

**Diseño acústico y electroacústico de un estudio de producción de audio para
la ciudad de Popayán.**

Carlos Alberto Sánchez Santiago

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Tecnología en Producción de Audio

Proyecto aplicado para optar por el título de Tecnólogo en Producción de Audio

Director: Carlos Andrés Eraso Realpe

Zona centro sur. Cead: Popayán Colombia

**Diseño acústico y electroacústico de un estudio de producción de audio para
la ciudad de Popayán.**

Carlos Alberto Sánchez Santiago

Proyecto aplicado para optar por el título de Tecnólogo en Producción de Audio

Director:

Carlos Andrés Eraso Realpe

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Tecnología en Producción de Audio

Zona centro sur. Cead: Popayán

2025

Dedicatoria: A mis padres Luis Alberto y Betty Consuelo que son el motor y a mis hijos Kimy y Betty que son mi inspiración.

Agradecimientos: A Dios, que todo lo hace posible, a mis padres Luis y Betty a los que debo cada logro alcanzado, a mi familia y a cada persona que ha contribuido para que esto sea posible, y al profesor Carlos Andrés Erazo Realpe que con su asesoramiento he logrado concluir este proyecto.

Resumen

El proyecto presentado consiste en desarrollar el diseño de un estudio de producción de audio, en el aspecto acústico y electroacústico, en la ciudad de Popayán, teniendo en cuenta todos los aspectos acústicos, técnicos, de equipos y prestaciones necesarias para que cumpla con los estándares de calidad y competitividad que exige el audio a nivel profesional. En la primera etapa del proyecto se hace la recopilación de la información mediante mediciones, lista de materiales, equipamiento y cotizaciones. En la segunda etapa se hace la simulación del diseño utilizando el cálculo de niveles de aislamiento acústico, cálculo de tiempo de reverberación, entre otros. En la tercera, se concreta el proyecto del diseño con la entrega del diseño de acuerdo a los requerimientos acústicos, electro-acústicos y a los recursos razonablemente necesarios.

Palabras clave: Producción de audio, estudio de producción de audio, grabación, edición, mezcla, masterización, acústica, diseño, equipos de audio, producción audiovisual, acondicionamiento acústico, aislamiento acústico, electroacústica, cadena de señal de audio.

Abstract:

The proposal presented consists of developing the design of an audio production studio, in the acoustic and electroacoustic aspect, in the city of Popayán, taking into account all the acoustic, technical, equipment and performance aspects necessary for it to comply with the standards. quality and competitiveness that audio demands at a professional level. In the first stage of the project, information is collected through measurements, list of materials, equipment and quotes. In the second stage, the design simulation is carried out using the calculation of acoustic insulation levels, calculation of reverberation time, among others. In the third, the design proposal is specified with the delivery of the design according to the acoustic and electro-acoustic requirements and the reasonably necessary resources.

Keywords: Audio production, audio production studio, recording, editing, mixing, mastering, acoustics, design, audio equipment, audiovisual production, acoustic conditioning, acoustic insulation, electroacoustics, audio signal chain.

Contenido

Diseño acústico y electroacústico de un estudio de producción de audio para la ciudad de Popayán.	1
Diseño acústico y electroacústico de un estudio de producción de audio para la ciudad de Popayán.	2
Resumen	5
Abstract:	6
Introducción	13
Planteamiento del problema	15
Justificación	17
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos.....	19
Marco referencial.....	20
Marco teórico.....	20
Sonido.....	20
Frecuencia del sonido	21
Presión sonora	21
Potencia acústica	22
Campos acústicos	22
Señales de ruido	23

Tiempo de reverberación	24
El estudio de producción de audio.....	24
Prestaciones de un estudio de producción de audio	25
Diseño de un estudio de producción de audio	25
Tratamiento acústico	29
Coefficiente de absorción	30
Estado del arte	32
Metodología.....	35
Enfoque de la metodología.....	35
Diseño metodológico	35
Mediciones del recinto.....	35
Aspectos acústicos del recinto.	36
Proyecto de diseño.....	36
Desarrollo	38
Mediciones del recinto.....	38
Aspectos acústicos del recinto.	39
Adecuaciones y tratamiento acústico.	46
Equipamiento electroacústico para el estudio de producción de audio.	55
Análisis	63
Resultados.....	65

Conclusiones	67
Referencias	68

Índice de figuras

Figura 1. Medidas de las salas	38
Figura 2. Modelo 3D de las salas en AutoCAD.	39
Figura 3. Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula de Sabine	41
Figura 4. Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula Eyring y Norris.	42
Figura 5. Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula de Millinton y Sette	42
Figura 6. Tiempos de reverberación comparados Sala A.	43
Figura 7. Tiempos de reverberación Sala B con la fórmula de Sabine.	43
Figura 8. Tiempos de reverberación Sala B con la fórmula Eyring y Norris.	44
Figura 9. Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula Millinton y Sette.	44
Figura 10. Tiempos de reverberación comparados Sala B.	45
Figura 11. Tiempo reverberacion/volumen sala.	47
Figura 12. Beranek, tiempo de reverberación de acuerdo al uso y volumen de la sala.	48
Figura 13. Índice de absorción placa acústica sonex illtec. Las cuales van sobre el cielo raso.	50
Figura 14. Índice de absorción de Placas de poliuretano de 45 mm de grosor y 30 de densidad:	51
Figura 15. Índice de absorción de alfombra gruesa de pelo enlazado	51
Figura 16. Índice de absorción acústica cortinas de terciopelo	51
Figura 17. Actualización materiales lista tabla Excel.	52
Figura 18. Tabla resultados reverberación Sala A tras tratamiento acústico.	53

Figura 19. Tabla resultados reverberación Sala B tras tratamiento acústico, fuente propia.....	54
--	----

Lista de tablas

Tabla 1.Área superficies internas de las salas.	40
Tabla 2.Actualización área superficies internas de las salas.....	52
Tabla 3.Equipamiento estudio de producción de audio.....	55
Tabla 4.Resultados RT 60 tras el tratamiento acústico en las dos salas con fórmula de Sabine.	65

Introducción

Este proyecto trata sobre como diseñar un estudio de producción de audio en el que se pueda capturar y procesar adecuada y profesionalmente el sonido bien sea para producción musical, redes sociales o medios audiovisuales masivos, para esto vamos a considerar los distintos aspectos físicos y acústicos de un recinto concreto para el cual se realizará el proyecto de diseño y el cual sirve de ejemplo para realizar diseños similares en otros recintos.

Entre los elementos a tener en cuenta para el diseño de un estudio de producción de audio están el área y volumen del recinto, el tiempo de reverberación del mismo y el nivel de aislamiento y absorción que tiene el mismo, aislamiento respecto los sonidos externos y absorción respecto el tiempo de reverberación de los sonidos en el interior del recinto, además hay que tener en cuenta que cuando se trata de un recinto ya construido al cual se pretenden hacer modificaciones para convertirlo en un estudio de producción de audio se habla de adecuación acústica tal y como es el caso presente .

Esta idea nace de la necesidad de contar con espacios adecuados para la producción de audio en la ciudad de Popayán, aunque se puede extender a otras ciudades, ya que aunque hay estudios de grabación en esta ciudad, la mayoría de ellos no han sido diseñados, acústicamente hablando, de manera correcta o no han sido adecuados acústicamente de manera óptima, situación que lleva en varios casos a que se logren productos de audio con una calidad bastante mejorable, adicionalmente al hecho de que la mayoría de estudios de la ciudad de Popayán no cuentan con un correcto diseño hay que mencionar que la cantidad de estudios es poca, entonces se

pretende con este trabajo dar un aporte en el sector de la producción de audio para que a la hora de diseñar o adecuar un espacio para destinarlo a la producción de audio se haga cumpliendo los requerimientos acústicos, electroacústicos y técnicos que garanticen mayor calidad.

Planteamiento del problema

En la investigación de la Escuela de ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, capítulo séptimo: Acústica y sistemas de audio, (Pérez & Rincón, 2008) queda claro que el campo del audio y el sonido en el territorio nacional, a pesar de no encontrarse en la vanguardia, si ha logrado surgir con paso firme gracias a que ya existen programas profesionales como el de ingeniería de sonido de la Universidad de San Buenaventura, o tecnológicos como el de Tecnología en Producción de Audio de la UNAD. Por esta situación se cuenta cada vez con más personal capacitado para abordar actividades profesionales y de investigación en el campo del sonido, la acústica y el audio. En este sentido es mucho lo que hay por hacer y mejorar en el campo del audio a nivel nacional, regional y local, como por ejemplo el problema de la falta de estudios de producción de audio diseñados adecuadamente en ciudades intermedias y pequeñas como lo es la ciudad de Popayán, lo cual acarrea mayores dificultades a la hora de desear producir material audiovisual.

La situación concreta de la ciudad de Popayán es que al existir un número pequeño de estudios de grabación surgen varios problemas para quienes desean acceder a los servicios de grabación de audio, edición, mezcla y masterización, ya que los usuarios tienen escasas opciones en un mercado poco competitivo, muchas veces con precios bajos pero que dejan mucho que desear en cuanto a calidad, esto conduce a que muchas veces se opte por viajar a ciudades como Cali, Medellín o Bogotá en busca de mayor calidad y más opciones en cuanto a los servicios de estudios de producción de audio.

Lo anterior es conocido en la ciudad, ya que cuando un músico o grupo desea

sacar una canción con una calidad óptima en muchos casos terminan viajando a ciudades como Cali, aunque esto acarree mayores costos de la producción. Lo anterior es entendible ya que la oferta de estudios de producción de audio en la ciudad de Cali es mucho mayor que en Popayán y eso se evidencia al realizar la búsqueda de “estudios de grabación en Cali” en un buscador como Google y se obtiene por lo menos 28 nombres con direcciones y números telefónicos, mientras que, al buscar “estudios de grabación en Popayán” por medio del buscador Google sólo obtenemos 13 con direcciones y números telefónicos, y de esos trece aquellos que hayan sido diseñados adecuadamente con certeza son minoría.

Como se ve la menor oferta de estudios de producción de audio diseñados adecuadamente en la ciudad de Popayán representa varios problemas que afectan a muchos músicos, productores y realizadores audiovisuales llegando a convertirse en un problema de falta de oportunidades, ya que al contar con pocas opciones adecuadas a la hora de requerir los servicios de un estudio de producción de audio se obtiene una menor producción de contenidos y una menor calidad en muchos de los proyectos que si llegan a realizarse.

Como se mencionó anteriormente, la poca oferta de estudios de producción de audio en la ciudad de Popayán, en comparación a ciudades como Cali, repercute negativamente no sólo en la cantidad de productos artísticos, musicales y de audio en general que se puedan llegar a producir, sino también en la calidad de los que si llegan a realizarse.

En este sentido surge la siguiente pregunta: ¿Cómo desarrollar un proyecto para diseñar un estudio de producción de audio para la ciudad de Popayán?

Justificación

Para todo estudiante del programa tecnológico en producción de audio, resulta interesante, e importante, todo lo relacionado con el audio, la acústica y el sonido, y de igual forma lo que tenga que ver con la producción musical, desde la grabación hasta la masterización e incluso la distribución de un producto musical, y es ese interés el que lleva a muchos a estudiar este programa académico. Con miras, en casi todos los casos, a abrir su propio estudio de producción de audio para prestar de forma profesional, y en unas instalaciones adecuadas, los distintos servicios de producción de audio en su ciudad.

En este sentido este proyecto es importante pues un estudio de producción de audio permite contar con un espacio diseñado adecuadamente para llevar a cabo proyectos musicales o audiovisuales, sin la necesidad de tener que hacerlo bajo condiciones que no son óptimas o tener que viajar a otras ciudades, incrementando costos de producción, lo cual sería un beneficio con el que pueden llegar a contar, en general, todos quienes estén interesados, tanto músicos como realizadores y productores audiovisuales, lo que finalmente permitirá que más proyectos creativos sean llevados a la cabo. Así, en una ciudad como Popayán, se realizarán más productos culturales y de entretenimiento tales como canciones, pódcast y otras producciones que requieran tratamiento de sonido y audio.

Finalmente, el proyecto también permite aplicar los conocimientos aprendidos en el programa de tecnología en Producción de Audio como son los relacionados a la acústica, el diseño de sistemas de audio, la grabación, edición, mezcla y masterización de sonido etc. Lo que lo convierte en un aporte a los procesos de investigación de la

universidad y el programa, dado que se pretende generar un producto académico que pueda ser tomado como referencia o punto de partida para futuros trabajos similares.

Esto además es algo que demuestra los fines sociales que tiene la Unad, como institución de educación superior, toda vez que es un proyecto que se gesta desde uno de sus programas académicos llegando a ofrecer beneficios tanto personales, para el futuro tecnólogo en producción de audio, como para la comunidad de la ciudad de Popayán y el departamento del Cauca al ser un aporte a la producción y realización de producciones creativas relacionadas ante todo con la cultura como por ejemplo la música, adicionalmente es una vitrina de lo que puede brindar, para la sociedad y el mercado, alguien formado en el programa tecnológico en producción de audio.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño acústico y electroacústico de un estudio de producción de audio en la ciudad de Popayán.

Objetivos específicos

1: Identificar las características generales del recinto, estudio físico del recinto, destinado para el estudio de producción de audio ubicado en mi residencia, barrio 31 de marzo de la ciudad de Popayán.

2: Realizar mediciones de nivel de aislamiento sonoro y condiciones acústicas generales del recinto destinado al diseño del estudio de producción de audio para la ciudad de Popayán.

3: Diseñar el proyecto del aspecto acústico y electroacústico para el estudio de producción de audio para la ciudad de Popayán.

Marco referencial

Marco teórico

Sonido

Según Carrión el sonido se puede entender de dos maneras, en la primera dice que se trata de una:

“Vibración mecánica que se propaga a través de un medio material elástico y denso (habitualmente aire), y que es capaz de producir una sensación auditiva. De dicha definición se desprende que, a diferencia de la luz, el sonido no se propaga a través del vacío y, además, se asocia con el concepto de estímulo físico.” (Carrión, 1998. p. 27)

La segunda definición de sonido de Carrión es la siguiente:

“Sensación auditiva producida por una vibración de carácter mecánico que se propaga a través de un medio elástico y denso.” (Carrión, 1998, p. 27)

Una definición adicional de sonido es la siguiente:

“El sonido son oscilaciones elásticas moleculares en el aire, en líquidos o en cuerpos sólidos, por lo tanto, las ondas sonoras no se pueden transmitir en el vacío, en contraposición, por ejemplo, con las ondas electromagnéticas como las ondas de radio y luz. El sonido es un transporte de energía mecánica (energía de la oscilación, energía del movimiento), ya que las

moléculas desarrollan su oscilación en torno a una posición de equilibrio; no se desplazan.” (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 18)

Frecuencia del sonido

“Frecuencia del sonido o altura tonal es un número de oscilaciones por segundo, y su unidad de medida es el hercio, Hz. La gama de frecuencias audibles se extiende desde unos 20Hz hasta unos 18 kHz (kHz=Kilohercio=1000Hz). A la gama de frecuencias de 20Hz a 20kHz se la denomina audifrecuencias, por debajo de la gama de frecuencias audible se encuentra la gama de infrasonidos, por definición de 0 a 20 Hz. Por encima de la gama de frecuencias audible está la gama de ultrasonidos, por definición de 20kHz en adelante.” (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 18)

Presión sonora

“La trasmisión de sonido a través del aire provoca, como ya se ha indicado, pequeñas variaciones en la presión atmosférica estática (presión barométrica). Cuanto mayores son las variaciones de la presión sonora, tanto más fuerte se percibe el sonido. La presión sonora se expresa en la unidad de medida denominada Pascal, Pa. Es práctico utilizar en este caso una escala logarítmica, una escala dB. Para dos presiones sonoras la definición es la siguiente: (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 19)

$$\text{Valor dB} = 20 * \log \frac{p1}{p0}$$

Siendo P₀ siempre una presión sonora dada de referencia fijada en 20μPa.

El valor dB se llama normalmente nivel de presión sonora, o simplemente nivel acústico (...).” (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 19)

Potencia acústica

“Como las ondas acústicas al propagarse conforman un transporte de energía, tal y como se ha indicado, se puede hablar de la potencia acústica (energía acústica por segundo) que emite una fuente sonora, por ejemplo, un altavoz. La potencia acústica se mide al igual que la eléctrica o la térmica, en vatios, W.” (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 20)

Campos acústicos

“Cuando un sonido se propaga, decimos que se crea un campo sonoro. Distinguimos, en principio, dos clases diferentes de campos acústicos:

-un campo libre es un campo que avanza sin verse afectado por reflexiones. Puede ser tanto un campo sonoro esférico (en forma de bola), esto es, producido por una pequeña esfera pulsante; o puede tratarse de un campo sonoro plano, es decir, un embolo plano que se desplaza hacia adelante y hacia atrás.

Por otra parte, a gran distancia de la esfera pulsante, el campo sonoro será prácticamente plano, ya que las “ondas esféricas” son tanto más grandes y de mayor radio cuanto más alejado se esté de la esfera pulsante.

-un campo sonoro difuso se genera en una sala cuando el sonido se refleja múltiples veces desde las superficies circundantes. La presión sonora será prácticamente constante en todo el espacio excepto inmediatamente junto

al emisor de sonido. El campo difuso está caracterizado por dos aspectos: que la presión sonora es la misma en todo el campo sonoro, y que el sonido tiene una distribución direccional totalmente arbitraria; procede “de todas partes”.

El concepto de campos acústicos desempeña un papel fundamental para comprender como se comportan los micrófonos y altavoces y de qué forma oímos y percibimos la reproducción de sonidos en una sala.” (Bøgh & Voetmann., 2013, p. 20).

Señales de ruido

“Una señal de ruido se compone de todo tipo de frecuencias aleatorias; no aparece ningún tono armónico en la señal. El ruido del tráfico es un ejemplo de ruido en el que dominan las componentes de baja frecuencia del espectro, mientras que el rugido de una cascada emite un ruido en el que dominan las componentes más altas del espectro de frecuencia. En medición técnica se trabaja con dos señales de ruido bien definidas, el ruido blanco y el ruido rosa.

El ruido blanco o *White noise*: tiene una energía constante para cada ancho de banda.

Ruido rosa o *pink noise*: tiene una energía constante para cada 1/3 (o para cada octava). El ruido rosa se utiliza a menudo junto con analizadores de espectro de 1/3 de octava para la calibración de altavoces y micrófonos, ya que el ruido rosa que se expone al análisis de 1/3 de octava da en teoría una respuesta de frecuencia horizontal. Las desviaciones con respecto a esta serán por lo tanto un “error” en la cadena de medición, por ejemplo, en el altavoz.”

(Bøgh & Voetmann., 2013, p. 22)

Tiempo de reverberación

“Un espacio cerrado determinado se caracteriza, principalmente, desde el punto de vista acústico, por su reverberación, esto es, por el tiempo que tarda un impulso sonoro en caer 60 dB cuando este impulso (por ejemplo, un disparo) se extingue en una habitación. El tiempo de reverberación de una habitación dada está relacionado con el volumen de la sala y el grado de absorción de la misma mediante la fórmula de Sabine:

$$T = \frac{0.161 * V}{A}$$

A es el grado de absorción de la habitación en m² Sab. El tiempo de reverberación, por lo tanto, se puede calcular de antemano si se conoce el volumen de la sala y los materiales absorbentes (con sus respectivas superficies) que están presentes en la estructura. Y, a la inversa, se puede definir un tiempo de reverberación para una sala y posteriormente calcular que materiales absorbentes son necesarios para lograr el tiempo de reverberación deseado.” (Bøgh & Voetmann, 2013, p. 24)

El estudio de producción de audio

El estudio de producción de audio es un lugar destinado a la captura, transformación, creación y procesamiento de sonido, por lo cual es necesario que cuente con características acústicas adecuadas para una captura y escucha limpia y fidedigna de la materia prima que allí se esculpe, es decir, de sonidos; por otro lado, suele estar equipado con herramientas analógicas, digitales o mixtas para poder

realizar cualquier tratamiento a las señales de audio.

Un estudio de producción de audio es entonces aquel en el que además de grabar adecuadamente sonidos cuenta con la capacidad, y equipamiento, para procesar las señales grabadas, bien sea editándolas, procesándolas con efectos, mezclándolas, montándolas sobre vídeo etc., en este sentido, se puede decir que un estudio de producción de audio cuenta con dos salas, una de grabación y otra de control, ambas acondicionadas acústicamente y equipadas para grabar y procesar principalmente sonido.

Prestaciones de un estudio de producción de audio

En un estudio de producción de audio se llevan a cabo procesos como la grabación, creación, diseño, edición, mezcla y masterización de sonidos que han sido transformados bien sea en señales analógicas o digitales, para ser exportados a ámbitos como el musical, el artístico, el audiovisual, televisivo, radial, multimedia, etcétera. Resulta importante que hoy en día la mayor parte del trabajo de mezcla y producción de audio se llevan a cabo en software especializado, como cubase o protools, los cuales cuentan con muchas prestaciones de alta calidad, lo que facilita y potencia las distintas labores de producción de audio como la grabación, edición, mezcla y masterización de música o la posproducción de sonido para cine y televisión.

Diseño de un estudio de producción de audio

Para diseñar un estudio de producción de audio se consideran distintos aspectos, el primero tiene que ver con las condiciones acústicas del sitio (tiempo de reverberación, el modo propio y nivel de aislamiento) de acuerdo a los datos que se

obtengan, se debe trabajar en el aislamiento acústico del lugar y la adecuación acústica interna del mismo, sin embargo, todas estas medidas van determinadas por el uso que se le vaya a dar a cada sala tal y como afirma Albella respecto el la reverberación " El tiempo de reverberación adecuado en una sala depende de muchos factores, lo más importante a considerar es el uso que se le va a dar a la misma" Albella (2013, p. 15)

El aislamiento acústico se refiere la capacidad de un recinto para mantener al margen sonidos provenientes del exterior, esta capacidad está determinada por las tecnologías, técnicas y materiales utilizados en su diseño y posterior construcción, es importante tener en cuenta que muchas veces un recinto a la hora de ser diseñado y construido no fue pensado como estudio de producción de audio sino que con el tiempo se pretende adecuarlo para tal fin, así que lo que se puede hacer es mejorar su aislamiento teniendo en cuenta sobre todo los puntos débiles como ventanas, puertas, tejados etc. que es por donde más fácilmente y con mayor intensidad pueden filtrarse ruidos y sonidos externos.

En palabras de Manuel Vázquez Rosado: "El aislamiento acústico es, quizás, uno de los puntos más críticos dentro del correcto diseño de estudios de grabación. Teniendo en cuenta las fuertes restricciones que tenemos en cuanto a ruido inmisión en vivienda y de emisión al exterior y, dado que se van a generar presumiblemente elevados niveles de presión sonora en el estudio derivados de la ejecución de instrumentos como baterías o amplificadores de guitarra, parece necesario imponer al recinto de un elevado aislamiento acústico". (Vázquez Rosado, 2013, p. 16)

Más adelante señala Vázquez, que el aislamiento no sólo es respecto el estudio

de producción de audio y el exterior sino también entre las salas de control y sala de grabación: “Por tanto, en función del nivel de ruido de fondo y de las limitaciones que establezcan las normativas vigentes en la ubicación del estudio de grabación.

deberemos desarrollar una solución de aislamiento acústico determinada. Además, también se deberá establecer una solución de aislamiento acústico entre los distintos recintos que componen el estudio de grabación”. Vázquez Rosado (2013, p. 16)

De igual forma se puede afirmar que el acondicionamiento acústico es el control del comportamiento del sonido en el interior de un recinto, es la realización de modificaciones en las superficies internas de un recinto con el fin de conseguir que el sonido se irradie lo más uniformemente posible en el interior de este. En el acondicionamiento acústico son importantes la geometría del lugar, los materiales de construcción de las superficies internas (en tanto sus índices de reflexión y absorción sonora) y el tiempo de reverberación, menciona al respecto Vázquez;” El acondicionamiento acústico nos permitirá, por un lado, tener una escucha fiel a lo reproducido por los altavoces y, por otro, realizar grabaciones de instrumentos sin perjuicio de las condiciones que pueda imponer la sala” (Vázquez Rosado, 2013, p. 29).

En cuanto a los materiales usados para el aislamiento y acondicionamiento acústico se puede decir que lo importante en los primeros es que no dejen entrar ni salir sonidos y en los segundos que absorban el sonido hasta alcanzar un tiempo de reverberación que se adecue a los propósitos de cada sala, adicionalmente sobre los materiales de aislamiento y acondicionamiento dicen Galicia & Tellez:

“Los materiales y estructuras acústicas se pueden describir como aquellos que tienen la propiedad de absorber o reflejar una parte importante de la energía de las ondas acústicas que chocan contra ellos. Pueden emplearse para aislar y para acondicionar acústicamente, de diferentes maneras:

- 1: Como estructuras para reducir la transmisión sonora.
- 2: Como elementos para barreras y cerramientos.
- 3: Como unidades suspendidas individuales.
- 4: Como recubrimientos de paredes, suelos y techos”.(Galicia & Tellez, 2016, p. 16)

El segundo aspecto tiene que ver con el sistema de producción de audio y son las herramientas usadas en el flujo de señal, procesadores de señal, los micrófonos, cables, amplificadores, compresores, ecualizadores, efectos entre otros, también hay que tener en cuenta si la grabación se realizará digitalmente en un DAW (digital audio Workstation) o en medios analógicos como cinta, acetatos o casetes, en el caso de trabajar con un DAW hay que tener en cuenta la interfaz a usar , y en cuanto a la etapa de edición, así se hayan usado sistemas digitales o analógicos indistintamente, hay que tener en cuenta el sistema de monitoreo del sonido en el cual lo importante son aspectos como la respuesta en frecuencia, la sensibilidad y fidelidad respecto el sonido grabado. Sobre este punto señalan Galicia y Téllez Vásquez: “...Sea cual sea el tipo de estudio de grabación, todos comparten partes, componentes o elementos similares. Todos necesitan algún equipo para capturar el sonido, escucharlo, editarlo y procesarlo”. Galicia & Tellez (2016, p. 19). Más adelante mencionan además que los

componentes básicos de un estudio de grabación son una computadora, una mezcladora, micrófonos, interface, preamplificador, Daw, monitores, controlador midi, y audífonos, a estos en todo caso sería necesario adicionar los cables balanceados monofónicos o esterero que se vayan a necesitar para el flujo de señal, las fuentes de poder, el sistema de interconexión por dónde va el flujo de señal entre la sala de grabación y la sala de control y finalmente un monitor de vídeo para editar de manera más cómoda el audio si se va a utilizar un sistema digital de grabación y edición.

Tratamiento acústico

Hay dos aspectos importantes a la hora de diseñar un estudio de producción de audio, pues tanto la sala destinada a la grabación como la sala de control deben ser diseñadas teniendo en cuenta el aislamiento acústico y la absorción de sonido que se da dentro de ellas.

El aislamiento acústico se consigue con los materiales y técnicas de construcción de las paredes, suelo y techo de un recinto siempre y cuando el aislamiento acústico haya sido un aspecto relevante en el diseño del mismo, caso contrario se trataría de mejorar el aislamiento de un recinto ya construido mediante materiales y tecnologías que ayuden a aislar o atenuar el sonido que llega desde el exterior al interior recinto, en este último caso se trataría de adecuaciones con propósitos de mejorar la acústica, en palabras del ingeniero Juan Gabriel Cabrera Ortiz: “El tratamiento acústico tiene por objetivo general lograr una distribución uniforme del sonido dentro de un recinto. La distribución uniforme refiere tanto a la intensidad como al rango de frecuencias de los sonidos.” Cabrera (2010, p. 127), además menciona el ingeniero Cabrera que los recintos son la interfaz entre las distintas fuentes de sonido y

nuestro oído.

Coefficiente de absorción

El coeficiente de absorción es la relación que existe entre la energía sonora incidente sobre un material y la energía sonora absorbida por el mismo, este coeficiente tiene relación con las propiedades físicas de los materiales por lo cual su valor suele variar de acuerdo a la frecuencia. El coeficiente de absorción se puede representar de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

Hay que señalar que los coeficientes de absorción son imprescindibles y que son determinados por los fabricantes de los materiales de construcción y estos a su vez son obtenidos en laboratorios mediante procedimientos homologados, tal como lo señala Carrión: “Las características de absorción de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no sólo de sus propiedades físicas, sino también en gran parte de un sinfín de condicionantes y de detalles constructivos, que varían sustancialmente de un caso a otro y que no se pueden representar mediante una expresión matemática. Es por ello que, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible disponer de los coeficientes de absorción α obtenidos mediante ensayos de laboratorio, según un procedimiento homologado (norma ISO 354/UNE-EN 20354). Dichos coeficientes deberán ser solicitados, en cada caso, al correspondiente proveedor, que tendrá que acreditar su validez mediante el correspondiente certificado.

La determinación de los coeficientes de absorción se lleva a cabo en una sala denominada cámara reverberante. Dicha cámara es asimétrica, presenta unas

superficies límite revestidas con materiales totalmente reflectantes y dispone de un conjunto de elementos convexos suspendidos del techo con una orientación y distribución completamente irregulares, cuya misión es la de crear un campo sonoro difuso". Carrión (1998, p.72).

Estado del arte

Respecto proyectos de diseño acústico, acondicionamiento, aislamiento y tratamiento acústico se encuentran trabajos en todo el ámbito hispanohablante, y aunque no todos están dirigidos al diseño para estudios de producción de audio, lo cierto es que tienen en común consideraciones acústicas y arquitectónicas para un adecuado manejo del sonido como lo son el control del ruido, el control de la reverberación y el alisamiento entre otros.

Así por ejemplo en el documento llamado: Diseño de cerramiento acústico para el control de ruido de una zaranda en el área industrial, trata tanto el aislamiento como el acondicionamiento acústico aplicados a entornos industriales en la ciudad de Medellín, Úsuga (2022, p.8), pero en los que se aplican los mismos criterios de aislamiento y tratamiento acústico que para un estudio de producción de audio, aunque pretendiendo como fin el confort acústico de personal cercano y personas que vivan en zonas aledañas, este trabajo se realizó por una empresa privada llamada VECAM S.A.S estudiando el comportamiento del sonido en un espacio interior y al igual que el presente proyecto dicho trabajo se dividió en tres etapas, en la primera se hizo una medición y diagnóstico de la situación acústica del espacio en donde se encontraba la zaranda, en la segunda se hizo una comparación del diagnóstico con las teorías acústicas para proponer soluciones de acuerdo a los resultados obtenidos en la primer etapa, finalmente en la tercer etapa se investiga materiales que tengan un alto grado de eficiencia acústica para alcanzar la solución planteada en la segunda etapa.

También se encuentra, durante la consulta bibliográfica, un trabajo relacionado dentro del ámbito académico de la UNAD como lo es el titulado: Diseño de

acondicionamiento y aislamiento acústico mediante materiales sostenibles para la sala de música de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, (Contreras, 2020), este, aunque va dirigido al acondicionamiento de una sala de música y no de un estudio de producción propiamente dicho, es afín ya que los conceptos centrales que se pueden ver hasta en el nombre del documento, son tanto el aislamiento como el acondicionamiento acústico, y no sólo eso, sino que además propone unos materiales alternativos y sustentables a los generalmente utilizados para el tratamiento del sonido en un recinto: “Los materiales acústicos basados en elementos textiles se interponen con tendencia y peso cada día, materiales de origen vegetal como cáñamo, caña de azúcar, lino, corcho, lana de oveja, neumáticos fuera de uso, celulosa, algodón, panel geotextil y desechos o fibras de madera, se enfocan en marcar un punto de partida para nuevas misiones acústicas.” (Contreras, 2020,p. 45)

En esta misma línea se encuentra el documento llamado : Criterios geométricos de acondicionamiento acústico pasivo en el diseño de espacios pedagógicos de educación superior musical en Trujillo 2020, (Nontol, 2020), el cual como se ve en su título se centra en el acondicionamiento acústico de un lugar destinado a la educación musical en la ciudad de Trujillo en Perú, por lo cual también tiene relación con el presente proyecto ya que por ejemplo en la sala de grabación como en la sala de control de los estudios de producción de audio de lo que se trata es de poder trabajar con sonidos limpios de distorsión, reverberación o ruidos externos, y aunque no siempre se trata de música lo cierto es que si es generalmente lo que más se va a trabajar dentro del ámbito de la producción de audio.

Finalmente, y pasando del aspecto acústico al electroacústico y de equipamiento

se encuentra el trabajo titulado: Diseño de un estudio de grabación en el Palacio de Formación y Congresos de Fuerteventura, (Fleitas, 2021), este trata de un análisis que se hace en la Escuela Insular de Música del Cabildo de Fuerteventura en el municipio de Gandía España, para hacer de dos salas de ensayo las salas de grabación y sala de control respectivamente tal y como sucede en cualquier estudio de producción de audio, para ello primero se realizan unas medidas del tiempo de reverberación y de aislamiento de las salas de ensayo, posteriormente se diseñan las adecuaciones acústicas necesarias para la adaptación de las salas modificando la geometría y superficies de las salas para alcanzar los parámetros acústicos válidos para un estudio de producción de audio, en este documento se hayan, además de las cuestiones acústicas ya tratadas en los otros documentos referenciados anteriormente como son el aislamiento y la adecuación acústica, otros aspecto importantes como la descripción de las salas de grabación y control, la simulación de condiciones acústicas y el equipamiento electroacústico propio de los estudios como transductores y monitores, también como es su óptimo posicionamiento dentro del recinto para conseguir los mejores resultados posibles desde el inicio de una grabación hasta el punto final en que se termina la masterización de una canción o del sonido de un producto audiovisual.

Metodología

Enfoque de la metodología

El presente proyecto de grado adopta un enfoque cualitativo descriptivo centrado en la descripción detallada de las distintas etapas que hacen parte del diseño de un estudio de producción de audio, este enfoque se justifica por la necesidad de comprender en detalle los pasos y procesos necesarios para diseñar un estudio de producción de audio.

El presente trabajo de grado es de carácter descriptivo, pues describe en tres etapas el proceso para presentar un proyecto de diseño de un estudio de producción de audio, se empieza por identificar las características generales físicas del recinto, como lo son sus dimensiones, áreas y volumen para luego hacer lo mismo respecto las características acústicas del recinto sobre el cual se realizará, finalmente, el diseño del estudio de producción de audio.

Diseño metodológico

De esta manera el proyecto de este diseño se llevará en tres etapas, en la primera se realizará la medición de aspectos físicos del recinto, en la segunda los aspectos acústicos y finalmente se hará el proyecto del diseño la cual consta principalmente de adecuaciones acústicas.

Mediciones del recinto.

Para identificar las características generales del recinto, estudio físico del recinto, destinado para el estudio de producción de audio ubicado se realizan las siguientes actividades:

- 1: Medición del área de las habitaciones, tanto del área del suelo como del área

de las paredes, techo, ventanas y puertas que se encuentren en el mismo, las cuales serán registradas en un plano o alzada.

2: Con los datos obtenidos en el punto anterior se determinará el volumen de ambos recintos y se realizará un plano en 3D del mismo en el programa AutoCAD

Aspectos acústicos del recinto.

Para realizar las mediciones de nivel de aislamiento sonoro y condiciones acústicas generales del recinto se ejecutan los siguientes trabajos.

1: Con los datos obtenidos acerca del volumen y del área de las paredes, suelo, techo, ventanas y puertas de los recintos, más los respectivos coeficientes de absorción se determinará el tiempo de reverberación de las dos habitaciones usando la Fórmula de Sabine: $T60 = 0,161 * (V/A)$.

Proyecto de diseño.

Para diseñar el proyecto en su aspecto acústico y electroacústico para el estudio de producción de audio se desarrollan los siguientes procedimientos.

1: Teniendo en cuenta el tiempo de reverberación de las habitaciones destinadas a sala de grabación y sala de control, se procederá a hacer en el proyecto las respectivas adecuaciones a realizar sobre las superficies internas del recinto usando para esto materiales como la espuma de fibra de vidrio para el aislamiento de ruidos externos, y otros materiales como paneles absorbentes, trampas de bajos y difusores para la reducción del tiempo de reverberación en el interior del recinto.

2: Se realizará en el proyecto la instalación del equipo electroacústico necesario en la sala de grabación y sala de control para realizar adecuadamente la grabación,

edición, mezcla y masterización del sonido grabado.

Desarrollo

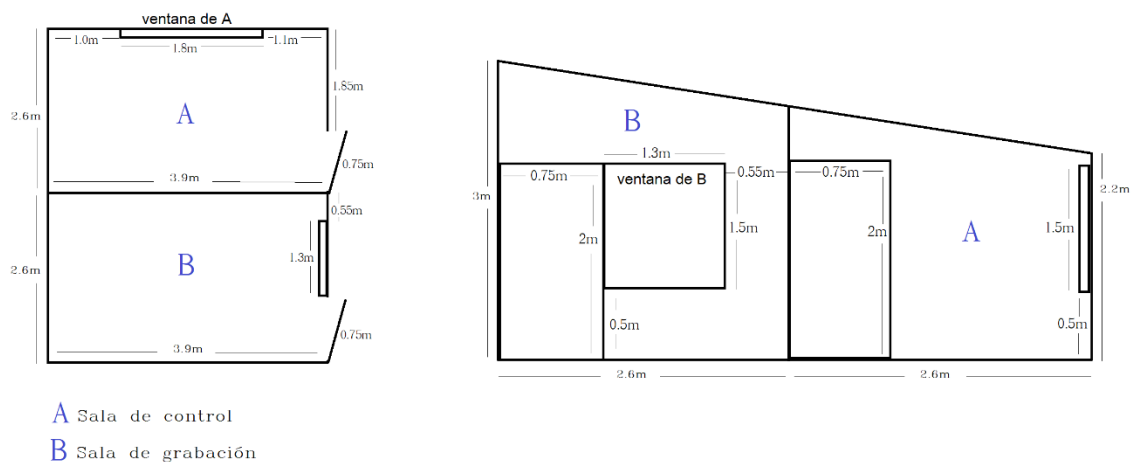
Mediciones del recinto.

Las habitaciones para las que se pretende el diseño y adaptación para ser las salas de grabación y sala de control del estudio de producción de audio hacen parte de un inmueble ubicado en la ciudad de Popayán, son dos habitaciones contiguas, de área rectangular, una de ellas con ventana hacia la calle y la otra con una ventana hacia la sala interna del inmueble.

Las salas fueron medidas y se hizo un plano y una alzada donde quedaron registrados dichos datos, y con estos datos se hizo un modelo en 3D en el programa de diseño AutoCAD tal y como lo vemos en la Figura 1 y 2:

Figura 1.

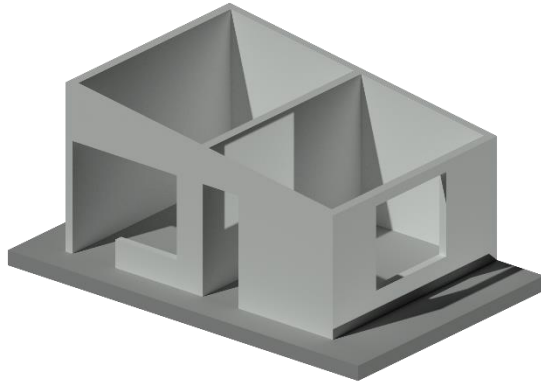
Medidas de las salas



Nota. Fuente: propia.

Figura 2.

Modelo 3D de las salas en AutoCAD.



Nota. Elaboración propia. Disponible en

<https://drive.google.com/file/d/1cjm9FskeH7ls4o5cbvuJHPanQZjlhBcl/view?usp=sharing>

[g](#)

Aspectos acústicos del recinto.

En este punto del trabajo se procede a realizar los cálculos que permitan determinar principalmente el tiempo de reverberación de las dos salas, este dato es de suma importancia pues el tiempo de reverberación cuando es considerablemente alto agrega, por un lado, reverberación al sonido grabado, y por el otra parte afecta la inteligibilidad del sonido en la sala de control, por esta razón lo que se busca al realizar adecuaciones acústicas es que el tiempo de reverberación sea bajo o nulo para que así el sonido grabado se encuentre lo más fiel y claro posible, y ya sea en la etapa de edición o mezcla se le agregan los efectos correspondientes. De este modo primero estimamos el tiempo de reverberación de las salas y luego realizamos una estimación

de las adecuaciones acústica necesarias para que ese tiempo de reverberación se ajuste a las necesidades acústicas de un estudio de producción de audio.

Mediciones acústicas

Ya se cuenta con las mediciones físicas de las salas, ahora con esos datos vamos a determinar áreas de cada una de acuerdo al índice de absorción que posea cada material presente en sus superficies internas, es decir, que, si por ejemplo el suelo es de baldosa, estimaremos el área total de cada sala cuya superficie es de baldosa, y del mismo modo con otros materiales como la madera del cielo raso y puertas o el vidrio de las ventanas, las paredes de ladrillos pintadas entre otros materiales.

Así se realizará el anterior procedimiento por cada una de las salas:

Tabla 1.

Área superficies internas de las salas.

Sala	Baldosa (mármol):	Pared de ladrillo pintada:	de Machimbre/Paneles 25 mm sobre espacio de aire.:	Vidrio de ventanas normal:	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara:	Total superficie interna:	volumen sala
A	10.14m ²	24.4m ²	10.14m ²	2.7m ²	1.5m ²	48.88m ²	22.308m ³
B	10.14m ²	25.15m ²	10.14m ²	1.95m ²	1.5m ²	48.88m ²	22.308m ³

Nota. Elaboración propia.

Ahora bien, utilizando la tabla de Excel de tiempos de reverberación de Aurea engynieria acústica, e introduciendo los datos de la tabla 1 se obtienen los datos de tiempo de reverberación para las dos salas del estudio de producción de audio en las bandas de frecuencia de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz:

Sala A:

Figura 3.

Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula de Sabine

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volumen=	22,308	m ³

identificador superficie	material	125	250	500	1000	2000	***	m ²
S1	aldosas de cerámica con superficie lis	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	24,4
S3	mbre/Paneles 25 mm sobre espacio d	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	2,7
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	absorción global por bandas de la sal	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	48,88

	125	250	500	1000	2000	***
TR60 SABINE	1,31	1,51	1,95	2,35	2,39	2,68

Superficies de referencia:	
Ssuelo:	10,14 m ²
Stecho:	10,14 m ²
Slateral L:	8,58 m ²
Slateral R:	8,58 m ²
Santerior:	5,72 m ²
Sposterior:	5,72 m ²
Stotal	48,88 m ²

Atención:

Nota. Fuente propia.

Figura 4.

Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula Eyring y Norris.

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volum=	22,308	m ³

identificador superficie	material	125	250	500	1000	2000	4000	m ²
S1	Baldosas de cerámica con superficie lisa	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	24,4
S3	Imbre/Paneles 25 mm sobre espacio de	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	2,7
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	$\sum S_i \cdot LN(1-\alpha_i)$	-3,01	-2,61	-1,92	-1,57	-1,54	-1,37	48,88

	125	250	500	1000	2000	4000
TR60 MILLINGTON-SETTE	1,19	1,38	1,87	2,29	2,34	2,63

Superficies de referencia:	
Ssuelo:	10,14 m ²
Stecho:	10,14 m ²
Slateral L:	8,58 m ²
Slateral R:	8,58 m ²
Santerior:	5,72 m ²
Sposterior:	5,72 m ²
Stotal:	48,88 m ²

Atención:

Nota. Fuente propia.

Figura 5.

Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula de Millinton y Sette

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volum=	22,308	m ³

identificador superficie	material	125	250	500	1000	2000	4000	m ²
S1	Baldosas de cerámica con superficie lisa	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	24,4
S3	Imbre/Paneles 25 mm sobre espacio de	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	2,7
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	$\sum S_i \cdot LN(1-\alpha_i)$	-3,01	-2,61	-1,92	-1,57	-1,54	-1,37	48,88

	125	250	500	1000	2000	4000
TR60 MILLINGTON-SETTE	1,19	1,38	1,87	2,29	2,34	2,63

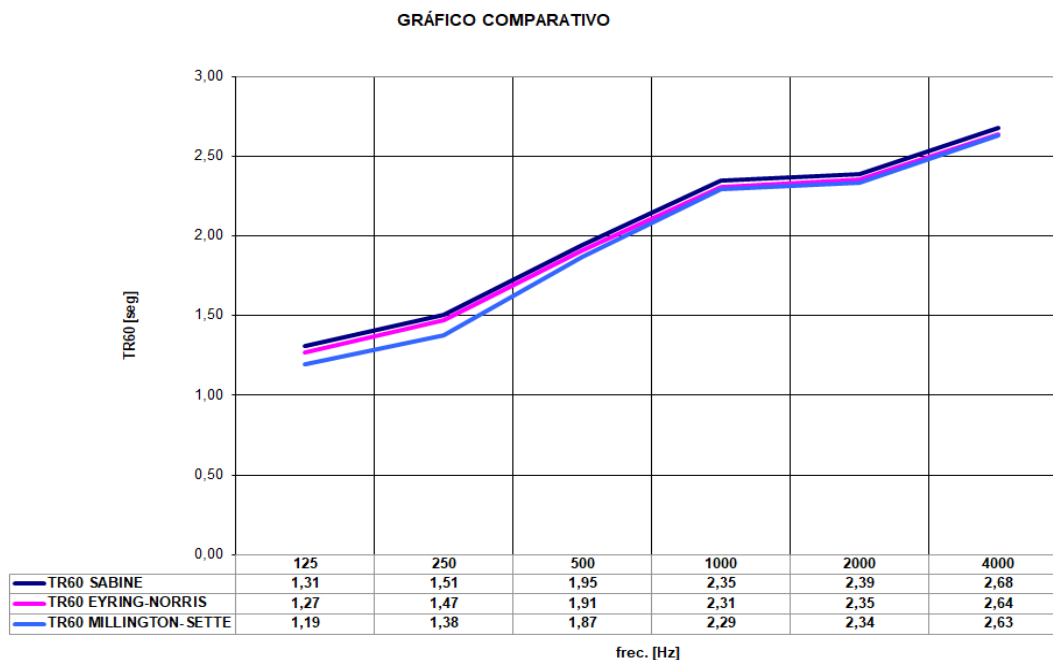
Superficies de referencia:	
Ssuelo:	10,14 m ²
Stecho:	10,14 m ²
Slateral L:	8,58 m ²
Slateral R:	8,58 m ²
Santerior:	5,72 m ²
Sposterior:	5,72 m ²
Stotal:	48,88 m ²

Atención:

Nota. Fuente propia.

Figura 6.

Tiempos de reverberación comparados Sala A.



Nota. Fuente propia.

Sala B:

Figura 7.

Tiempos de reverberación Sala B con la fórmula de Sabine.

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volumen=	22,308	m ³

identificador superficie	materia	125	250	500	1000	2000	4000	m ²
S1	baldosas de cerámica con superficie lisa	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	25,15
S3	imbre/Paneles 25 mm sobre espacio de	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	1,95
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	Absorción global por bandas de la sala	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	48,88

Superficies de referencia:		
Ssuelo:	10,14	m ²
Stecho:	10,14	m ²
Slateral L:	8,58	m ²
Slateral R:	8,58	m ²
Santerior:	5,72	m ²
Sposterior:	5,72	m ²
Stotal:	48,88	m ²

Atención:

	125	250	500	1000	2000	4000
TR60 SABINE	1,32	1,52	1,95	2,36	2,39	2,68

Nota. Fuente propia.

Figura 8.

Tiempos de reverberación Sala B con la fórmula Eyring y Norris.

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volum=	22,308	m3

identificador superficie	material	125	250	500	1000	2000	4000	m2
S1	balosas de cerámica con superficie lisa	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	25,15
S3	techo/Paneles 25 mm sobre espacio de	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	1,95
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	Absorción global por bandas de la sala	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	48,88

	125	250	500	1000	2000	4000
TR60 EYRING-NORRIS	1,28	1,48	1,92	2,32	2,35	2,64

Superficies de referencia:	
Ssuelo:	10,14 m2
Stecho:	10,14 m2
Slateral L:	8,58 m2
Slateral R:	8,58 m2
Santerior:	5,72 m2
Sposterior:	5,72 m2
Stotal	48,88 m2

Atención:

Nota. Fuente propia.

Figura 9.

Tiempos de reverberación Sala A con la fórmula Millinton y Sette.

L1 (anchura)	2,6	m
L2 (profundidad)	3,9	m
L3 (altura)	2,2	m
Volum=	22,308	m3

identificador superficie	material	125	250	500	1000	2000	4000	m2
S1	balosas de cerámica con superficie lisa	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	10,14
S2	Pared de Ladrillo, pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	25,15
S3	techo/Paneles 25 mm sobre espacio de	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05	10,14
S4	Vidrio de ventanas normal	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	1,95
S5	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0,25	0,34	0,18	0,10	0,10	0,06	1,5
S6	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S7	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S8	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S9	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
S10	NADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Total	$\sum Si \cdot LN(1-\alpha_i)$	-2,99	-2,59	-1,92	-1,56	-1,54	-1,37	48,88

	125	250	500	1000	2000	4000
TR60 MILLINGTON-SETTE	1,20	1,39	1,87	2,31	2,34	2,63

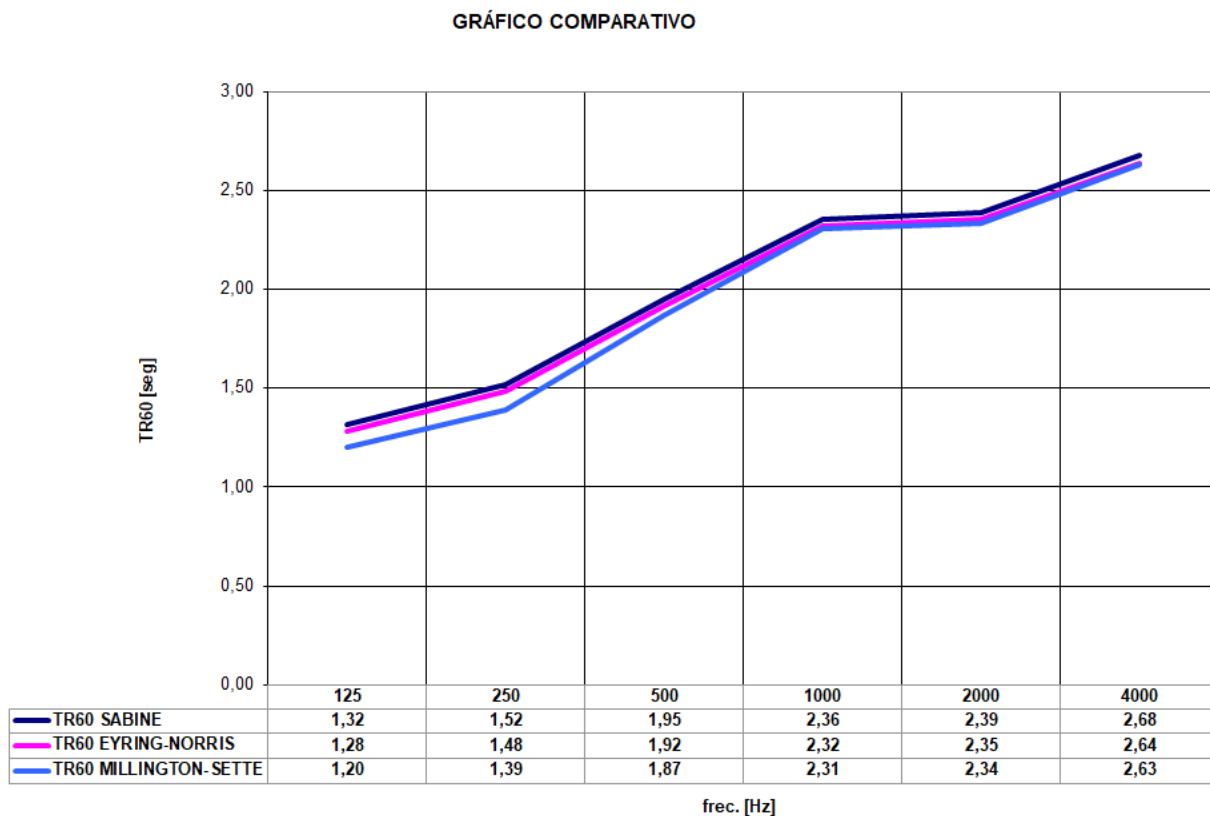
Superficies de referencia:	
Ssuelo:	10,14 m2
Stecho:	10,14 m2
Slateral L:	8,58 m2
Slateral R:	8,58 m2
Santerior:	5,72 m2
Sposterior:	5,72 m2
Stotal	48,88 m2

Atención:

Nota. Fuente propia.

Figura 10.

Tiempos de reverberación comparados Sala B.



Nota. Fuente propia.

Los resultados que arroja la tabla de Excel con las tres fórmulas para el cálculo del tiempo de reverberación indican que los tiempos de reverberación en las salas A y B son similares en los mismos rangos de frecuencias, siendo superiores a 2 segundos en las frecuencias superiores a mil hercios y llegando a un tiempo de 2.64 segundos en la en rango de los 4000 hercios tal y como podemos observar en las figuras 6 y 10 las cuales comparan respectivamente los tiempos de reverberación en la Sala A y sala B usando las fórmulas de Sabine, Eyring y Norris y Millinton y Sette.

Adecuaciones y tratamiento acústico.

Ahora bien, se tiene que los tiempos de reverberación de las dos salas se encuentran entre 1.19 segundos para las frecuencias más bajas alrededor de los 125 hercios y 2.68 segundos para las frecuencias de alrededor de los 4000 hercios, esto a simple vista y a primer escucha sería para unas salas de sólo 22.308 metros cúbicos un nivel de reverberación alto si van a ser destinadas a la grabación y edición, mezcla y masterización de sonido para medios audiovisuales, de este modo y haciendo la indagación respectiva se halla que los tiempos de reverberación ideales para las dos salas que corresponden a un estudio de producción de audio se encuentran a alrededor de los 0.35 segundos.

En las distintas fuentes de información consultadas y respecto el tiempo de reverberación de las salas se obtiene que el tiempo de reverberación de las salas va relacionado al propósito que se le va a dar y al volumen que tiene, en este sentido encontramos dos referencias en (Galicia & Tellez, 2016), la primera está relacionada con unos estudios acústicos que realizó la BBC de Londres y es la siguiente:

“Tiempo de reverberación deseado.

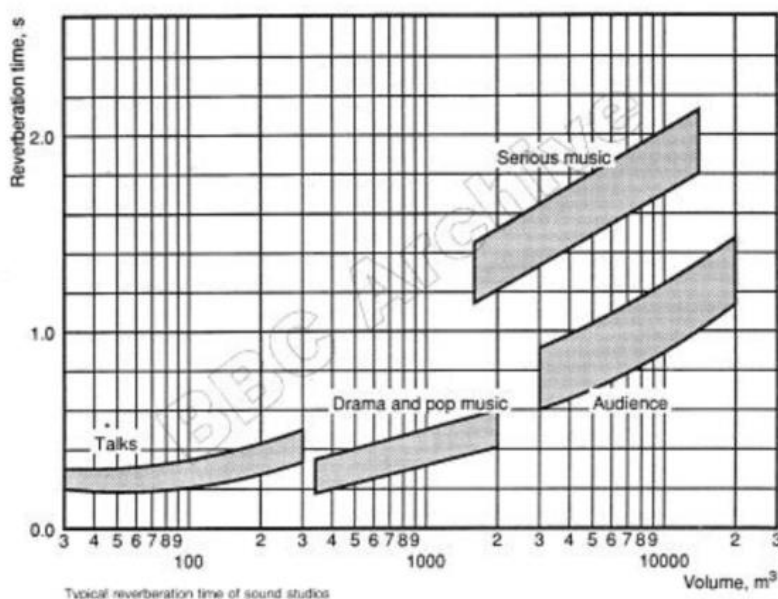
El tiempo de reverberación adecuado en una sala depende de muchos factores, el más importante a considerar es el uso que se le va a dar a la misma. En este caso se trata de una sala de grabación con muchos propósitos diferentes (grabación de voces, percusión, instrumentos de viento, de cuerda, etc.), es decir una sala de grabación que es principalmente para música pero también para la palabra y una sala de control donde el ingeniero recibe música, para posteriormente someterla a distintos

procesos de edición y masterización, cada una como a pesar de ser semejantes tienen una función diferente tendrán diferentes tiempos de reverberación, pero ¿Cuál sería el tiempo de reverberación ideal para cada caso?” (Galicia & Tellez, 2016, p. 43)

A continuación, se presenta una gráfica extraída del libro de la BBC “Guide to acoustic practice” British Broadcasting Corporation. Broadcasting House (BBC, 1990, p. 110), en la cual se muestra la relación entre el tiempo de reverberación típico de las salas de los estudios de grabación de acuerdo a su volumen.

Figura 11.

Tiempo reverberación/volumen sala.



Nota. Tomado de: Guide to Acoustic Practice (p. 110), por BBC, 1990, British Broadcasting Corporation. Copyright 1990 por BBC.

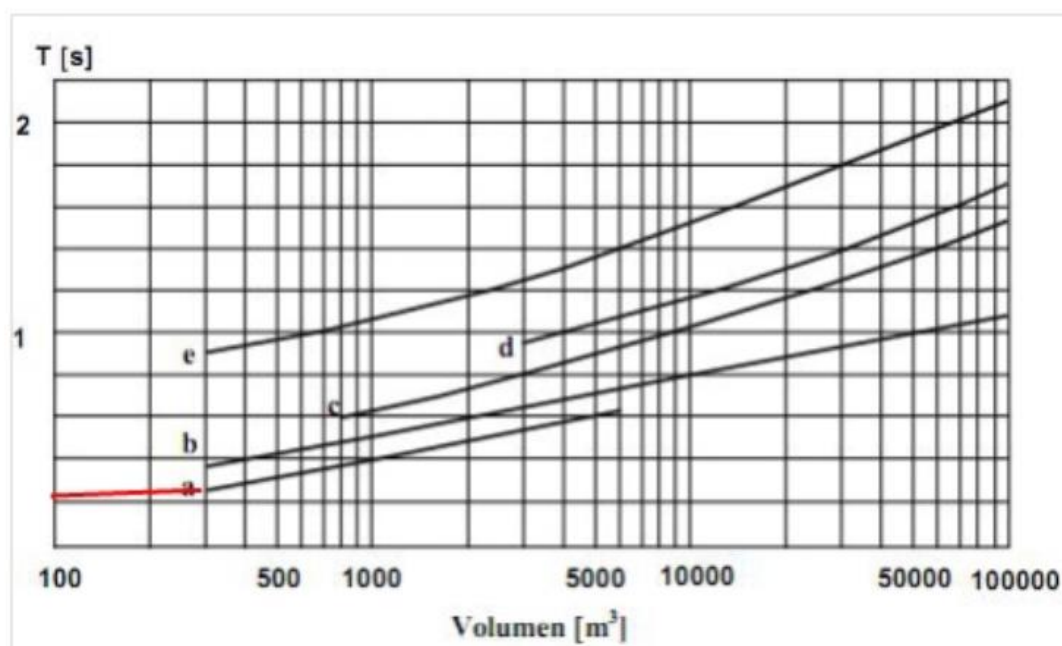
En la gráfica anterior se puede observar que el tiempo de reverberación adecuado para las dos salas del presente proyecto se debe ubicar entre los 0.2 y los 0.4 segundos, y otro punto a tener en cuenta es el anotado por Galicia & Tellez (2016,

p. 44) y consiste en que una sala destinada a grabar voces siempre tiene un tiempo de reverberación menos que una sala destinada a la música, por lo que en el caso del presente diseño optaremos por un tiempo intermedio teniendo en cuenta que esta sala de grabación estará destinada a grabar tanto voces como música.

La segunda referencia en Galicia & Tellez (2016, p.44) es el estudio realizado por Beranek en el cual también se hace una relación entre el tiempo Optimo de reverberación de una sala, su uso y su volumen, lo cual plasma en la siguiente gráfica:

Figura 12.

Beranek, tiempo de reverberación de acuerdo al uso y volumen de la sala.



Nota. Adaptado de una figura de L. L. Beranek, citado en *Diseño Acústico de un estudio de grabación (tesis)*. (p. 44), por Galicia y Téllez, 2016, IPN.

En la gráfica de Beranek al igual que en la gráfica de la BBC, se observa que el tiempo de reverberación indicado para una sala de un estudio de grabación de menos

de 100 metros cúbicos de volumen está por encima de los 0.2 segundos y por debajo de los 0.4 segundos.

De lo anterior se puede afirmar que es necesario hacer unas adecuaciones acústicas que nos permitan reducir el tiempo de reverberación en ambas salas en todo el espectro de frecuencias de la misma, en las frecuencias graves y teniendo en cuenta que el tiempo de reverberación en las salas es de 1.19 segundos en las frecuencias alrededor de 125 hercios, habría que hacer una reducción aproximada de 0.8 segundos, mientras que en las frecuencias más altas (4000 hercios) el tiempo de reverberación de nuestras salas es de 2.68 segundos, por lo cual debe hacer una reducción de aproximadamente 2.35 segundos.

Ahora bien ¿cómo se conseguirá una reducción de 0.8 segundos en el tiempo de reverberación en las frecuencias bajas y de 2.35 segundos en las frecuencias altas y además llevar las demás frecuencias intermedias, en nuestras salas del estudio de producción de audio, hasta un tiempo de reverberación aproximado de 0.35 segundos?, la respuesta es: haciendo adecuaciones acústicas.

Las adecuaciones que se harán en las salas del estudio de producción de audio consisten principalmente en adecuar las superficies internas de las mismas con materiales que tengan un índice de absorción acústica elevado al de los materiales que se encuentran en el interior de las mismas, de este modo el tiempo de reverberación al interior de las salas será reducido hasta alcanzar el tiempo adecuado. Los materiales que vamos a usar para realizar el tratamiento acústico serán:

1: Placas acústicas Sonex illtec tipo nube de 1.2 metros cuadrados, dos en cada habitación.

2: Paneles de espuma acústica o placas de poliuretano de 45 milímetros de grosor por 30 cm x 30 cm de área (0.9 metros cuadrados c/u) cuatro paneles en cada habitación (3.6m² por habitación)

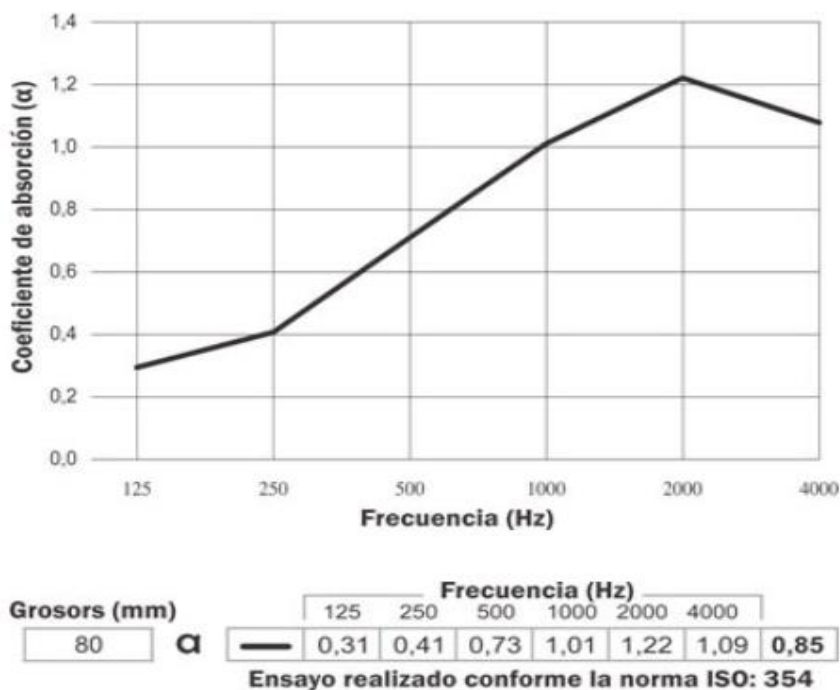
3: Alfombra gruesa de pelo enlazado de 2 m x 2 m de área, una en cada habitación.

4: Cortinas de terciopelo fruncido, en la sala A de 1.5m x 1.8m y en la sala B de 1.3m x 1.5m.

A continuación, se importan los índices de absorción de los materiales a usar en el tratamiento acústico de las salas:

Figura 13.

Índice de absorción placa acústica sonex illtec. Las cuales van sobre el cielo raso.



Nota. Tomado de *Nuvem acústica Sonex Illtec*, por Sonex, s.f., en <https://sonex.com.br/es/productos/nuvem-acustica-sonex-illtec/#topo>

Figura 14.

Índice de absorción de Placas de poliuretano de 45 mm de grosor y 30 de densidad:

POLIURETANO	420	Placa 15 de poliuretano, espuma flexible	15	30.0	0.03	0.15	0.21	0.45	0.95	0.85	0.44
	421	Placa 30 de poliuretano, espuma flexible	30	30.0	0.07	0.30	0.37	0.70	1.00	0.97	0.59
	422	Placa 45 de poliuretano, espuma flexible	45	30.0	0.15	0.70	1.00	0.85	0.91	0.90	0.87

Nota. Tomado de *Tablas de absorción*, por Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de la República (s.f.), en

<https://www.fadu.edu.uy/acondicionamientoacustico/wpcontent/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Absorcion.pdf>

Figura 15.

Índice de absorción de alfombra gruesa de pelo enlazado

358	Alfombra gruesa de pelo enlazado c/almohadilla 3			0.20	0.50	0.68	0.72	0.65	0.90	0.64
-----	--	--	--	------	------	------	------	------	------	-------------

Nota. Tomado de *Tablas de absorción*, por Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de la República (s.f.), en

<https://www.fadu.edu.uy/acondicionamientoacustico/wpcontent/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Absorcion.pdf>

Figura 16.

Índice de absorción acústica cortinas de terciopelo

216	Terciopelo fruncido		1.2	0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.44	0.57
-----	---------------------	--	-----	------	------	------	------	------	------	-------------

Nota. Tomado de *Tablas de absorción*, por Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de la República (s.f.), en

<https://www.fadu.edu.uy/acondicionamientoacustico/wpcontent/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Absorcion.pdf>

Lo que se hará ahora es recalcular el tiempo de reverberación de las salas para lo cual se reemplazará o restará el área de los materiales de tratamiento acústico a las superficies internas de la sala en los cuales se ubicarán.

Tabla 2. Actualización área superficies internas de las salas.

Sal	Baldosa (mármol):	Alfombra gruesa de pelo enlazado de 2 m x 2 m	Pared de ladrillo pintado:	Paneles de espuma acústica o placas de poliuretano	Machimbre/Panel es 25 mm sobre espacio de aire.:	Placas acústicas Sonex iltec tipo nube de 1.2 metros cuadrados	Cortinas de terciopelo fruncido:	Madera de 0,3cm con 5cm de cámara:	Total superficie interna:	volumen sala
A	6.14m ²	4m ²	20.8m ²	3.6m ²	7.74m ²	2.4m ²	2.7m ²	1.5m ²	48.88m ²	22.308 m ³
B	6.14m ²	4m ²	21.55m ²	3.6m ²	7.74m ²	2.4m ²	1.95m ²	1.5m ²	48.88m ²	22.308 m ³

Nota. Elaboración propia. Se pasa a introducir los índices de absorción de los materiales a usar en el tratamiento acústico en la tabla de cálculo de tiempos de reverberación de Excel.

Figura 17.

Actualización materiales lista tabla Excel.

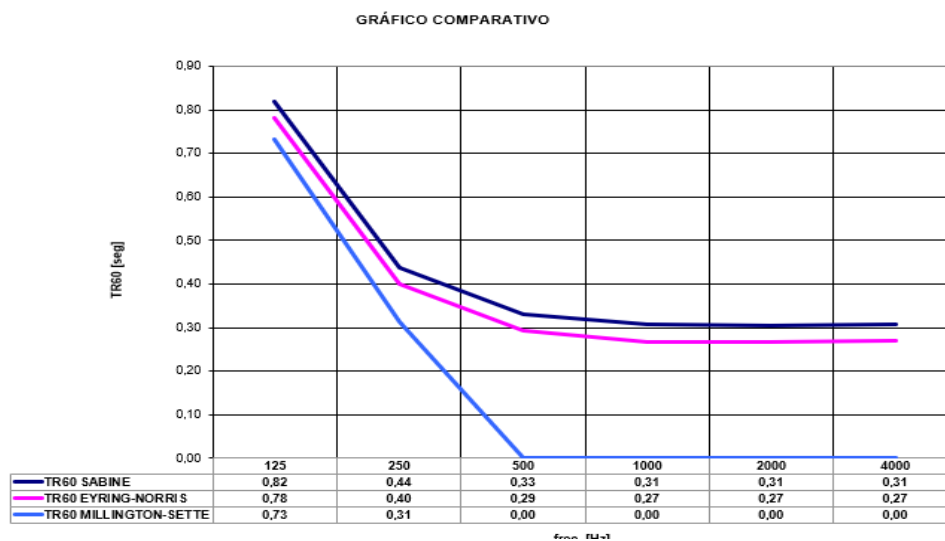
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
73		Tela aterciopelada extendida 0.45 Kg/m ²	0,05	0,07	0,13	0,22	0,32	0,35				
74		Tela aterciopelada extendida 0,6 Kg/m ²	0,05	0,12	0,35	0,48	0,38	0,36				
75		Tela aterciopelada plegada a la mitad 0,45 Kg/m ²	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60				
76		Tela aterciopelada plegada a la mitad 0,6 Kg/m ²	0,14	0,35	0,55	0,75	0,70	0,60				
77		Ventana abierta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00				
78		Vidrio de Espejo	0,035	0,025	0,019	0,012	0,07	0,04				
79		Vidrio de Láminas de 0,3 a 0,5 cm de espesor	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02				
80		Vidrio de ventanas normal	0,035	0,04	0,027	0,03	0,02	0,02				
81		Machimbre/Paneles 25 mm sobre espacio de aire.	0,19	0,14	0,09	0,06	0,06	0,05				
82		Madera contrachapada	0,05	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10				
83		Baldosas de cerámica con superficie lisa.	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02				
84		Placa de espuma blanca 1200*1200 Sonex iltech	0,31	0,41	0,73	1,01	1,22	1,09				
85		Placa de poliuretano, espuma flexible de 45mm y densidad 30	0,15	0,70	1,00	0,85	0,91	0,90				
86		Alfombra gruesa de pelo enlazado	0,20	0,50	0,68	0,72	0,65	0,90				
87		Terciopelo fruncido	0,07	0,31	49,00	81,00	66,00	0,44				
88												
89												
90												
91												
92												
93												
94												
95												

Nota. Fuente propia.

Estos son los resultados comparados entre las fórmulas de Sabine, Eyring/Norris y Millington/Sette:

Figura 18.

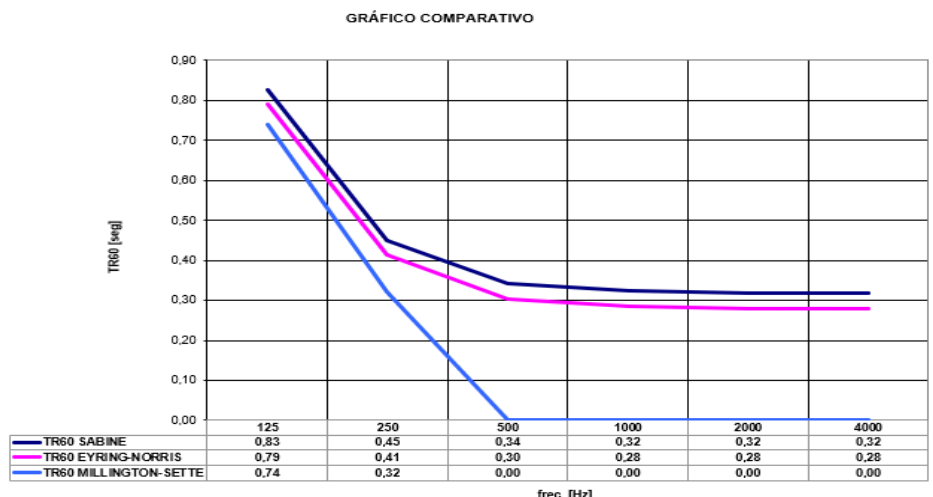
Tabla resultados reverberación Sala A tras tratamiento acústico.



Nota. Fuente propia.

Figura 19.

Tabla resultados reverberación Sala B tras tratamiento acústico, fuente propia.



Nota. Fuente propia.



Como se ve el tratamiento acústico ha sido efectivo sobre todo en las frecuencias que se encuentran arriba de los 250 hercios. En donde los tiempos de reverberación se ubican por debajo de los 0.4 segundos, sin embargo, en las frecuencias graves alrededor de 125 hercios el tiempo de reverberación se ubica en aproximadamente 0.8 segundos.



Equipamiento electroacústico para el estudio de producción de audio.

Ahora bien, tras en acondicionamiento acústico de las salas de control y grabación del estudio de producción de audio que se está diseñando en este proyecto se pasa a la parte de equipamiento electroacústico para su funcionamiento, en este sentido es importante tener en cuenta factores como el presupuesto, el tamaño de las salas, y el uso, en este sentido podemos decir que el estudio va a ser multipropósito ya que en el se va tanto a grabar como a procesar sonido para música, documentales, cuñas, podcast, jingles y otros productos audiovisuales por lo que en el equipamiento trataremos de usar herramientas que nos brinden el mayor rango de prestaciones dentro de un presupuesto moderado.

Así se realizará una lista de los equipos, su función o prestaciones y su precio en el mercado actualmente:

Tabla 3. Equipamiento estudio de producción de audio.

Equipo	Prestaciones	Ref. gráfica	Precio
Pc HP Pavilion	Portátil HP 15-EG2522LA de 15.6", Intel Core i7, RAM 16 GB, 512 GB SSD		3.699.000
Daw artista 14	Corrección de tono VariAudio, AudioWarp y Cuantización de Audio multipista, Flujos de trabajo		329 euros 1.540.279,30 pesos.



	avanzados para comping, Retrologue, Padshop, Verve y Trip, Compatible con TrackVersions		
Interfaz de audio: UR816C	Excelentes previos D-Pre Yamaha de micrófono, prestaciones profesionales como Word Clock, entradas/salidas digitales e interruptores para enmudecer/atenuar		567 euros 2.668.698\$
Interfaz de audio USB 3			
Monitores de estudio: Monitor Krk Rokit 8 x 2.	Amplificadores de potencia de clase D diseñados a medida para una mejor integridad de audio y una temperatura de funcionamiento reducida. Woofer de fibra de aramida tejida de Kevlar® de		\$1.510.500 c/u




8" para un
rendimiento de
graves y medios
bajos preciso y
ajustado. Nuevo
diseño de tweeter de
cúpula de seda de 1"
para un mejor
rendimiento de
frecuencias medias
altas, altas y de fase




2 micrófonos de condensador para grabación estéreo de voces o instrumentos: Con gran diafragma y de captación lateral diseñado para conseguir un sonido nítido en grabaciones vocales y acústicas, así como en actuaciones. Dispone de un filtro pasa altos y un atenuador conmutable para una mayor versatilidad de niveles SPL.



\$1.099.500 c/u

<p>Micrófono de condensador para altos niveles spl: MICRÓFONO CONDENSADOR AKG P420 CON DOBLE CAPSULA.</p>	<p>Con una alta sensibilidad y un SPL máximo de 155dB, el P420 ofrece una calidad de sonido cálida y transparente. Perfectamente adecuada para la grabación en conjunto, piano de cola, instrumentos de viento y metal, así como tambores y percusión.</p>		<p>\$ 1.104.000</p>
<p>Juego de micrófonos para grabar batería : SHURE PGADRUMKIT7.</p>	<p>incluyen un micrófono de bombo PGA52, tres micrófonos de bombo PGA56, un micrófono de instrumento PGA57 y dos micrófonos de instrumento PGA8</p>		<p>\$3,071,000</p>

<p>2 monitores de vídeo de 50 pulgadas:</p> <p>Smart Tv 50 Corn 4k</p>	<p>Monitores de vídeo de 50 pulgadas, 4k con sonido, para el monitoreo entre sala de grabación y sala de control.</p>		<p>\$</p> <p>1.249.900 c/u</p>
<p>2 cámaras para monitoreo visual:</p> <p>Cámara PT 3MP 2k</p>	<p>Con audio bidireccional y visión nocturna y seguimiento inteligente Autotracking grabación 360°</p>		<p>\$</p> <p>112.599</p>
<p>Audífonos de estudio:</p> <p>SHURE SRH440A.</p>	<p>reproduce las frecuencias bajas de manera más extensa, las frecuencias medias con mucho detalle y las frecuencias altas con claridad. Sus bocinas dinámicas de neodimio de 40 mm fueron optimizadas</p>		<p>\$ 528.000</p>

	para la audición y el monitoreo general.		
Amplificador de micrófono: Amplificador Microfono Donner EC2815 RB1.	Proporciona una amplificación de +26 dB e incluye un circuito CrystalTone que mejora la calidad del sonido.		\$265.050
Controlador midi: MIDIPLUS EASY PIANO de 41 teclas.	Sensitivo, con sonido propio, entradas y salidas midi, modulación y pitch bend. Necesario para la utilización de instrumentos virtuales principalmente.		\$ 628.900
ART P16 PatchBay de 16 canales XLR	- Centralizar ruteo señales por medio de conectores xlr (16 hembra en el panel frontal, 16 macho en el panel trasero)		500.000

20 extensiones para micrófono de 3 metros Xlr a Xlr marca proel			33.000 unidad 660.000 Total
Panel Acústico Movil . x2.	Ancho 60 cm Largo 1,7 m Espesor 4,5 cm Densidad 30 kg/m ³ Material espuma o fibra de vidrio		\$ 150.000
Trampas de bajo.	Ancho 12 cm Largo 24 cm Espesor 12 cm Densidad 26 kg/m ³ Coeficiente de reducción sonora 0,8 %		\$ 48.900 4/u
Aire Acondicionado Samsung 12.000 BTU.	Aire acondicionado moderno eficiente y silencioso.		\$ 1.999.900
Fibra de vidrio	Frescasa Eco 2- 1/2pg 9mx1.20m Rollo Termoacustica Insonoriza		\$170.000 c/u x2

Nota. Elaboración propia.

Los monitores de vídeo se usan para la comunicación entre salas, ya que no es conveniente abrir una ventana entre las dos salas, de este modo se mantiene el nivel de aislamiento acústico existente entre ambas salas y a la vez se garantiza un buen monitoreo e intercomunicación entre las dos salas.

También, se incluyeron 4 trampas de bajos, 2 para cada sala, ya que cuando se realizó la adecuación acústica y la estimación del tiempo de reverberación, a pesar de que se obtuvieron, en general, tiempos aceptables de reverberación lo cierto es que en las frecuencias graves por debajo de los 125 hercios quedaron un poco por encima de los demás rangos de frecuencias, además se incluyen un par de paneles móviles acústicos.

La fibra de vidrio se pondrá sobre el cielo raso de las dos habitaciones ya que entre el cielo raso y el techo hay un espacio vacío en el cual al poner la fibra de vidrio esta ayudará a reducir el nivel de los ruidos externos que lleguen al interior de las salas, o lo que es lo mismo, va a mejorar el nivel de aislamiento acústico de las salas.

Finalmente, y aunque no es un elemento electroacústico o acústico, si es un elemento que permitirá trabajar cómodamente y es un aire acondicionado el cual ira en la sala de grabación ya que es esta sala la que a la hora de ser usada permanecerá más tiempo aislada lo cual puede generar sofocación por elevación de la temperatura y aumento de la humedad en su interior.

Análisis

En términos generales los resultados obtenidos para las dos salas son muy similares, y esto en gran medida se debe a dos factores, el primero debido a que las salas tienen características físicas muy similares como áreas, volumen, materiales de construcción y geometría y el segundo a que las adecuaciones acústicas de este proyecto tienen muchas similitudes, esto ha permitido que los resultados obtenidos sean coherentes con el objetivo propuesto de bajar el tiempo de reverberación en ambas salas, ahora bien una de las diferencias que se pueden dar en los resultados entre la sala de control y la sala de grabación tiene que ver con el uso que se le va a dar y con una adecuación en particular, se trata de los paneles móviles, pues mientras en la sala de control la actividad que se va a realizar es la misma y en las mismas condiciones en la sala de grabación las condiciones pueden variar por lo que en está como se dijo en el desarrollo de este proyecto se introducirán unos paneles acústicos móviles lo que permite hacer adecuaciones de acuerdo a las necesidades de cada sesión de grabación, ya que no es lo mismo grabar una batería acústica a una voz humana o a un instrumento como una guitarra acústica, los paneles acústicos móviles permiten una versatilidad que es necesaria sólo en la sala de grabación.

Un elemento que no estuvo considerado en la etapa de cálculo de tiempo de reverberación tras las adecuaciones acústicas son las trampas de bajo, estas trampas son consideradas necesarias ya que en los resultados se obtuvo un tiempo de reverberación deseado en la mayoría de rangos de frecuencias, sin embargo en el rango más grave de 125 hercios el tiempo de reverberación en ambas salas llegó a los 0.8 segundos aproximadamente mientras en los demás rangos de frecuencias se

encuentra a alrededor de los 0.3 segundos, esto se puede deber a que los materiales usados en las adecuaciones acústicas tienen mayor eficiencia en frecuencias medias y altas que en las frecuencias bajas, por lo que se espera que con las trampas de bajo el tiempo de reverberación en el rango de frecuencias de 125 hercios pase de 0.8 segundos a 0.4 o 0.3 segundos.

Resultados

Los resultados son satisfactorios frente a los objetivos propuestos, en primer lugar el tratamiento acústico propuesto en las dos salas del estudio de producción de audio permitió alcanzar niveles de reverberación acústica aceptables para su uso, en segundo lugar el equipamiento electroacústico propuesto permite que el estudio de producción de audio diseñado tenga versatilidad y pueda prestar servicios de producción de audio profesional para distintos fines como música, cine, televisión y videojuegos entre otros:

Tabla 4.

Resultados RT 60 tras el tratamiento acústico en las dos salas con fórmula de Sabine.

Sala A	RT 60	Sala B	RT 60
125	0.82s	125	0.83s
250	0.44s	250	0.45s
500	0.33s	500	0.34s
1000	0.31s	1000	0.32s
2000	0.31s	2000	0.32s
4000	0.31s	4000	0.32s

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 4 puede parecer que el tiempo de reverberación en las dos salas para las frecuencias alrededor de 125 y 250 hercios están un poco por encima de las demás, sin embargo, esto se resuelve con las trampas de bajo que se incluyeron en la

lista de equipos electroacústicos a usar en el estudio de producción de audio, ya que con su uso el tiempo de reverberación en dichas frecuencias bajará dentro de ambas salas.

Conclusiones

La bibliografía consultada en este trabajo ha sido muy importante para realizarlo ya que se han hecho proyectos similares en ellos lo que ha brindado puntos de partida comunes, los resultados obtenidos también han sido similares en este proyecto y en los proyectos consultados, pues se usa el tratamiento acústico para alcanzar los mismos o similares tiempos de reverberación, también era previsible desde el inicio que la parte de tratamiento acústico podría tener complicaciones en las frecuencias graves por debajo de 250 hercios, esto por la longitud de dichas ondas, por lo que era algo previsible, al igual que la manera en que se puede solucionar por medio de trampas de bajo.

Finalmente, la tecnología digital permite que en la parte de equipamiento electroacústico este proyecto sea viable presupuestalmente, pues la tecnología analógica es menos accesible o dicho de otro modo más costosa, así la mayoría del tratamiento del audio se realiza en un DAW como Cubase y en los plugins adicionales ya sean estos amplificadores, ecualizadores, compresores, limitadores o excitadores armónicos, todos ellos digitales.

Referencias

- Albella, D. C. (2013). *Diseño y acondicionamiento acústico*. Gandía, España.: Universidad Politecnica de Valencia.
- BBC. (1990). *Guide to acustic practice*. Londres : British Broadcasting Corporation. Broadcasting House.
- Bøgh, B., & Voetmann., J. (2013). *Electroacústica práctica*. Madrid: Tébar Flores.
- Cabrera, J. G. (2010). *Acústica y fundamentos del sonido (E-Learning)*. Bogota: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Carrión, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Universidad politécnica de Cataluña.
- Cifuentes, D. A. (2023). *Captura de audio en home studio a partir de técnicas de grabación que permitan lograr una señal sonora balanceada en la producción de dos obras musicales*. Medellín: UNAD.
- Contreras, J. C. (2020). *Diseño de acondicionamiento y aislamiento acústico mediante materiales sostenibles para la sala de música de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Proyecto de grado*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de la República Uruguay. (6 de 10 de 2025). *Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de la República UDELAR*. Obtenido de <https://www.fadu.edu.uy/acondicionamientoacustico/wpcontent/blogs.dir/27/files/2012/02/Tablas-de-Absorcion>

- Fleitas, M. (2021). *Diseño de un estudio de grabación en el palacio de formación y congresos de Fuerteventura*. Gandía: Universitat Politècnica de València.
- Galicia, C., & Tellez, J. (2016). *Diseño Acústico de un estudio de grabación (tesis)*. ciudad de México: IPN.
- Nontol, J. J. (2020). *Críterios geométricos de acondicionamiento acústico pasivo en el diseño de espacios pedagógicos de educación superior musical en Trujillo*. Trujillo: Universidad Privada Del Norte.
- OWA SONEX. (6 de 10 de 2025). *SONEX.com*. Obtenido de <https://sonex.com.br/es/produtos/nuvem-acustica-sonex-illtec/#topo>
- Realpe, J. C. (2020). *Diseño de acondicionamiento y aislamiento acústico mediante materiales sostenibles para la*. Bogotá: Unad.
- Úsuga, J. D. (2022). *Propuesta de diseño de cerramiento acústico para el control de ruido de una zaranda en el área industrial. Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Varela, J. D. (2022). *Diseño de cerramiento acústico para el control de ruido de una zaranda en el área*. Medellín: Universidad de Antioquia .
- Vázquez Rosado, M. (2013). *Metodología de diseño de estudios de grabación y aplicación a caso práctico*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.