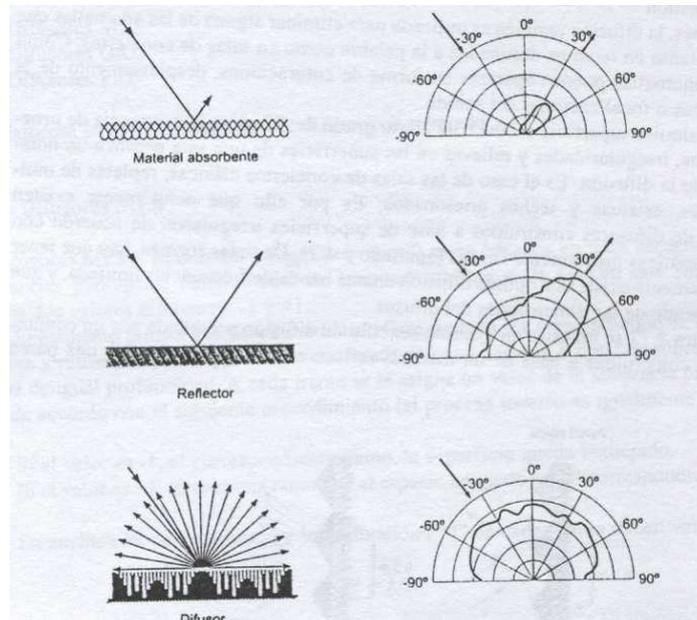


Fig. 6. Comparativa entre los efectos de absorción, reflexión especular y difusión del sonido

Difusores

Los difusores se utilizan para controlar ecos repetitivos los cuales se presentan en cuartos que tienen paredes paralelas, existen diferentes filosofías acerca de que tan natural es la reverberación que se presenta en los estudios de grabación y en los cuartos de edición de audio, la edición sonora no puede estar totalmente libre de reverberación puesto que sonaría muy plana y poco real, razón por la cual no es recomendable ensordecer la sala mediante la implementación de materiales altamente absorbentes sobre todas sus superficies. Idealmente se debe lograr un equilibrio mediante la mezcla de superficies reflectantes y absorbentes, se debe resaltar que las expresiones vivo o muerto de una sala hace referencia a las frecuencias medias y altas, cuando poseemos una respuesta muy buena para frecuencias medias y altas, tenemos una sala viva, pero cuando su respuesta a estos rangos de frecuencia es de niveles muy bajos y dispares, la sala se considera muerta. Para definir estas expresiones no se tienen en cuenta las frecuencias bajas puesto que su tratamiento es completamente aparte y se describirá de forma separada.

Básicamente existen dos tipos de difusores, los policilíndricos y los de Schroeder

Difusores policilíndricos

Los difusores policilíndricos consisten en un conjunto de superficies lisas de forma convexa dispuestas secuencialmente y con un radio de curvatura inferior, aproximadamente, a 5 m. Generalmente el material empleado para su construcción es la madera.

Las superficies convexas con un radio de curvatura superior a unos 5 m actúan como reflectores del sonido, es decir, como si fuesen superficies planas. La diferencia entre ambas estriba en que la zona de cobertura es mayor y, por tanto, el nivel asociado a cada reflexión menor.

Al reducir el radio de curvatura por debajo de los 5 m, la zona de cobertura aumenta de tal manera que el sonido reflejado ya no puede ser concentrado.



Fig. 7. Difusor tipo policilíndrico sencillo

Difusores de Schroeder

Aparte de las superficies irregulares y de los difusores policilíndricos, existen una serie de elementos que habitualmente se colocan por delante de las superficies límite de la sala (paredes o techo) y que están específicamente diseñados para actuar como superficies difusoras del sonido en un margen de frecuencias determinado. Todos ellos tienen su origen en la denominada teoría de los números, desarrollada por el prestigioso investigador alemán Manfred R Schroeder, y se basan en distintas secuencias matemáticas previamente fijadas. Los difusores de Schroeder se denominan genéricamente RPG ("Reflection Phase Grating"). El elemento básico empleado en la construcción de los RPG es la madera.

Los tipos de difusores RPG más relevantes son los MLS, QRD y PRD.

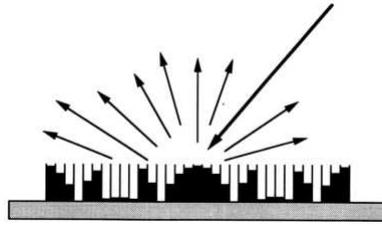


Fig. 8. Difusor numérico

Aislamiento acústico

Se puede definir como aislamiento acústico a ruido aéreo de una pared a la pérdida de energía que experimentan las ondas acústicas al atravesar la pared.

Una partícula de aire infinitamente próxima a la superficie de una pared se verá esforzada a desplazarse al llegar la onda sonora. Esta energía que llega hace vibrar a la superficie sólida y comprime el aire próximo a ella, en la dirección opuesta a dicha pared, lo cual quiere decir, que una parte de la energía incidente sobre la pared es reflejada mientras que otra se transmite.

La parte de energía transmitida hace que se desplacen las partículas del sólido, mientras la perturbación se propaga y otra parte se disipa absorbiéndola el material, por efecto de las fuerzas intermoleculares.

En su propagación por el interior del sólido, la perturbación alcanza la superficie de éste, opuesta a la que recibe la onda inicialmente y mediante un proceso análogo se radia nuevamente en forma de sonido aéreo es decir, lo cual quiere decir que una onda sonora al incidir sobre una pared, se transmitirá parte de la energía de esta, originándose una vibración mecánica en la pared, que a su vez se transformara en ondas acústicas, con una pérdida de energía debido a las reflexiones y a la absorción interna del material.

Como se ha mencionado anteriormente, es más difícil aislar frecuencias bajas que las altas, debido a que para frecuencias de más de 1 KHz la longitud de onda será muy pequeña y esta disminuye a medida que aumenta la frecuencia,

razón por la cual la presión de aire generada por estas frecuencias será muy pequeña. Ocurriendo exactamente lo opuesto en el caso de frecuencias bajas.

Por esta razón se debe tener en cuenta que el material de las paredes debe ser más denso y pesado, a medida que se pretenda aislar frecuencias cada vez más bajas.

El aislamiento que posee un recinto se mide con la pérdida por transmisión (TL), este es el nivel de presión sonora que se está perdiendo entre una sala emisora y una sala receptora y está dada por:

$$TL_{\text{incidencia_normal}} = 20 \log(f \cdot m_T) - 42,4 \text{dB} - 12 \quad (4)$$

Donde, f es la menor frecuencia que se pretende aislar y m es la masa total, lo cual quiere decir que es la sumatoria del peso por metro cuadrado que poseen las dos paredes, puesto que se debe tener en cuenta que el aislamiento se logra mediante la implementación de paredes dobles.

Al tener el nivel de pérdida por transmisión es posible hallar el NR (Noise Reduction), el cual es el nivel en dB que se está reduciendo el nivel de presión generado dentro del estudio, esta dado por.

$$NR = TL + 6 \text{dB} \quad (5)$$

Para diseñar una pared doble es necesario tener en cuenta la menor frecuencia que será emitida dentro del recinto, puesto que esta y del peso de los materiales utilizados para construir las paredes dependerá la distancia requerida entre una pared y otra, la cual puede ser hallada mediante la siguiente fórmula.

$$d = \frac{(m_1 + m_2) 60^2}{(m_1 m_2) f^2} \quad (6)$$

Donde

d – Distancia en metros

m1 – masa en Kg de la primera pared

m2 – masa en Kg de la segunda pared

f – Menor frecuencia emitida por la fuente

Para aumentar la efectividad de la pérdida por transmisión se puede instalar fibra de vidrio entre las paredes, pero siempre dejando un espacio de aire libre.

También es necesario construir un piso flotante para evitar transmisión sonora por medios estructurales, para construir este es necesario ya tener el recinto con las paredes dobles, sobre el piso existente se instala una lamina rígida de fibra de vidrio sobre el piso, esta lamina debe estar recubierta con plástico o caucho, luego se aplica una capa de concreto sobre la fibra, es muy importante tener en cuenta que se deben instalar tiras de fibra de vidrio en todos los lados para que la capa de concreto no este en contacto en ningún punto con las paredes ni con el piso original, así las vibraciones causadas por es sonido se atenúan al pasar por la fibra, en algunos casos críticos se aplica el procedimiento dos veces.

Dimensiones y formas del recinto

Como ya se menciona anteriormente el tamaño y forma del recinto determina sus resonancias naturales, o también llamadas modos de resonancia. Todo recinto rectangular tiene tres sets de modos primarios, cada uno por alto, ancho y profundo.

Generalmente las salas grandes son mejores acústicamente hablando que los recintos pequeños, debido a que los modos están más cercanos. La siguiente figura corresponde a los modos de una sola de las dimensiones de un recinto. Siendo la superior de una sala grande, cuyo largo es de 8.53 metros, entonces el modo fundamental es 20 Hz. Los modos subsecuentes, los cuales son similares a los armónicos de una nota tocada por un instrumento musical,

ocurren a un intervalo de 20 Hz, generando pequeños picos en la respuesta. Los picos están cercanos entre sí, por lo que la respuesta es cercanamente plana. Cuando un pico está cayendo, el pico adyacente está cercano para compensar dicha caída.

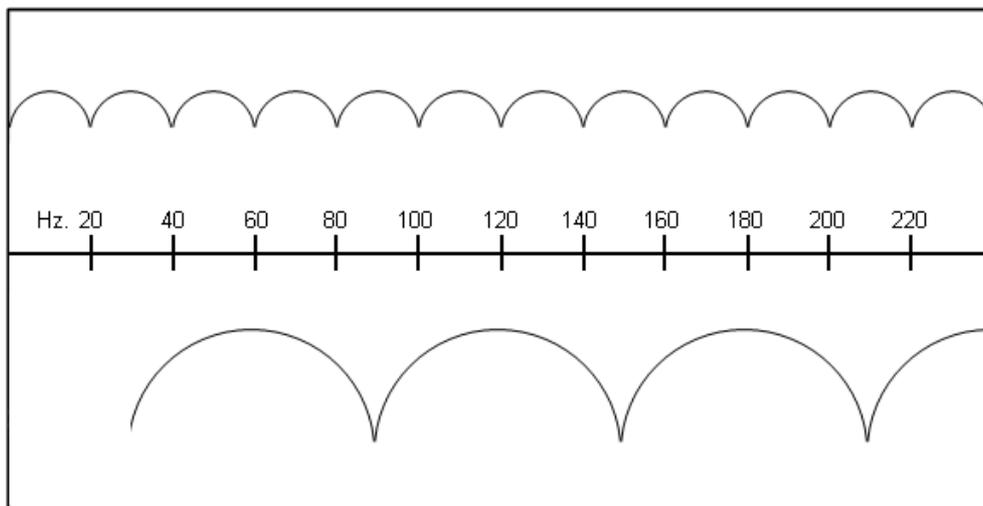


Fig. 9. En un cuarto grande (Arriba), la respuesta de picos causada por los modos están mas cercanos entre si que en el cuarto pequeño (Abajo)

Teniendo en cuenta los modos para el cuarto pequeño (Parte inferior del grafico), el primer pico esta a 60 Hz, los modos subsecuentes ocurren en intervalos de 60 Hz, haciendo que la respuesta sea menos uniforme, porque un rango alto de frecuencias es atenuado y es más profundo entre cada set de picos.

Otro factor importante a tener en cuenta en el diseño de estudios de edición de este tipo es la relación entre las dimensiones del recinto. La peor respuesta se obtendrá al construir un recinto completamente cúbico, cuyas dimensiones sean muy similares entre si. Un cubo tiene un número de picos muy bajo y todas sus dimensiones resuenan a las mismas frecuencias. En un recinto ideal, cada una de las dimensiones debe contribuir con picos en diferentes frecuencias, generando más picos teniendo una menor distancia entre ellos, como se muestra en la siguiente figura.

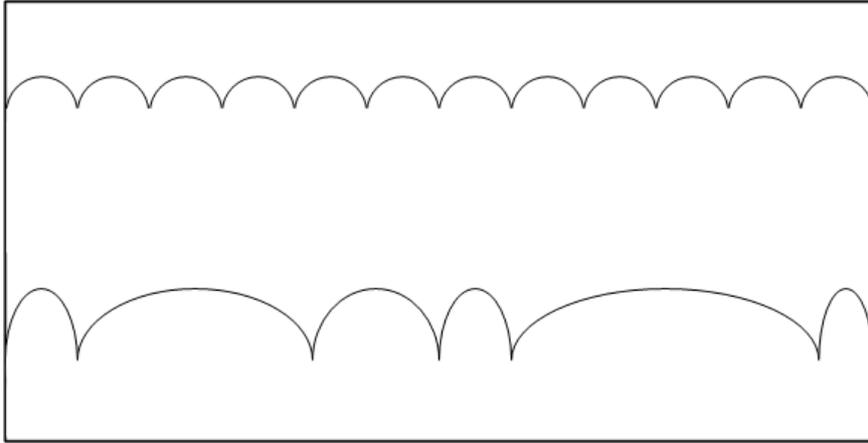


Fig. 10. Los modos para un cuarto con relaciones ideales (Arriba) dan una mejor respuesta, que los modos de un recinto con relaciones pobres (Abajo)

Aparte de generar una respuesta de la sala menos uniforme, la especialidad de los modos puede hacer que una nota de un instrumento de frecuencias bajas suene más duro que la notas adyacentes, lo cual es un problema muy grave a la hora de realizar una mezcla.

Los modos de resonancia propios de una sala también determinan a que frecuencias la reverberación natural del recinto es más pronunciada. Para un recinto de este tipo es muy importante que la reverberación se encuentre relativamente pareja en todo el espectro de frecuencias y no que sea mayor en ciertas frecuencias dominantes, que le darán colores al sonido que lo harán parecer poco natural.

Se debe tener en cuenta que la existencia de los modos propios de resonancia de una sala es inevitable, por lo que es conveniente elegir una relación entre las dimensiones de la sala, de tal manera que la distribución de los mismos en el eje de frecuencias sea lo más uniforme posible, para así evitar concentraciones de energía en bandas estrechas de frecuencia.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de los modos de resonancia propios mas significativos de dos salas, la primera con una relación optima entre sus dimensiones (6.25 x 3.75 x 2.5m), y la segunda de forma cúbica (4 x 4 x 4m).

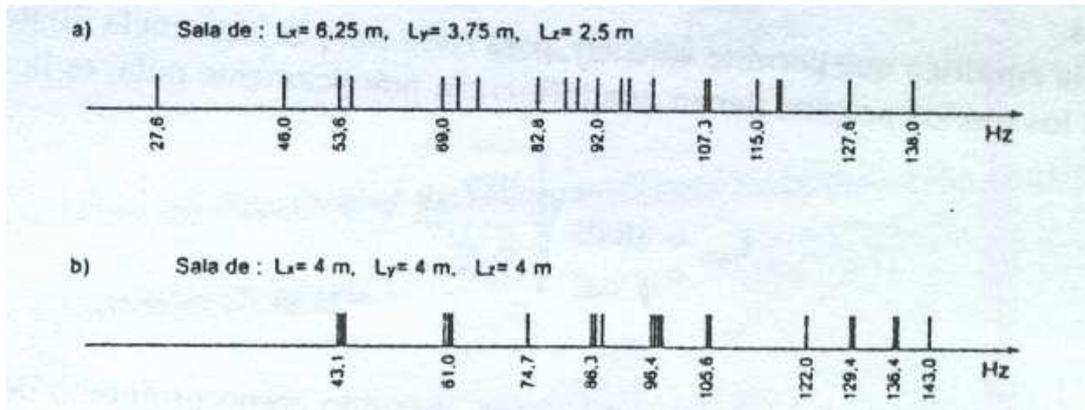


Fig. 11. Distribución de las frecuencias propias en el eje frecuencial para:
a) una sala rectangular de proporciones optimas; b) una sala cúbica

Simetría del estudio

La simetría del estudio y la ubicación de los monitores es muy importante, si los monitores no están ubicados de forma simétrica en un cuarto que posea una respuesta en frecuencia diferente, la imagen sonora no será balanceada, en un recinto muy largo es conveniente ubicar los monitores cerca de la pared mas pequeña para que pueda enviar el sonido hacia la parte larga del recinto.

Al ubicar los monitores igualmente espaciados desde las paredes y esquinas y formando un triangulo equilátero asta el punto donde se ubicara el ingeniero que realizara la mezcla, en la siguientes dos figuras se muestran dos posibles ejemplos de ubicación de monitores para lograr esto, el arreglo de la izquierda es mejor que el de la derecha puesto que es mas simétrico con relación al recinto.

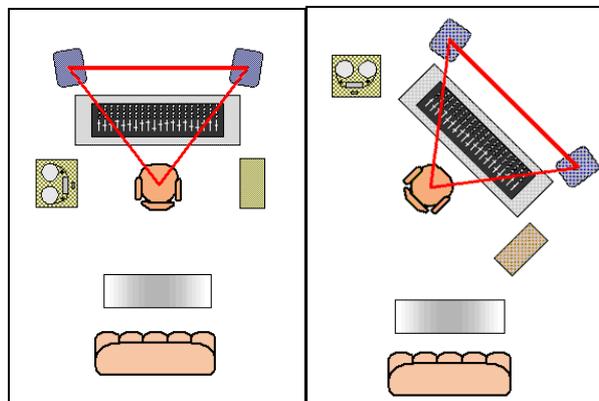


Fig. 12. El arreglo de la izquierda es mejor que el de la derecha debido a que es más simétrico con relación al cuarto

A parte de ubicar los monitores de forma simétrica, se debe colocar la consola y la silla de forma tal que los oídos se encuentren a la misma distancia de cada monitor. De igual forma se debe realizar el tratamiento acústico sin importar si se esta aplicando difusión o absorción debe ser aplicado de forma equitativa a los dos lados.

Espacialmente se debe tomar como critico la parte frontal del cuarto puesto que de este provienen las primeras reflexiones, desde las paredes, techo y piso si estos no son tratados de manera correcta, lo que ocurre en la parte posterior del recinto no es tan significativo.

En el ejemplo de ubicación de monitores que se mostró en la figura anterior los cuartos son rectangulares, pero como se ha expresado anteriormente esto no es aconsejable y por el contrario se deben construir paredes y techo en ángulo puesto que esto produce una deflexión que ayuda a reducir ecos flotantes.

Un techo en forma de pico es mejor que un techo totalmente plano puesto que evita ecos que se producen cuando el techo es paralelo al piso. Pero un techo de este tipo genera un efecto de foco, lo cual quiere decir que puede focalizar el sonido hacia un punto específico del recinto, razón por la cual es conveniente tratar con absorción o difusión sobre el pico más alto de la curvatura, como se observa en la foto.



Fig. 13. Las pequeñas trampas (Paneles acústicos) son instaladas abajo del techo en forma de pico.

Criterios de ruido

Para este proyecto específico se debe cumplir con el criterio NC 10 - 20 el cual se refiere a un nivel aproximado de 18 – 28 dB, los cuales son niveles de ruido de fondo extremadamente bajos razón por la cual el estudio deberá estar completamente aislado de ruidos exteriores.

El Land Use o Uso de Suelo, es el nivel de ruido máximo al que puede estar expuesto el lote donde va a ser construido el estudio para un recinto de este tipo el rango compatible se encuentra entre 50 y 60 dB y el margen del rango compatible esta entre 60 y 65 dB, esto quiere decir que el nivel de ruido al que esta expuesto el lote donde se construirá el estudio de edición no puede sobrepasar estos niveles. Por esta razón este recinto deberá ser construido dentro de una zona residencial con bajo nivel de tráfico vehicular y cero porciento de tráfico aéreo.

Initial Time Delay Gap

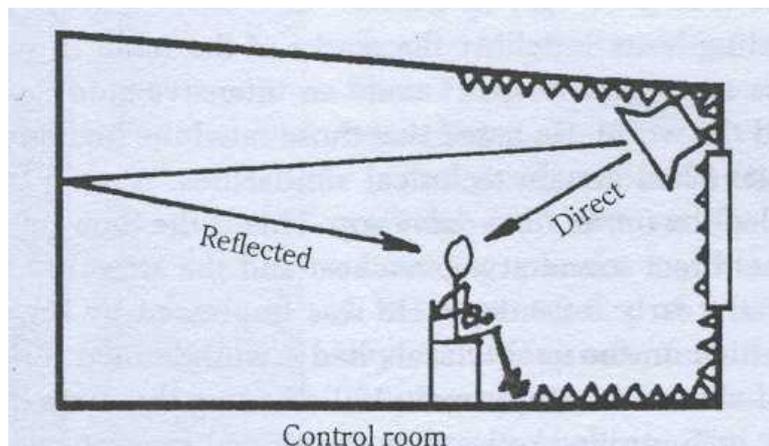


Fig. 14. Factores que generan el initial time delay típico de un estudio de edición

El sonido directo viaja una distancia corta desde la fuente, luego el sonido es reflejado desde el piso, techo y otras superficies como equipos o mobiliario del estudio, este time gap entre el arribo de los componentes del sonido directo y reflejado esta determinado por la geometría del recinto.

Normalmente cuando un ingeniero se encuentra realizando una mezcla no puede identificar el delay gap propio de la grabación, el cual dependerá del recinto en el que se haya realizado ésta, debido a que es enmascarado por las reflexiones tempranas propias del estudio de edición. Esto implica que el ingeniero sea privado de un importante componente del sonido en su evaluación. Para mejorar esto es necesario eliminar o reducir las reflexiones tempranas al interior del estudio de edición, lo cual se puede lograr instalando material absorbente sobre las superficies cercanas a los monitores, puesto que son dichas superficies las causantes de las reflexiones cercanas.

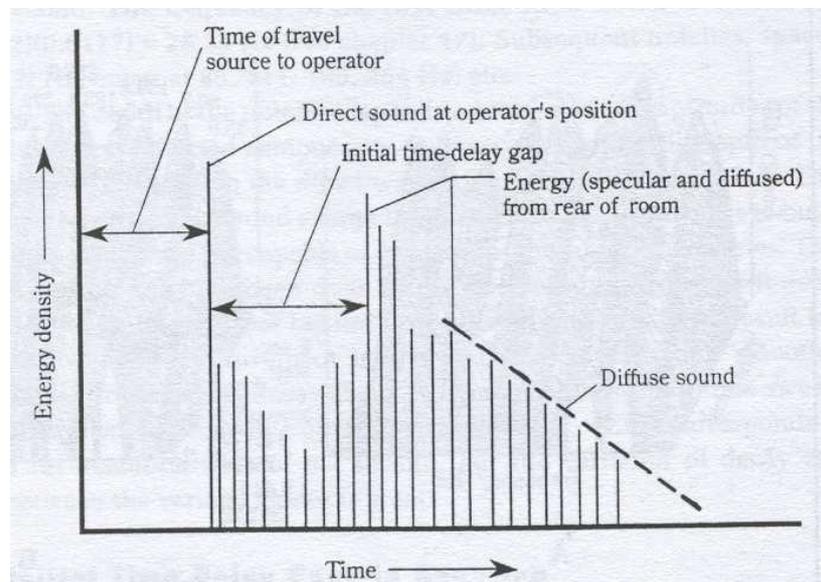


Fig. 15. Relación tiempo – energía, esencial para un diseño apropiado de un estudio de edición

En un tiempo igual a cero, la señal deja el monitor, luego de un tiempo determinado el sonido directo llega a los oídos del ingeniero, a esto le siguen ciertas obstrucciones de bajo nivel que no son relevantes, posteriormente tendremos los primeros arribos de las reflexiones de la parte trasera del estudio. Las reflexiones retrasadas constituyen el final de del time delay gap y la señal tiende a un decaimiento exponencial.

Uno de los parámetros más utilizados y que también definirá el comportamiento de la sala es el tiempo de reverberación, que para este caso específico deberá estar entre 0.4 y 1 segundo.

Zona libre de reflexiones

Para crear una zona libre de reflexiones es necesario ubicar los monitores lo mas cercano posible a las esquinas con intersección del techo, las superficies de paredes y techo frontales deben estar tratadas para tener las reflexiones de estas lejos del área ocupada por el ingeniero. Es posible crear una adecuada zona libre de reflexiones en el punto de posición del ingeniero mediante el correcto entendimiento de las paredes, de esta forma se logra un efecto anecoico sin necesidad de material absorbente. Si es necesario material absorbente para controlar algunas reflexiones específicas, se puede aplicar sobre las superficies.

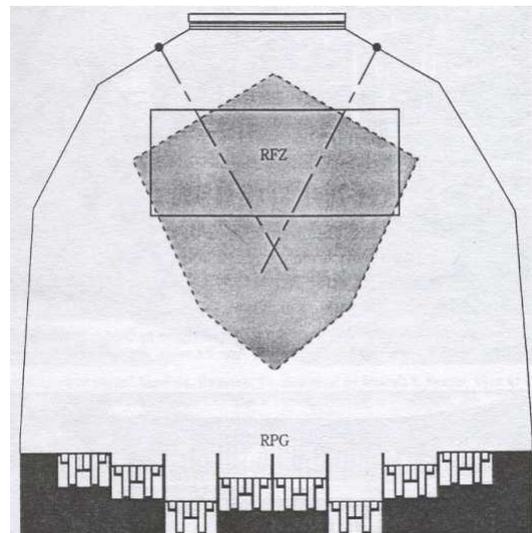


Fig. 16. Se observa un estudio de edición con una marcada zona libre de reflexiones

La pared posterior del estudio esta provista de un complemento de difusores, el cual consiste de un difusor de residuo cuadrático para frecuencias altas, montado al fondo de un difusor para frecuencias bajas. La energía difundida por esta pared llega al punto de ubicación del ingeniero con un time-delay gap apropiado. Este sonido es difundido en tiempo y espacio por el patrón del difusor.

3 METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA GENERAL

3.1 Enfoque de la investigación

Este proyecto realizará una investigación de tipo empírico-analítica, puesto que a partir de la información bibliográfica que se recopilará y analizará, se desarrollará el diseño acústico, electroacústico y arquitectónico de un estudio 5.1 para edición de audio.

3.2 Línea de investigación

Es necesario conocer la línea de investigación de la universidad la cual es de tecnología actual y sociedad, de igual forma la línea de investigación del programa de ingeniería de sonido es el procesamiento de señales análogas y digitales.

Este proyecto que aunque no se construirá físicamente cumple con las dos líneas de investigación anteriormente planteadas, puesto que el proyecto consiste en el diseño de un estudio para el procesamiento de audio 5.1, el cual es un formato muy nuevo en Colombia, pero de gran auge a nivel mundial, de igual forma el equipamiento escogido para el proyecto es completamente profesional y completamente actual, razón por la cual es utilizado en los mas prestigiosos estudios de edición de audio multicanal en diversos países.

3.3 Técnicas de recolección de información

La información para el desarrollo de este proyecto se obtendrá mediante tres métodos, el primero será mediante investigación bibliografica, remitiéndose a

libros, tesis y revistas técnicas, el segundo método será mediante entrevista directa con ingenieros que tengan experiencia en este campo, para este se creará una línea de comunicación vía Internet con Andrés Mayo, el cual es un ingeniero argentino con más de trece años de experiencia en el área de masterización y que junto con Eduardo Bergallo es dueño e ingeniero de Mr. Master, uno de los pocos estudios de edición multicanal en América latina.

Por último el tercer método de investigación será aplicando conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas relacionadas con los temas tratados en este proyecto, asignaturas las cuales se han cursado durante el transcurso de la carrera, remitiéndose a apuntes, trabajos y presentaciones.

3.4 Hipótesis

Mediante la aplicación de conceptos de parámetros acústicos tales como RT60, Modos de resonancia, Land Use y Criterio de ruido de fondo, y teniendo en cuenta las especificaciones acústicas y electroacústicas que requieren los equipos para este tipo de estudio, se logrará realizar correctamente el diseño propuesto para este proyecto, lo cual se confirmará con los resultados obtenidos mediante la simulación, la cual se desarrollará en el software CATTAcoustic V8.

3.5 Variables

3.5.1 Variable independiente

La principal variable independiente de este proyecto radica en la carencia de un estudio de edición de audio 5.1 en el país, así como la falta de información y conocimiento acerca de cómo desarrollar el diseño acústico y electroacústico para un estudio de este tipo.

3.5.2 Variable dependiente

Al finalizar este proyecto se tendrá un documento que contenga todos los parámetros necesarios a tener en cuenta para el desarrollo del diseño acústico y electroacústico de este tipo de estudios, de igual forma se entregara la propuesta de diseño de un estudio de edición de audio 5.1, que podrá ser implementado y siguiendo de manera estricta todas las especificaciones dadas en el documento, se podrán obtener los resultados esperados.

4 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Diseño del recinto

El estudio de edición para audio 5.1 se diseñó con el fin de cumplir con todos los parámetros acústicos mencionados en los marcos conceptual y teórico.

Para aislar el recinto se diseñaron paredes dobles, piso flotante y una puerta acústica.

Dimensiones del recinto

Como se menciona en el marco de referencias el recinto no debe ser cúbico para evitar que los modos de resonancia de este sean dispares y tenga una coloración altamente marcada en un pequeño rango de frecuencias, de igual forma se tuvo en cuenta que debe ser un recinto pequeño con un RT muy bajo y el área necesaria para el equipamiento requerido por un estudio de este tipo, teniendo todos estos factores en cuenta se planteó la siguiente relación de dimensiones, la pared frontal mide 1.16 m, de esta se desprenden dos paredes de 2m cada una, las cuales están en un ángulo de 135° , con respecto a la pared frontal, de estas dos paredes se desprende en un ángulo de 147° dos paredes de 3.66m de longitud, por último la pared posterior se encuentra a 78° de las paredes anteriormente descritas y posee una longitud de 5.5m, el largo total del estudio es de 5m. El estudio posee dos alturas, la primera de 1.9m, la cual corresponde a la pared frontal, el cielorraso se extiende 2m, en un ángulo de 45° hasta alcanzar la segunda altura la cual es de 2.45m la cual corresponde a las paredes restantes, para un mayor entendimiento de estas dimensiones al trabajo se anexan los planos de planta y cortes acotados, correspondientes a los anexos 1, 2 y 3.

Materiales

Para este diseño se eligieron una combinación de materiales absorbentes y difusores, para lograr mediante su combinación un equilibrio, con el fin de obtener la mejor respuesta acústica posible.

Las paredes frontal, posterior y las dos primeras laterales se recubrieron en su totalidad con paneles absorbentes, los cuales básicamente son láminas de acústifibra de 1" cubiertas con paño, se eligió este material debido a que es de fácil adquisición, no es inflamable, su costo no es muy elevado y los coeficientes de absorción son bastante buenos, pero el factor mas relevante para su elección es que es el único producto acústico de fácil adquisición en el mercado colombiano cuyo fabricante entrega tablas de con los valores de los coeficientes de absorción por bandas. Se plantearon estos paneles para evitar que las reflexiones producidas por estas paredes se mezclen con el sonido directo, se recubrieron estas paredes específicamente puesto que son la superficie más cercana a los monitores.

El cielorraso es en lamina de triplex de 15mm perforada, cada orificio tiene un diámetro de 2cm y con una distancia de 5cm de separación entre cada orificio, la lamina en el área de mayor altura del recinto se ubicara a cinco centímetros de la placa superior.

El piso es en madera barnizada, se eligió este material puesto que posee coeficientes de absorción bajos, esto es muy importante para así lograr una relación equitativa entre materiales absorbentes y no absorbentes, para obtener un nivel óptimo de RT y teniendo en cuenta que los paneles absorbentes recubrirán superficies grandes, es importante poseer un material reverberante. Por esta misma razón los muros restantes son en ladrillo pañetado.

A continuación se presentan las tablas con los coeficientes de absorción por banda que poseen cada uno de los materiales implementados.

Frecuencia	125	250	500	1K	2K	4K
Coefficiente de absorción	0,34	0,53	0,86	0,80	0,81	0,89

Tabla 2. Coeficientes de absorción por banda de los paneles de fibra de vidrio

Frecuencia	125	250	500	1K	2K	4K
Coefficiente de absorción	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11

Tabla 3. Coeficientes de absorción por banda del cielorraso

Frecuencia	125	250	500	1K	2K	4K
Coefficiente de absorción	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03

Tabla 4. Coeficientes de absorción por banda de la madera del piso

Frecuencia	125	250	500	1K	2K	4K
Coefficiente de absorción	0,01	0,012	0,02	0,02	0,023	0,035

Tabla 5. Coeficientes de absorción por banda de los muros

Sobre cada una de las dos paredes que no están cubiertas con paneles absorbentes las cuales poseen una longitud de 3,66m cada una, se ubicaron difusores QRD, el cual fue diseñado, construido y medido como parte del proyecto de grado realizado por Carlos Andrés Cavas, Camilo Cubides y Andrés Montaña, presentado en el primer semestre del año 2005 en la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, facultad de ingeniería, programa de ingeniería de sonido. En cada pared se ubicaron dos periodos de este difusor, cada periodo de este difusor posee 31 ranuras, el ancho de cada una es de 5cm y el divisor entre ranuras es de 7mm, se eligió este difusor puesto que tiene un muy buen comportamiento entre 250 Hz y 1.5 KHz, el cual es un rango de acción idóneo para el tipo de sonidos que se reproducirán en el estudio, es importante destacar que el difusor también actúa por fuera del rango de diseño, pero su mayor efectividad se logra dentro de este.

Los difusores que se seleccionaron para este proyecto poseen 1m de altura y se ubicaron en el centro de la pared, lo cual quiere decir que están a 0.72m del

piso, esto con el fin que la energía acústica emitida por estos llegue de forma directa al ingeniero, puesto que al estar sentado los oídos de este se encontrarán a una posición ideal dentro del área de cubrimiento del difusor.

Frecuencia	250	500	1K	2K	4K
Coefficiente de difusión	0,71	0,76	0,79	0,56	0,35

Tabla 6. Coeficiente de difusión por banda que posee el difusor QRD seleccionado para este proyecto

Es importante resaltar que al igual que ocurre con los coeficientes de absorción, entre más cercano este a 1 el valor de coeficiente de difusión su rendimiento será mucho mejor.

Paredes dobles

Para las paredes el material de construcción escogido fue el ladrillo tipo tolete macizo, puesto que este es el ladrillo mas pesado que existe y como se mencionó anteriormente para lograr aislamiento es necesario implementar el mayor masa posible, la masa especifica de este material por metro cuadrado es aproximadamente de 201,6 Kg. Para hallar la distancia entre paredes es necesario definir cual será la menor frecuencia a aislar, se escogió 27 Hz puesto que es la frecuencia mas baja emitida por el piano, el cual es el instrumento con mayor rango de frecuencia que existe, teniendo definidos los materiales y la frecuencia, se calcula la distancia entre paredes de la siguiente forma.

$$d = \frac{(m_1 + m_2)60^2}{(m_1 m_2) f_0^2} = \frac{(201,6 + 201,6)60^2}{(201,6(201,6))27^2} = 0,04$$

$$d = 0,04\text{m} = 4\text{cm}$$

Es importante tener en cuenta que la razón por la cual las dos masas son iguales, es debido a que las dos paredes están diseñadas con el mismo material de construcción.

El resultado obtenido al desarrollar el cálculo de distancia quiere decir que debe existir una cavidad de aire de mínimo 4cm entre las dos paredes

Perdida por transmisión

Teniendo definido los materiales de construcción de las paredes, y por lo tanto su masa y la menor frecuencia a atenuar, es posible calcular la pérdida por transmisión (TL) de la siguiente manera:

$$TL = 20\text{Log}(fm_T) - 42,4\text{dB} - 12$$

$$TL = 20\text{Log}[27(403,2)] - 42,4\text{dB} - 12$$

$$TL = 20\text{Log}(10886,4) - 42,4\text{dB} - 12$$

$$TL = 26,3\text{dB}$$

Teniendo valor de la pérdida por transmisión (TL) es posible calcular el NR (Noise Reduction) para esa frecuencia en específico.

$$NR = TL + 6\text{dB}$$

$$NR = 26,3 + 6 = 32,3 \text{ dB}$$

Se debe tener en cuenta que a medida que la frecuencia aumente, los niveles de TL y NR también aumentarán, como se observa en la siguiente tabla.

Frecuencia en Hz	27	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Perdida en dB	26	33	39	45	51	57	63	69

Tabla 7. Niveles de pérdida por transmisión (TL) por banda, a obtener para el diseño de paredes plateado

Frecuencia en Hz	27	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K
NR en dB	32	39	45	51	57	63	69	75

Tabla 8. Niveles de noise reduction (NR) por banda, a obtener para el diseño de paredes plateado

Piso flotante

Para realizar este es necesario primero construir las paredes del recinto, posteriormente sobre la placa del suelo se instala una fibra de vidrio muy compacta, en Colombia no es fácil conseguir productos acústicos, pero para construir este tipo de piso es posible utilizar el acustiblok de 2" de Fiberglass que se puede conseguir fácilmente y su costo no es muy alto, subsiguientemente de instalar las laminas de acustiblok sobre el suelo, se construye sobre estas una placa de concreto de 10cm, se construye de este espesor puesto que funciona de manera efectiva y no es tan costoso, se debe tener en cuenta que el acustiblok deberá recubrir la placa de concreto en todo su alrededor para que así esta no este en contacto directo con las paredes.

Puerta acústica

Como se mencionó en el desarrollo del marco de referencias, para poder aislar la puerta se pueden implementar dos soluciones, la primera es instalar dos puertas normales dejando un área libre entre las dos y la segunda es montar una puerta muy pesada para poder simular que el cuarto se encuentra completamente cerrado, para este proyecto se utilizará la segunda opción, se diseño una puerta metálica rellena de arena seca, las dimensiones de dicha puerta son de 0,82 m de ancho y 2,16 m de altura y posee un peso total de 180 Kg, lo cual equivale a 101,6 Kg por metro cuadrado. El marco rodea completamente la puerta y está cubierto en su totalidad con un empaque siliconado, esto se construye de esta manera para lograr que la puerta quede sellada completamente y no existan filtraciones de sonido por las ranuras del marco. En los anexos se hace entrega de los planos de la puerta para que se pueda comprender su composición más fácilmente.

Buscando que la sala fuera completamente simétrica la puerta se ubico en el centro de la pared posterior.

Para tener una idea de los niveles de aislamiento que se obtendrán al implementar esta puerta es necesario realizar el cálculo de pérdida por transmisión (TL) de esta, lo cual es posible puesto que se tiene el valor de la masa total y las frecuencias que se pretenden aislar.

Frecuencia en Hz	27	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Niveles en dB	18	26	32	38	44	50	56	62

Tabla 9. Niveles de pérdida por transmisión (TL) por banda, a obtener para la puerta acústica

A partir de estos valores podemos hallar el NR que se obtendrán al implementar esta puerta.

Frecuencia en Hz	27	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Niveles en dB	24	32	38	44	50	56	62	68

Tabla 10. Niveles de noise reduction (NR) por banda, a obtener para la puerta acústica

Cálculo del tiempo de reverberación

Primero se debe resaltar que para un recinto de estas características el RTmid o tiempo de reverberación medio, el cual se halla mediante la promediación entre los valores obtenidos para las bandas de 500 Hz y 1 KHz, debe estar entre 0.4 y 0.6 segundos.

Teniendo definidas todas las dimensiones del recinto así como los materiales y por ende sus coeficientes de absorción y utilizando la fórmula numero (3) expresada en el marco conceptual, es posible calcular el tiempo de reverberación por bandas, el cual para este caso específico es el siguiente.

Banda de frecuencia	125	250	500	1 K	2 K	4 K
RT 60 (Seg)	0,8	0,56	0,39	0,42	0,42	0,37

Tabla 11. Tiempo de reverberación por bandas calculado

Teniendo estos valores de RT, podemos calcular el RT mid que para este caso es 0,4 segundos, por lo que estamos cumpliendo con el valor ideal para este tipo de recintos.

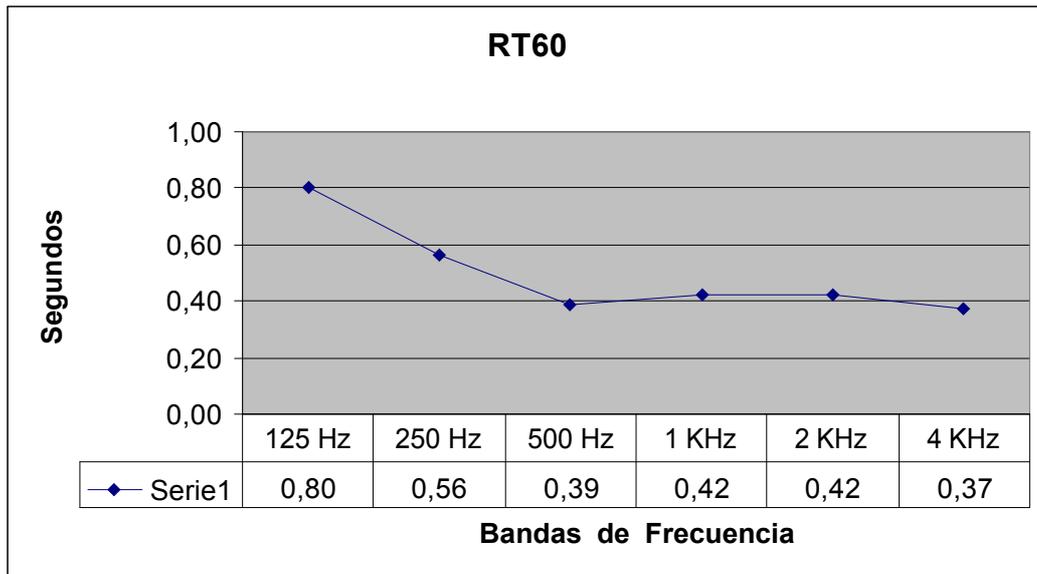


Fig. 17. Grafica del RT por bandas, calculado para el estudio de edición

Criterios de ruido

Como ya se mencionó anteriormente el land use específico para un diseño de este tipo dictamina que el nivel de ruido máximo al que puede estar expuesto el lote donde se encontrará ubicado el estudio es de 65 dB, por esta razón este estudio deberá ser construido dentro de una zona residencial con bajo nivel de tráfico vehicular y cero por ciento de tráfico aéreo, no podrá ubicarse en zonas comerciales e industriales, puesto que los niveles de ruido generados en estas son muy altos.

Como ya se menciona anteriormente el estudio debe cumplir con ciertos niveles de ruido de fondo específicos, correspondientes al criterio NC 10 – 20,

lo cual quiere decir que el nivel máximo de ruido de fondo no deberá ser superior a 28 dB, teniendo en cuenta el bajo tiempo de reverberación que tendremos dentro de la sala y a que los índices de pérdida por transmisión que se obtendrán son muy buenos, se podrá cumplir con este nivel máximo de ruido de fondo.

Equipamiento

Este tipo de estudios de edición de audio requieren un equipamiento tanto de software como de hardware distinto a los estudios que realizan postproducción de audio en estéreo, debido a la diferencia en el número de canales de reproducción a utilizar, el equipamiento requerido no es muy numeroso pero si muy específico, los diferentes software y hardware planteados para este proyecto son profesionales y son los que se utilizan en estudios de edición de audio surround profesionales a nivel mundial. A continuación se presenta una descripción del equipamiento planteado teniendo en cuenta su objetivo de funcionamiento y principales características.

Los monitores escogidos para el proyecto son los ATC T16, los cuales son monitores activos, esto es muy importante porque de esta manera no será necesario adquirir plantas, lo cual es un aspecto positivo, debido a que las plantas no se diseñan con respecto a unos monitores específicos, estas pueden quemar los monitores, lo cual es muy grave puesto que un monitor reparado nunca podrá alcanzar la misma calidad ni linealidad que poseía siendo nuevo, se debe tener en cuenta que debido al tipo de estudio que se está diseñando se deben implementar cinco de estos monitores. De igual forma se eligió el subwoofer ATC SCM 0.1/15 Pro, que a diferencia de los otros monitores es pasivo y por lo tanto necesita amplificación externa. A continuación se muestra una tabla que contiene las características de estos monitores.

		T 16	SCM 0.1/15
<i>Parlantes</i>			
	<i>Frecuencias altas</i>	25mm	-
	<i>Frecuencias medias</i>	150mm	-
	<i>Frecuencias bajas</i>	-	375mm
<i>Linealidad de amplitud (+ -12dB)</i>		70 Hz - 17 KHz	30 Hz - 300 Hz
<i>Frecuencias de corte (-6 dB)</i>		62 Hz, 20 KHz	20 HZ
<i>Dispersión horizontal</i>		80°	-
<i>Dispersión vertical</i>		10°	-
<i>SPL continuo máximo (1 metro)</i>		108 dB	118 dB
<i>Frecuencia de crossover</i>		2.8 KHz	-
<i>Entradas activas</i>			
	<i>Conectores</i>	XLR Macho	XLR Macho
	<i>Sensibilidad de entrada</i>	Variable	1 V
	<i>Impedancia de entrada</i>	10 K	-
<i>Salida de amplificador</i>			
	<i>Bajo</i>	200 W	
	<i>Medio</i>	-	
	<i>Alto</i>	50 W	
<i>Dimensiones (H x W x D, mm)</i>		448 x 270 x 330	631 x 580 x 580

Tabla 12. Características de los monitores

Debido a que este tipo de estudios no realiza la grabación del audio que posteriormente se editará, no es muy preciso el formato que se utilizará en la producción, y teniendo en cuenta que debe ser posible trabajar tanto con equipos análogos como digitales es necesario poseer un conversor análogo - digital, digital – análogo, por esta razón se eligió el convertidor Prism DREAM ADA-8, el cual posee ocho canales, es compatible con Pro Tools puesto que es sistema modular que incluye tarjetas de Pro Tools 24 MIX o HD, lo cual es muy importante para este proyecto puesto que uno de los software elegidos es el Pro Tools HD 7.

Otro elemento fundamental en la edición del sonido surround es el switcher, el cual brinda la posibilidad de comparar auditivamente el programa antes y después de la edición, para el proyecto se selecciono el Martinsound Multimax EX, se eligió este puesto que puede trabajar con diferentes formatos de sonido surround, puede trabajar desde Dolby Stereo hasta Dolby digital 5.1 y otros implementados para la producción de DVD.

Debido a que el formato multicanal es relativamente nuevo, especialmente en los países de América latina y específicamente Colombia, ay personas que trabajan bajo algunos conceptos erróneos acerca de cómo debe estar

conformado un sistema multicanal para mezclar, como debe ser colocado y calibrado. Es por esta razón que algunas grabaciones que fueron mezclados en monitores de distintas marcas y dimensiones, por ejemplo es habitual que en las salas de edición de video que los monitores del surround o del canal central sean diferentes a los de derecha e izquierda, por lo que al reproducir la misma grabación en cinco gabinetes iguales se podrán escuchar errores de nivel, ecualización y demás procesos realizados en la mezcla. Por lo que al masterizar o editar 5.1 es necesario realizar ajustes de y correcciones relativos a una deficiente calibración e instalación de los sistemas de monitoreo donde fue mezclado originalmente el material. Previniendo estas circunstancias, es importante poseer equipamiento capaz de manejar variaciones de nivel, compresión, limitación y ecualización general en cada uno de los seis canales en forma independiente, por esto se escogió el Z-Systems Z-K6, de igual forma este procesador puede ser utilizado para derivar producciones que originalmente fueron grabadas en estéreo a un sistema multicanal.

Puesto que se va a trabajar con sistemas digitales es muy importante poseer un computador con capacidad de procesar y almacenar archivos muy pesados, con esto se busca que este no presente problemas tales como perdida de información o saturación, siendo necesario borrar o hacer copias de los archivos, de igual forma debe poder soportar cualquier software profesional, por estas razones se escogió la marca fabricante de computadores Apple y se eligió el mejor equipo que estos poseen en el momento, el cual es el Power Mac G5 Quad 2.5 GHz, este equipo posee un procesador de 2.5 GHz, 512 MB de memoria RAM y 250 GB de disco duro, esta configuración lo convierte en el mejor computador que ay actualmente en el mercado, se eligió un display o pantalla con el que se pueda trabajar cómodamente los diferentes software, por esto se planteo la pantalla 30-Inch Cinema HD, que al igual que el Mouse y el teclado es fabricado por Apple.

Se eligieron dos software básicos para trabajar, pero los dos son compatibles puesto que son fabricados por Digidesign, el primero es el Pro Tools HD 7, el cual es un programa profesional de grabación y edición de audio y MIDI, se eligió este para tener compatibilidad con la mayoría de estudios de grabación y

edición de audio del mundo, puesto que esta es la estación de trabajo Standard mundial para esta finalidad, debido a sus capacidades, flexibilidad y eficiencia.

El segundo software planteado esta diseñado específicamente para trabajar audio surround, este es el Dolby Surround Tools, el cual a partir de sus procesos permite tomar una grabación de dos canales (stereo), crear cuatro canales adicionales montar información sobre estos, y así lograr convertir una mezcla estéreo en una multicanal.

5 DESARROLLO INGENIERIL

Simulación

Como se planteó en los objetivos específicos, fue necesario desarrollar la simulación del recinto, con el objetivo de verificar su correcto funcionamiento acústico.

Para poder desarrollar la simulación del recinto es necesario realizar los planos arquitectónicos de este, para esto se empleo el software AutoCAD 2004. Al tener definidas las dimensiones y materiales que compondrán el recinto, se dibuja la planta, posteriormente teniendo las diferentes alturas se gráfica el recinto en tres dimensiones, y se agregan todos los detalles internos del recinto como son la puerta, tipo de cielorraso, paredes, y piso.

Teniendo el levantamiento en 3D, se identifican los puntos o esquinas que definen la geometría del recinto, luego se hallaron las coordenadas espaciales (X, Y Z) para cada uno de estos puntos, estas coordenadas son esenciales para poder graficar el recinto en el software de simulación, para este proyecto se empleo el CATT-acoustic v8 demo, de igual forma es necesario definir los puntos de medición y de fuente dentro del recinto, se utilizó una fuente omnidireccional ubicada en el centro de la sala a 1.5 metros del suelo y cinco receptores los cuales se distribuyeron de forma tal que abarcaran la mayor área posible y a 1.7 metros del suelo.

Para trabajar en el CATT es necesario programar el Geo-file, en el cual se definen los materiales, especificando los coeficientes de absorción y difusión de estos, debido a que los coeficientes de difusión de los materiales comúnmente utilizados en construcción son muy difíciles de conseguir, estos se pueden programar de manera opcional, pero si es necesario definir los coeficientes de absorción de todos los materiales utilizados en la sala, para el caso del difusor es necesario definir tanto los coeficientes de absorción como de difusión de este, posteriormente se programan los puntos que definen la sala, esto se logra mediante sus coordenadas espaciales, teniendo estos puntos se definen los

planos del recinto, para esto se toman los puntos de cada superficie y se programan en un mismo plano.

La fuente y los receptores se programan en hojas parecidas al Geo-file, para programar la fuente es necesario definir la ubicación, la cual se precisa por medio de las coordenadas de esta, de igual forma es necesario puntualizar el tipo de fuente, dirección a la cual se encuentra enfocada, para este proyecto esto no fue necesario debido a que se utilizó una fuente omnidireccional, por ultimo se programa el nivel de presión sonora que esta emite a 1m.

Para programar los receptores es necesario definir la ubicación en el espacio de cada uno.

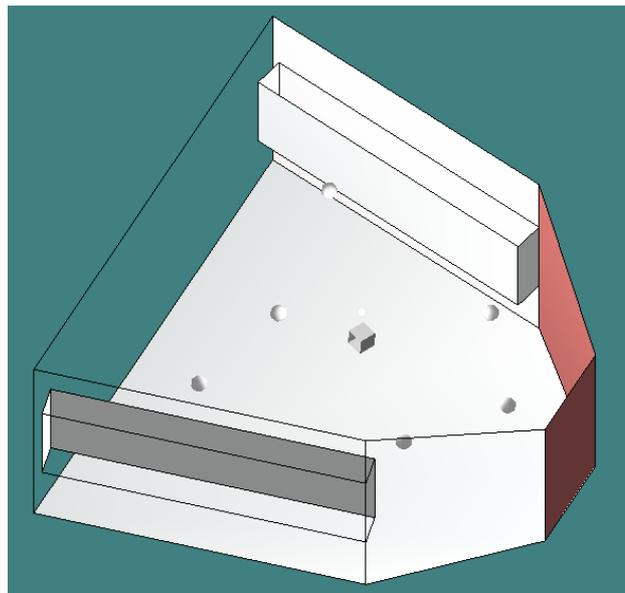


Fig. 18. Recinto simulado, se pueden observar la fuente y los puntos de medición

Comparación calculo - simulación

Al simular el recinto obtuvimos que el RT obtenido en este es muy parecido al calculado.

Banda de frecuencia	125	250	500	1 K	2 K	4 K
RT 60 (Seg)	0,90	0,40	0,40	0,60	0,40	0,50

Tabla 13. Tiempo de reverberación por bandas simulado

Teniendo estos valores podemos calcular el RT mid que para este caso es 0.5 segundos, que aunque es mayor que el obtenido al realizar el calculo de RT, está dentro del rango permitido para este tipo de recintos (0.4 – 0.6).

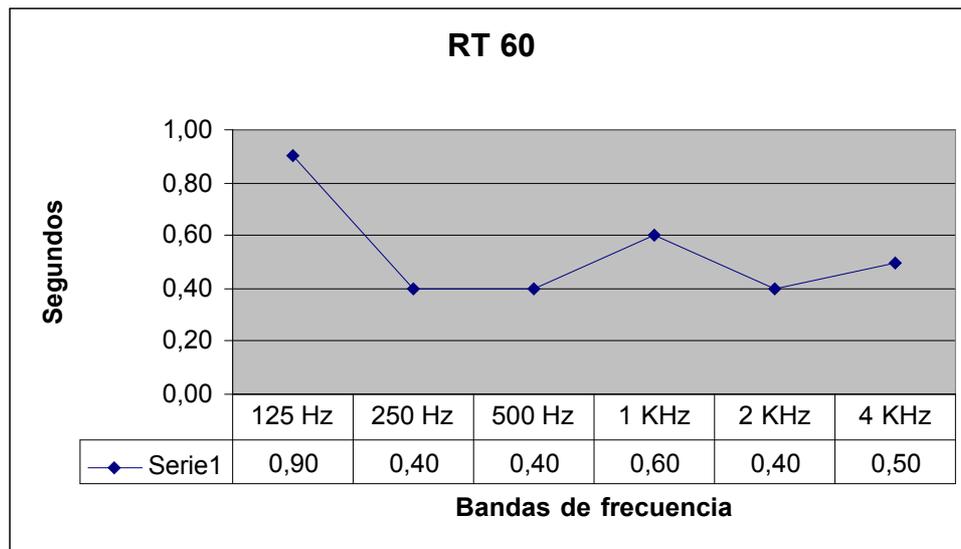


Fig. 19. Grafica del RT por bandas simulado

Banda de frecuencia	125	250	500	1 K	2 K	4 K
RT 60 calculado	0,80	0,56	0,39	0,42	0,42	0,37
RT 60 simulado	0,90	0,40	0,40	0,60	0,40	0,50

Tabla 14. Tiempo de reverberación por bandas calculado y simulado

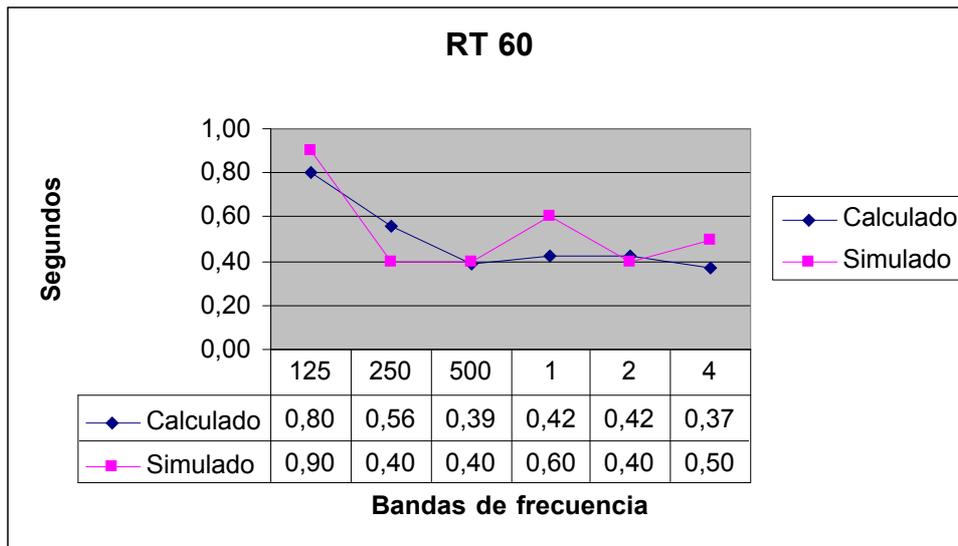


Fig. 19. Grafica comparativa RT por bandas calculado vs simulado

Mediante la simulación también fue posible simular La Fortaleza G teóricamente apropiada para este tipo de recintos debe ser superior a 5 dB, la G de esta sala al simularla esta oscilando entre 6 y 7 dB lo cual es ideal, por lo que el nivel de presión sonora por bandas va a ser muy similar en todos los puntos de la sala, y no se presentaran puntos donde existan caídas muy grandes de nivel.

De igual forma fue posible simular el C80, el Lateral Fraction (LF) y el nivel de presión sonora que se esta dando en los diferentes puntos de medición, estos valores se dan por banda de octava y se presentan a continuación.

PARAMETRO	125	250	500	1 k	2 k	4 k
C - 80 dB	39,5	32,4	35,0	37,5	38,0	40,8
LF (%)	11,1	11,8	9,8	9,8	9,2	9,8
SPL dB	71,5	74,5	77,2	80,3	83,2	96,2

Tabla 15. Parámetros acústicos por bandas simulado

6 CONCLUSIONES

El valor de RT propuesto teóricamente no se cumple con exactitud pero tiene un valor muy aproximado. Al calcular el RT mid se obtiene el mismo valor que se planteo por lo que se concluye que se esta cumpliendo con el valor ideal necesario para un estudio de este tipo.

Para obtener un buen resultado en los parámetros acústicos de un estudio de edición, es necesario implementar una relación de materiales absorbentes y difusores equitativa.

Construir y equipar un estudio de edición con estas características es muy costoso, razón por la cual se debe realizar simulaciones, con el fin de constatar que los resultados serán los deseados, puesto que de esta manera se podrán realizar cambios hasta obtener el producto ideal.

Para obtener una alta calidad en los productos que se realizan en un estudio de este tipo depende de igual manera de la calidad del equipamiento implementado, como del diseño acústico y de aislamiento.

El diseño planteado podrá ser construido de forma práctica y se obtendrán resultados óptimos.

7 RECOMENDACIONES

Para poder obtener resultados más precisos al desarrollar un proyecto de este tipo, sería ideal contar con todos los materiales que se plantean en el diseño, para así poder crear placas o paneles y poder medirlos, pero para esto es necesario contar con implementos y recintos de medición especiales, tales como micrófonos y software de medición y una cámara reverberante o en su defecto un tubo de Kundt y una cámara anecoica, de esta manera se obtendrán los coeficientes reales tanto de absorción como de difusión de los materiales a utilizar y aunque no se construya la sala si se tendrán los valores acústicos reales.

De igual forma sería ideal realizar el diseño teniendo como referencia un lote o recinto existente, para poder realizar mediciones del lugar y mediante la comparación entre los valores de ruido máximos teóricos admisibles y los hallados en el sitio se podrá definir que tan factible es realizar una construcción de ese tipo en ese lugar o plantear posibles soluciones a los diferentes problemas que se presenten.

Pero se debe tener en cuenta que la única forma de comprobar que los resultados obtenidos tanto en los cálculos como en la medición se cumplen, es construyendo el recinto para su posterior medición, tanto del comportamiento acústico interno como del aislamiento.

BIBLIOGRAFIA

CARRION ISBERT ANTONI, DISEÑO ACUSTICO DE ESPACIOS ARQUITECTONICOS, EDICIONS UPC, BARCELONA, 2001.

F. ALTON EVEREST, THE MASTER HANDBOOK OF ACOUSTICS CUARTA EDICION, McGRAW HILL, NEW YORK, 2001.

RECUERO LOPEZ MANUEL, INGENIERIA ACUSTICA, EDITORIAL PARANINFO S.A., MADRID, 1994.

ACOUSTIC TREATMENT AND DESIGN FOR RECORDING STUDIOS AND LISTENING ROOMS, WINER ETHAN, ESTADOS UNIDOS, SEPTIEMBRE 23 DE 2005.

ANEXOS

Para este proyecto se anexan ocho planos, entre los cuales se encuentra la planta acotada, tres cortes, los cuales corresponden a la pared frontal, lateral y posterior, 3 perspectivas tridimensionales y un plano donde se detalla la puerta diseñada.

Se anexan dos planos de los volúmenes del recinto donde se hallaron las coordenadas para los puntos que definen la geometría del cuarto y de los difusores.

Se anexa la hoja del GEO-file, para mostrar como se programa en el simulador.

De igual forma se hace entrega de dos cotizaciones, la primera corresponde a la construcción arquitectónica del recinto y la segunda al equipamiento necesario.