



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS.
ESCUELA DE INGENIERÍA EN SONIDO Y ACÚSTICA.

**DISEÑO DE AISLAMIENTO, ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO Y CADENA
ELECTROACÚSTICA DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN PROFESIONAL EN
LA CIUDAD DE QUITO.**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica.

Profesor Guía
Ing. Yolanda Carreño Pozo

Autores
Israel Patricio Donoso Mucarsel
Carlos Rafael Rodríguez Alarcón

2010

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA.

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Yolanda Carreño Pozo
Ingeniera Civil en Acústica
172169464- 2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Israel Patricio Donoso Mucarsel

171419681-1

Carlos Rafael Rodríguez Alarcón

171589125-3

AGRADECIMIENTO MUTUO

A Luis Bravo y todos los profesores que nos han impartido su conocimiento a lo largo de la carrera, especialmente a Yoli por ser nuestra tutora de tesis. Y a nuestros buenos amigos Guillermo Bolaños y Santiago Bayas por su generosa ayuda y soporte en este proyecto.

AGRADECIMIENTO ISRAEL DONOSO M.

Agradezco especialmente a mi querida Madre y mi querida Hermana, quienes siempre han estado junto a mí y me han brindado un apoyo incondicional, enseñándome a ser un hombre de bien a través de su ejemplo; todo esto es por ustedes. A mi tía Rosa Olivia y al resto de mi familia por darme su cariño y estar siempre pendientes de mí. A mis amigos del colegio y la universidad por acompañarme y compartir conmigo todo este viaje, el cual no ha sido fácil pero con su ayuda se ha hecho muy entretenido. Y a Carlitos Rafael por brindarme su valiosa amistad.

AGRADECIMIENTO CARLOS RODRÍGUEZ A.

Agradezco de todo corazón a mi madre y a mi padre por haberme forjado y haberme empujado siempre hacia adelante hasta el día de hoy. A mis hermanos por haberme brindado apoyo incondicional siempre, los amo. A mis amigos y compañeros de carrera por compartir conmigo estos 6 años. A Descomunal y Colapso por hacerme vivir y dejarme soñar cada día. A mi familia y amigos que son muchos. Y por último a Israel Patricio por su gran amistad y perseverancia.

RESUMEN

El diseño planteado a continuación tiene como objetivo crear un espacio arquitectónica, acústica y electro acústicamente óptimo para la producción, grabación y postproducción de música pop/rock en Quito.

Los altos niveles de presión sonora que producen los instrumentos característicos de dichos géneros al ser interpretados, así como el tránsito aéreo de la zona debido a la cercanía del Aeropuerto Mariscal Sucre son los puntos más importantes a considerar en el aislamiento.

Debido a los buenos resultados obtenidos mundialmente, se aplicará criterio LEDE para el diseño de la Sala de Control y acústica variable en la Sala de Músicos ofreciendo flexibilidad al momento de grabar y logrando un T60 adecuado en ambas salas para la grabación de dichos géneros y sus respectivos subgéneros.

Es parte fundamental del proceso de grabación la cadena electroacústica, por lo que se plantea también un diseño e implementación que satisfaga las necesidades requeridas para cumplir el objetivo sonoro buscado en este tipo de música.

ABSTRACT

The design going on next has the purpose to create an architectural, acoustical and electro acoustical space optimum for production, recording and post production of pop/rock music in Quito.

The high level pressures produced by the characteristic instruments of such genres when interpreted thus aerial traffic produced by the proximity of Mariscal Sucre's Airport are the most relevant issues to consider in acoustical isolation.

Due to the good results obtained around the world, LEDE criteria will be applied for Control Room and variable acoustics criteria for Recording Room offering flexibility at recording times and a desired T60 in both rooms for the recording of such genres and sub genres.

The electro acoustical chain is a fundamental part of the recording process, and that's why this design describes a guide of an electro acoustical implementation to cover record requirements that accomplishes the sound flavors that this kind of music looks for.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Objetivos.....	2
2.1. Objetivo General	2
2.2. Objetivos Específicos.....	2
3. Definición de Términos Básicos	3
3.1. Aislamiento	3
3.2. Acondicionamiento.....	5
3.3. Cadena Electroacústica.....	10
3.4. Otros.....	12
4. Criterios generales para el diseño de un estudio de grabación con sala de control LEDE.....	15
4.1. Ubicación del recinto	15
4.2. Forma de la sala	16
4.3. Dimensiones de la sala	17
4.4. Aislamiento	19
4.4.1. Diseño de estudios flotantes.....	21
4.4.2. Diseño de paredes.....	24
4.4.3. Diseño de puertas.....	24
4.4.4. Diseño de ventanas.....	25
4.5. Acondicionamiento	26
4.5.1. Acondicionamiento de la Sala de Control	26
4.5.1.1. Criterio LEDE	27
4.5.2. Acondicionamiento de la Sala de Músicos	29
4.6. Cadena Electroacústica	32
4.6.1. Programas para la edición de audio y Plataforma de trabajo	33
4.6.2. Consola y Periféricos	33

4.6.3. Patchera y Conexiones	34
4.6.4. Microfonía y etapa de Pre amplificación	34
4.6.5. Monitoreo	34
5. Situación Actual	36
6. Dimensiones y distribución	39
6.1. Distribución	39
6.2. Dimensiones de la sala de control	40
6.3. Dimensiones de la sala de músicos	43
7. Aislamiento.....	45
7.1. Niveles de ruido.....	45
7.1.1. Niveles de ruido de fondo en el recinto.....	45
7.1.2. Niveles de ruido emitidos desde el interior.....	46
7.2. Determinación del aislamiento requerido.....	46
7.2.1. Aislamiento para ruidos externos.....	46
7.2.2. Aislamiento para ruidos internos.....	47
7.2.3. Comparación de resultados.....	47
7.3. Diseño de las particiones para el estudio de grabación.....	48
7.3.1. Partición que divide a la sala de control y la sala de músicos.....	48
7.3.1.1. Diseño de la pared.....	49
7.3.1.2 Diseño del visor acústico.....	49
7.3.1.3. Aislamiento Total de la partición mixta.....	51
7.3.2. Sala de control.....	52
7.3.2.1 Paredes.....	53
7.3.2.2. Puerta.....	54
7.3.2.3. Calculo del TL mixto de la pared C.....	54
7.3.2.4 Techo.....	55
7.3.3. Pasillo.....	56
7.3.3.1 Pared.....	56

7.3.3.2. Puerta Principal.....	56
7.3.3.3. Calculo de TL mixto de la pared del pasillo.....	56
7.3.3.4. Techo.....	56
7.3.4. Sala de músicos.....	57
7.3.4.1. Paredes.....	57
7.3.4.2 Puerta.....	58
7.3.4.3. Techo.....	59
7.4. Aislamiento estructural.....	59
7.4.1. Piso flotante.....	60
8. Acondicionamiento.....	61
8.1. Acondicionamiento de la Sala de Control.....	61
8.1.1. <i>Sweet Spot</i>	61
8.1.2. Forma de la sala.....	61
8.1.3. Diseño del Resonador.....	63
8.1.4. Diseño del <i>Dead End</i>	64
8.1.5. Diseño del <i>Live End</i>	64
8.1.5.1. Diseño del difusor.....	64
8.1.5.2. Ubicación del difractal en la Sala de Control.....	67
8.1.6. Tiempo de reverberación de la Sala de Control.....	67
8.1.7. Intervalo Temporal Inicial de la Sala de Control.....	68
8.2. Acondicionamiento de la Sala de Músicos.....	69
8.2.1. Forma de la sala.....	70
8.2.2. Diseño de resonadores.....	71
8.2.3. Ubicación del difractal en la Sala de Músicos.....	72
8.2.4. Paneles de acústica variable.....	72
8.2.4.1. Ubicación de los paneles.....	73
8.2.5. Tiempo de reverberación.....	74
8.2.5.1. Tiempo de reverberación mínimo.....	74
8.2.5.2. Tiempo de reverberación máximo.....	74
8.2.6. Intervalo Temporal Inicial de la Sala de Músicos	75
9. Cadena electroacústica.....	76

9.1. Plataforma y Software.....	80
9.2. Interfase y Expansiones.....	80
9.3. Consola.....	80
9.4. Pre-amplificadores.....	81
9.5. Monitoreo en Sala de Control.....	81
9.5.1. Posicionamiento de los Monitores.....	82
9.6. Procesadores y Efectos.....	85
9.7. Monitoreo en Sala de Músicos.....	85
9.8. Patchera.....	86
9.9. Procesamiento para masterización de audio.....	86
9.10. Otros.....	86
9.11. Cableado.....	87
9.11.1. Medusa.....	89
9.12. Microfonía.....	90
10. Presupuesto.....	91
11. Recomendaciones.....	95
11.1. Sistema de ventilación.....	95
11.2. Tomas eléctricas.....	96
11.3. Iluminación.....	97
12. Conclusiones.....	99
Bibliografía.....	102
Anexos.....	104

1. INTRODUCCIÓN

Un estudio de grabación de audio profesional es aquel recinto o edificación adecuada arquitectónica, eléctrica, electrónica y acústicamente para la grabación, preproducción y postproducción de audio.

Existen varios tipos de estudios de grabación de audio profesional destinados para diferentes aplicaciones, así encontramos aquellos dedicados a la grabación de audio, mezcla de audio, masterización de audio, postproducción musical, publicidad y *foley*, entre algunos otros.

Generalmente en este país, para la construcción de un recinto, sin importar su función (habitacional, comercial, de entretenimiento, etc.), no se toma en cuenta su parte acústica en la etapa de diseño, sino solamente la parte estética. Posteriormente, esto causa un sin número de problemas que tratan de ser solucionados mediante un acondicionamiento emergente, que en la mayoría de las ocasiones no brinda una solución completa o simplemente no corrige los problemas existentes debido a factores económicos, de espacio, y desconocimiento con respecto a criterios de acústica; lo que conlleva a la insatisfacción de las necesidades del usuario.

Es por esto que un arquitecto y/o ingeniero civil, en la mayoría de las ocasiones debe trabajar conjuntamente con un ingeniero acústico al momento de diseñar un recinto, especialmente cuando la acústica juega un papel muy importante en él, como es el caso de un estudio de grabación de audio, un teatro, un auditorio, una sala cine, etc.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un estudio para la grabación de audio profesional destinado a la producción de música pop/rock en la ciudad de Quito.

2.2. Objetivos específicos:

- Aplicar criterios de diseño para cuartos rectangulares basados en el Gráfico de Bolt, Criterio de Bonello y teorías de *Golden Ratio* y *Acoustic Ratio* para la Sala de Músicos y Sala de Control del estudio de grabación.
- Realizar el diseño considerando la Ordenanza Municipal 146 (que rige el Distrito Metropolitano de Quito) mediante un apropiado aislamiento acústico del recinto, asegurando además un nivel de ruido de fondo óptimo para el interior del estudio de grabación.
- Utilizar el criterio LEDE para el diseño de la sala de control.
- Diseñar la sala de músicos utilizando criterios de acústica variable.
- Diseñar una cadena electroacústica con las mayores prestaciones posibles para la producción de música pop/rock en el medio.
- Presentar un informe final de costos, en donde se tome en cuenta todos los aspectos del diseño planteado.

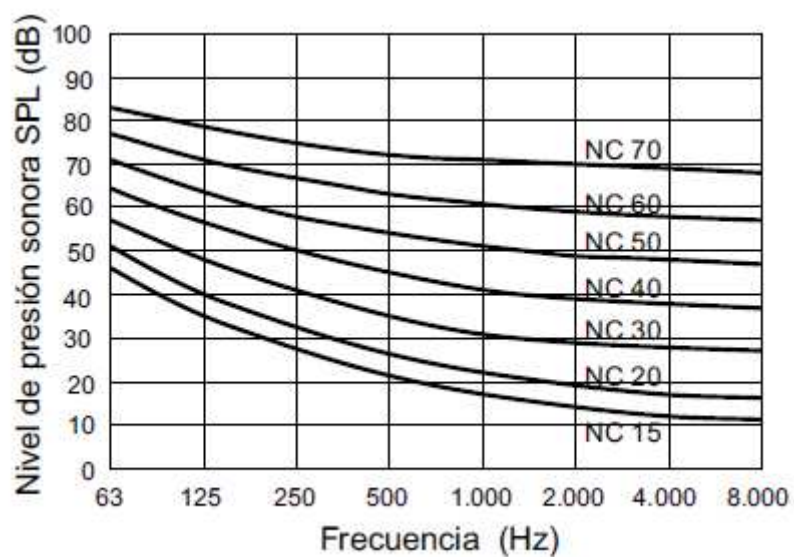
3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

3.1. AISLAMIENTO

Aislamiento Acústico.- Tratamiento físico de muros, techos, pisos, puertas y ventanas para minimizar la transmisión sonora de un ambiente a otro.

Curvas NC (*Noise Criteria*).- Curvas utilizadas para determinar el nivel de ruido de fondo máximo recomendable para distintos tipos de recintos tomando en cuenta su aplicación.

Figura 3.1: Curvas NC (*noise criteria*)



Fuente: Carrión, 1998, pág. 42. ^[3]

Se dice que el ruido de fondo de un recinto cumple con una determinada curva NC cuando los NPS por banda de octava de este están por debajo de los NPS que dicha curva establece.

Efecto de Coincidencia.- Baja que se produce en la pérdida de transmisión de una partición debido a que ésta entra en resonancia.

Ley de la Masa.- Ley que establece que cada vez que se duplica la densidad superficial de una partición simple, el TL aumenta en 6 [dB]. También establece que para una densidad superficial fija, el TL de la partición aumenta 6 [dB] cada vez que se duplica la frecuencia del sonido emitido por la fuente.

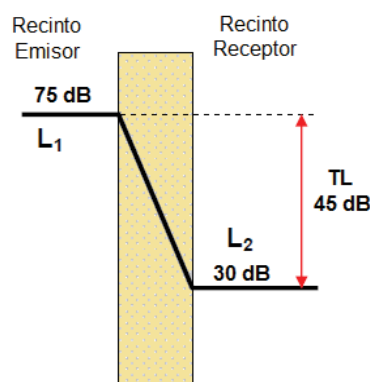
Partición Simple.- Aquella superficie cuyas 2 caras externas están rígidamente conectadas y que por consiguiente se mueven como una misma estructura. Una pared compuesta por dos o más materiales puede comportarse como una partición simple si estos están acoplados rígidamente entre sí.

Partición Doble.- Está formada por dos superficies que pueden ser de distintos materiales y espesores, separadas entre sí por una cámara de aire que puede o no estar rellena de material absorbente.

El comportamiento de una partición doble es análogo al de un sistema masa-resorte-masa.

Perdida por Transmisión (TL).- Es la pérdida de energía que experimenta una onda sonora al atravesar una partición. Varía dependiendo de la densidad superficial propia de cada material y de la frecuencia del sonido emitido por la fuente. Se expresa en decibeles.

Figura 3.2: Pérdida por transmisión (TL) de una partición simple.



Fuente: Autores.

Puente Acústico.- Elemento que conecta o acopla mecánicamente a dos superficies diferentes. Mediante este se produce transmisión estructural de una superficie a la otra superficie.

STC (*Sound Transmission Class*).- Índice que sirve para describir las propiedades de aislamiento de una partición (paredes, puertas, ventanas, techos) mediante un valor único. Se obtiene comparando los TL de la partición por banda de tercio de octava (desde los 125 [Hz] a los 4000 [Hz]) con una curva de referencia muy similar a la de la ponderación A inversa. El número STC propio de la partición corresponderá al valor para 500 [Hz] de la curva de referencia que más se ajustó a la curva trazada por los TL de la misma.

Transmisión Aérea.- Transmisión sonora desde una cara de la superficie hacia la otra, causada por la incidencia de un frente de onda.

Transmisión Estructural.- Transmisión del sonido que se da a través de vibraciones producidas por un frente de onda o por ruido de impacto que se propagan de superficie en superficie mediante conexiones rígidas.

3.2. ACONDICIONAMIENTO

Acondicionamiento Acústico.- Tratamiento que se le da a las superficies internas de un recinto con el fin de mejorar sus características acústicas y por ende la percepción del oyente dentro de él.

Acoustic Ratio.- Relación matemática entre las 3 dimensiones de un volumen, considerada óptima para la acústica.

$$0,78 : 1 : 1,23 \quad (3.2)$$

Donde 0,78 corresponde a la relación altura-ancho, 1 representa el ancho y 1,23 la relación largo-ancho.

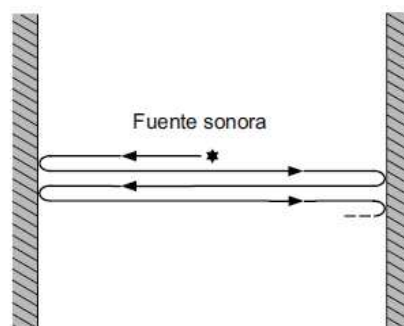
Coefficiente de Absorción.- Es aquel índice que cuantifica la absorción total de una sala considerando todos sus elementos. Se define como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente de una fuente sonora sobre una superficie dada. Es adimensional y su escala comprende del 0 al 1.

Criterio de Bonello.- Se considera que para asegurar una distribución modal correcta en un recinto, los niveles de presión sonora de los modos normales deben describir una función continua y monótonamente creciente en la frecuencia, de esta forma la energía en altas frecuencias será comparable a la energía en bajas frecuencias.

Difusor Acústico.- Dispositivo acústico que dispersa los rayos incidentes de un frente de onda en varias direcciones mejorando el grado de difusión acústica de un recinto. La reflexión difusa que produce ayuda a incrementar la sensación de sonido envolvente y de espacialidad de la sala.

Eco flotante.- Este fenómeno se da cuando la fuente se ubica entre dos superficies lisas, sumamente reflectantes y paralelas entre sí; y consiste en una repetición múltiple del sonido emitido en un corto período de tiempo producto de las reflexiones en dichas superficies.

Figura 3.3: Representación gráfica del eco flotante.



Fuente: Carrión, 1998, pág. 56. ^[3]

Filtro peine (comb filter).- Es un fenómeno que se produce al enfrentar dos fuentes sonoras de similar NPS. Dependiendo de la distancia que exista entre las fuentes, existirá una frecuencia cuya longitud de onda coincida con dicha distancia, produciéndose la cancelación de su componente por efecto de desfase. Lo anterior se repite para todos los múltiplos enteros de dicha frecuencia, creando un patrón de respuesta de frecuencia similar a un peine, de allí el nombre.

Galería de los Susurros.- Nombre que se le da a una sala de planta circular con superficies sumamente reflectantes. Debido a su forma se crea un fenómeno en el que las reflexiones sonoras emitidas por una fuente se “arrastran” por toda la superficie.

Golden Ratio.- Consiste en un número algebraico que relaciona 2 segmentos de una recta mediante una constante, equivalente a 1.6180339887, basada en proporciones halladas en la naturaleza y considerada como una relación divina por los griegos.

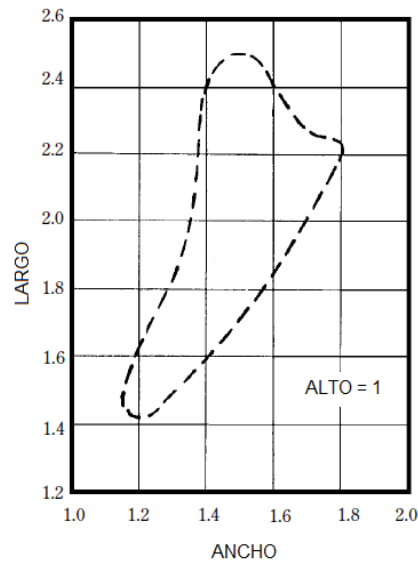
$$\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,6180339887 \dots \quad (3.1)$$

Grado de difusión acústica.- Idealmente, la energía sonora producida por una fuente dentro de una sala debe distribuirse equitativamente hacia todos los puntos de ella, esto significa que el oyente debe percibir el sonido producido por la fuente sin importar su posición dentro de la sala. Este criterio es de suma importancia en teatros y auditorios.

Gráfico de Bolt.- Diagrama utilizado para dar proporciones adecuadas a una sala rectangular. Bolt introduce el concepto del índice de espaciamento, que puede variar de 1 (situación ideal de máxima regularidad) a 3,5 (situación de máxima irregularidad que se da cuando la sala es cúbica); el Gráfico de Bolt permite hallar las proporciones para un local logrando que sus primeros 25 modos normales tengan un índice de espaciamento de 1,5; lo que significa que

poseerán una buena distribución modal. Para cumplir este criterio las proporciones del local deben quedar en el interior de la curva.

Figura 3.5: Gráfico de Bolt.



Fuente: Everest, 2001, pág. 276 (modificado por autores). ^[1]

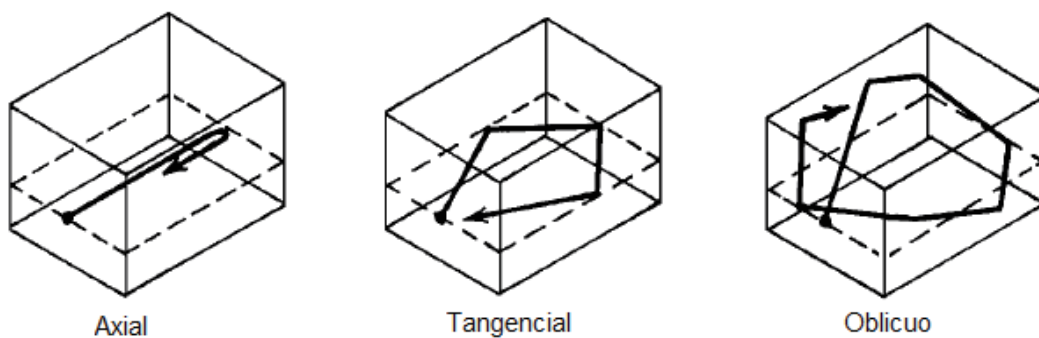
Intervalo Temporal Inicial (ITI).- Diferencia de tiempo entre la percepción del sonido directo y la llegada de la primera reflexión a los oídos del receptor. Mediante el ITI el oyente puede determinar el tamaño aproximado del recinto sin siquiera verlo.

LEDE (Live End - Dead End).- Criterio de diseño de Salas de Control para estudios de grabación de audio en el cual, el acondicionamiento acústico de absorción está previsto para que en la zona de emisión sonora (monitores de audio) se minimice lo más posible las reflexiones de las paredes aledañas a éste (*Dead End*) para que el frente de onda que llega al oyente tenga la menor cantidad de reflexiones y que al contrario en las paredes aledañas a la persona receptora (o detrás de ella), se cree un ambiente natural como el de cualquier cuarto sin acondicionamiento acústico previo, con reflexiones (*Live End*).

Modos Normales de Vibración.- Los Modos Normales de Vibración son aquellas frecuencias de resonancia producto de la emisión de sonido de una

fuente dentro de un recinto cerrado o parcialmente cerrado, las cuales se reparten a lo largo de todo el espectro sonoro audible. Se convierten en un problema cuando su distribución espectral no es homogénea, es decir, cuando 2 o 3 modos coinciden en una sola frecuencia, lo cual es molesto desde el punto de vista auditivo entre los 20 [Hz] y 300 [Hz]. El nivel de presión sonora de dichas frecuencias en resonancia entre la fuente y la superficie que vibra aumentan de manera considerable (6dB/10dB). La distribución espacial de los modos en un recinto se debe a las ondas estacionarias, que según su trayectoria se dividen en axiales, tangenciales y oblicuas.

Figura 3.4: Representación gráfica de los modos axiales, tangenciales y oblicuos.



Fuente: Everest, 2001, pág. 324. ^[1]

Onda Estacionaria.- Es la onda resultante de la interferencia (ya sea constructiva o destructiva) de dos ondas de igual frecuencia y amplitud pero con sentido opuesto cuando estas se propagan a través de un medio. Recibe su nombre debido a la aparente inmovilidad de sus nodos (puntos en los cuales la amplitud es cero debido a la interferencia destructiva). En los antinodos o picos de la onda estacionaria la amplitud deberá ser dos veces mayor a la amplitud de las dos ondas que la producen (interferencia constructiva).

Reflexión útil.- Es aquella que llega en un tiempo menor al de la persistencia acústica y con un NPS comparable al del sonido directo, de tal forma que refuerza su sonoridad.

Respuesta de frecuencia de la sala.- Es el comportamiento propio de una sala con respecto al espectro frecuencial, depende de sus modos normales de vibración. La curva de respuesta de la sala debe ser lo más plana posible con el fin de no alterar la percepción del oyente con respecto al sonido que emite la fuente.

Resonador Acústico.- Dispositivo físico diseñado para atenuar frecuencias que representen problemas en un recinto mediante la transformación de la energía sonora en calor y así aplanar la respuesta de frecuencia de dicho recinto. Análogamente se comporta como un sistema masa-resorte, donde la Masa Acústica (M_a) es el bloque de aire en el cuello del resonador y la Compliancia Acústica (C_a) la constituyen las partículas de aire dentro de la cavidad. Esto se cumple para la Frecuencia de Resonancia (f_0) y un limitado rango de frecuencias alrededor de ella.

Sweet spot.- Punto donde convergen las aristas del triángulo imaginario formado por los monitores de audio principales, en donde se crea mediante acondicionamiento acústico un área libre de reflexiones para mejorar la percepción auditiva del oyente ubicado en esta posición.

Tiempo de Reverberación (T60 o TR).- Aquel descriptor que permite cuantificar el grado de reverberación de un recinto cualquiera para una banda de frecuencia determinada. Matemáticamente es equivalente al tiempo necesario para que la energía decaiga a su millonésima parte (60 dB) una vez que su fuente sonora haya cesado la emisión.

3.3. CADENA ELECTROACÚSTICA

Cadena Electroacústica.- Serie de conexiones entre dispositivos electrónicos que conforman un sistema de audio.

Consola *In-line*.- Consola de grabación de audio en la que los *faders* de canal (señales de micrófono o línea) y los *faders* de monitoreo de multipistas se encuentran dispuestos físicamente en el mismo módulo de canales de entrada.

De-esser.- Técnica usada para filtrar el exceso de nivel de eses de un recitador producida al pronunciar palabras que contengan s, c o z mediante el uso de un compresor y un ecualizador de audio para atenuar las frecuencias que causen dicho problema.

Efecto *Ducking*.- Efecto obtenido mediante gatilleo de una compuerta en un compresor para atenuar una señal de audio en presencia de otra.

Loops de Tierra.- Ruido producido por retroalimentación cuando un dispositivo no está conectado a tierra.

Medusa.- Dispositivo de interconexión el cual posee entradas y salidas XLR y TRS para la conexión de micrófonos y envíos para monitoreo de músicos en la sala de músicos.

Patchera.- Dispositivo electrónico el cual permite la interconexión permanente o temporal (dependiendo de su configuración) entre otros dispositivos.

Side-chain.- Punto de inserción de un dispositivo para poder gatillar señales de audio.

Subwoofer.- Parlante diseñado para reforzar la reproducción de bajas frecuencias de un sistema. Usualmente bajo los 80 [Hz].

3.4. OTROS

Coloración del sonido.- Resalte indeseado de una o varias frecuencias de un sonido, producido por las resonancias propias de la sala (modos normales de vibración).

Decibelio (dB).- Representa la décima parte del Bel, el cual es el logaritmo en base 10 de 2 potencias. Es una unidad de medida logarítmica que relaciona una medida con otra de referencia

Efecto Haas.- Conocido como efecto de precedencia o de prioridad. Efecto psicoacústico que se da cuando 2 sonidos con una separación no mayor a 50 [ms] llegan al oído, y el cerebro los interpreta como uno solo ubicando la fuente en la dirección del primer sonido recibido.

Enmascaramiento.- Efecto psicoacústico que hace que el oído no perciba un sonido determinado en presencia de otro sonido con un nivel mucho mayor que el del primero.

Espectro Frecuencial.- Es un gráfico donde se pueden apreciar las componentes de frecuencia que forman un sonido y el NPS que cada componente posee.

Frecuencia de Onda Sonora.- Medida que cuantifica el número de repeticiones que una onda sonora alcanza en un segundo, su unidad de medida es el Hertz (Hz).

Inteligibilidad.- Descriptor que indica la claridad con la que un sonido dado es percibido por el oyente, ya sea éste hablado o de carácter musical.

Leq.- Nivel continuo equivalente de nivel de presión sonora donde el nivel de un sonido estable en un período establecido y un una locación determinada

tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

Longitud de onda.- Es la distancia que recorre una onda entre dos máximos consecutivos de igual pendiente. En un movimiento sinusoidal equivale al espacio recorrido entre 2 crestas consecutivas de la misma onda. Es representada mediante la letra griega λ (Lambda). Es inversamente proporcional a la frecuencia

Low end.- Parte del espectro frecuencial el cual energéticamente constituye la base de una canción. Considera siempre frecuencias bajas y es importante lograr un equilibrio energético de éstas para una buena distribución del resto.

Nivel de Presión Sonora.- El Nivel de Presión Sonora o NPS cuantifica la intensidad de un sonido producido por una presión sonora instantánea, va desde los 0 [dB] (umbral de audición) y 140 [dB] (umbral del dolor). Su escala es logarítmica y toma como unidad de referencia 20 [μ Pa].

Octava.- Nombre que se le da al intervalo entre una frecuencia determinada, y el doble de la misma.

Ponderación A.- Curva de respuesta que emula el comportamiento del oído humano para todas las frecuencias que conforman el rango auditivo. Cuando una medición se realiza utilizando esta curva los valores obtenidos se expresan en dBA.

Ruido de Fondo.- Ruido presente en un recinto cuando no se desarrolla ninguna actividad en él. Puede ser producido por varios elementos como sistemas de ventilación, sistemas de iluminación, tráfico terrestre, aéreo y/o marítimo, maquinaria, aspectos climáticos, etc.

Sonómetro.- Dispositivo que se utiliza para medir niveles de presión sonora en el espectro de frecuencia.

Sala de Control.- Es el cuarto de un estudio de grabación en donde se encuentran los equipos de grabación y procesamiento de las señales de audio. Aquí se realizan los procesos de monitoreo, edición, mezcla y masterización de audio.

Sala de Músicos.- Sala del estudio de grabación en donde los músicos interpretan mediante sus instrumentos las composiciones musicales a ser grabadas en la Sala de Control.

4. CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE UN ESTUDIO DE GRABACIÓN CON SALA DE CONTROL LEDE

El objetivo principal al diseñar un estudio de grabación es que provea confort acústico para los usuarios, para lograr esto una sala debe tener:

- Respuesta de frecuencia lo más plana posible.
- Buen grado de difusión acústica.
- Buena inteligibilidad de la palabra y de la música.
- Un nivel de ruido de fondo lo suficientemente bajo dependiendo del tipo de sala.

Existen varios aspectos que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un estudio de grabación (o cualquier edificación en la cual la acústica sea muy importante) para poder cumplir con las características antes mencionadas, los cuales serán expuestos a continuación:

4.1. Ubicación del Recinto

Al momento de decidir dónde se va a construir el recinto se debe escoger el lugar más silencioso posible con el fin de evitar una gran inversión y pérdida de espacio en la etapa de aislamiento del mismo, esto se logra evaluando el ruido de fondo del área, que puede ser producido por tráfico aéreo, marítimo o terrestre, la cercanía a zonas industriales o comerciales, factores climáticos, etc., que puedan afectar o causar problemas de ruido.

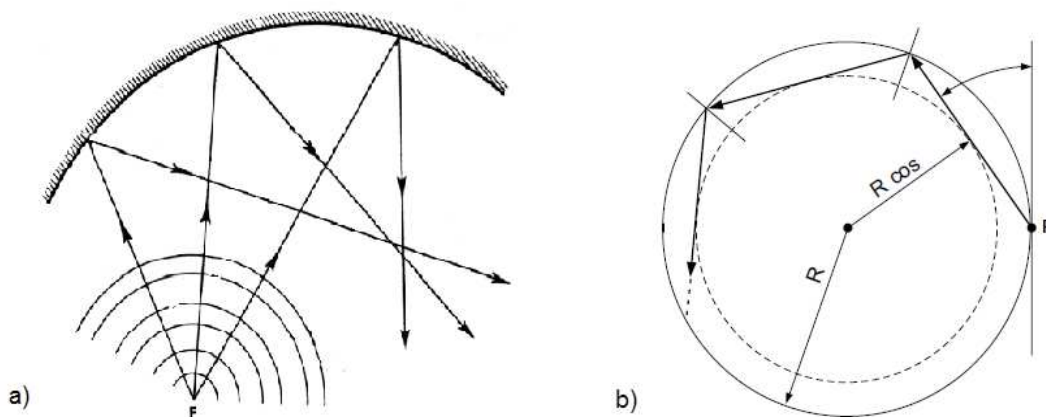
Idealmente el mejor lugar para construir un estudio de grabación sería en el campo, lejos de la ciudad, pero otro de los factores importantes para decidir la ubicación del recinto es la accesibilidad. Un estudio ubicado muy lejos de la ciudad no es rentable porque no es de fácil acceso para los músicos en

particular, que además deben transportar instrumentos y equipos para la grabación.

4.2. Forma de la sala

Una sala puede tener muchas formas mediante la inclinación de techos y paredes, utilización de superficies cóncavas o convexas, etc. Pero no todas pueden ser convenientes para obtener un buen grado de difusión acústica dentro del recinto, como por ejemplo las salas con formas cóncavas (semicirculares) o circulares que tienden a focalizar la energía sonora en una sola región; si la sala tiene geometría de planta circular y la fuente se ubica cerca de la pared también suele darse el fenómeno conocido como “galería de los susurros”.

Figura 4.1: Reflexiones a) en superficie cóncava y b) en superficie circular.



Fuente: Sommerhoff, 2005, pág. 21. ^[7] Carrión, 1998, pág. 241. ^[3]

Algunos autores recomiendan que la forma de la sala sea lo más irregular posible, con el fin de evitar que se produzcan ondas estacionarias y ecos flotantes, como se dan en el caso de cuartos rectangulares y cuartos poligonales de número de lados par debido a que sus superficies están paralelas unas con otras. Pero una sala con forma irregular no elimina los problemas de coloraciones causadas por modos normales, solo desplaza las frecuencias en las que estos se producen con respecto a los cuartos

rectangulares del mismo volumen. Este es un gran aspecto en contra debido a que el cálculo y predicción de problemas de modos normales de vibración para salas con forma irregular es mucho más difícil que el cálculo y predicción de problemas para salas rectangulares en la etapa de diseño.

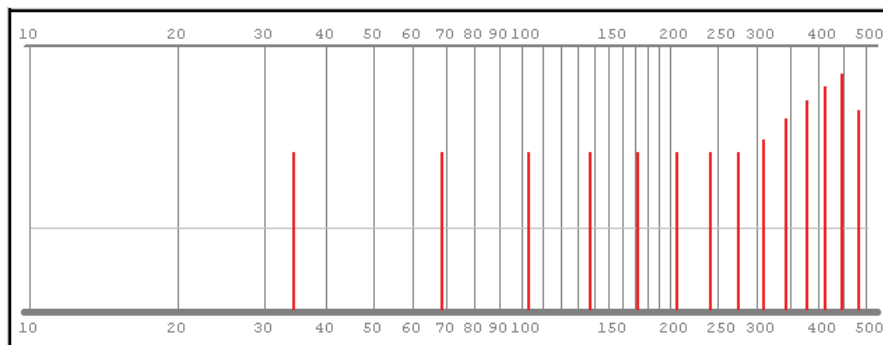
Diseñar salas de forma irregular tiene sus pros y contras, al igual que diseñar salas con forma regular, la elección dependerá del criterio del ingeniero acústico.

4.3. Dimensiones de la sala

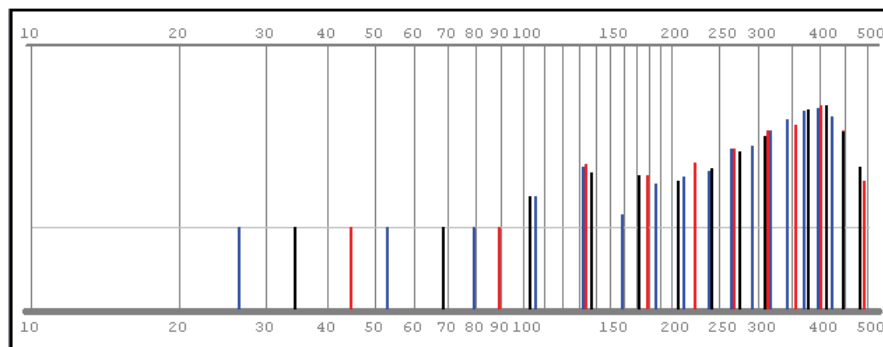
Con el fin de obtener una buena respuesta de frecuencia y un buen grado de difusión del sonido dentro de una sala, las dimensiones escogidas para esta deben brindar una buena distribución de sus modos normales de vibración para la zona de bajas frecuencias, que es la zona que en habitaciones con un volumen pequeño presenta más problemas de coloración del sonido debido a la falta de modos normales y la mala distribución de ellos.

Según el autor Alton Everest^[1] el volumen mínimo que una sala debe tener para no presentar problemas significativos de modos normales de vibración es de 42,5 [m³]. Aun así, superar este volumen no garantiza una sala con una buena respuesta de frecuencia, ésta además depende en gran parte de la relación entre sus dimensiones; por ejemplo, diseñar una sala perfectamente cúbica (1: 1: 1) hace que los modos axiales, tangenciales y oblicuos de la habitación coincidan para las tres dimensiones provocando una fuerte coloración del sonido para las frecuencias en las que los modos de la sala recaen, dando como resultado una respuesta de frecuencia muy pobre debido a los grandes espacios entre las resonancias propias de la sala y los grandes picos resultantes en éstas.

Figura 4.2: Comparación de Modos Normales entre una sala cúbica y una rectangular con el mismo volumen.



a) Sala cúbica de 5m por lado (1 : 1 : 1)



b) Sala rectangular de 6.5m x 5m x 3.85m (1 : 1.30 : 1.69)

Fuente: Software Modecal.

En la Figura 4.2 se puede apreciar el ejemplo citado anteriormente, la distribución modal de la sala cúbica es muy espaciada debido a que los modos normales de las tres dimensiones se superponen en las mismas frecuencias. A pesar de que las dos salas de la Figura 4.2 tienen el mismo volumen de 125 [m³], a simple vista se puede determinar cuál es la que tiene mejor distribución de los modos normales de vibración.

Una forma de asegurar la buena distribución de los modos normales de vibración cuando se diseñan salas con forma rectangular es basarse en el gráfico de Bolt al momento de escoger las dimensiones de la sala.

Existen varias teorías como las de *Golden Ratio* y *Acoustic Ratio*, además de algunos estudios realizados por varios autores, que se pueden utilizar en conjunto con el criterio propuesto por Bolt.

En la siguiente tabla se pueden observar las relaciones entre las proporciones de la sala más recomendadas para una buena distribución de los modos normales de vibración en la zona de bajas frecuencias.

Tabla 4.1 : Proporciones más recomendadas para obtener una buena distribución modal en cuartos rectangulares^[1]

Autor	Altura	Ancho	Largo	Criterio de Bolt?
Sepmeyer	1,00	1,14	1,39	NO CUMPLE
	1,00	1,28	1,54	SI CUMPLE
	1,00	1,60	2,33	SI CUMPLE
Louden	1,00	1,40	1,90	SI CUMPLE
	1,00	1,30	1,90	NO CUMPLE
	1,00	1,50	2,50	SI CUMPLE
Volkman (2 : 3 : 5)	1,00	1,50	2,50	SI CUMPLE
Boner	1,00	1,26	1,59	SI CUMPLE
Golden Ratio (0,618 : 1 : 1,618)	1,00	1,62	2,62	NO CUMPLE
Acoustic Ratio (0,78 : 1 : 1,23)	1,00	1,28	1,57	SI CUMPLE

Sommerhoff^[7] recomienda que la dimensión más pequeña de la sala (que por lo general es la altura) sea mayor a 2,40 [m] para asegurar un ITI óptimo.

4.4. Aislamiento

El aislamiento requerido en el diseño de un estudio de grabación profesional dependerá en gran parte del ruido de fondo del lugar en donde este se vaya a

construir. Desde el punto de vista técnico es mucho más importante controlar el ruido que incide desde el exterior al interior de las salas de control y de músicos, que controlar el ruido que se produce en el interior de estas e incide en los exteriores del recinto. Pero, si el estudio se encuentra en una zona donde el ruido emitido por fuentes fijas y móviles es regulado mediante normas (en la ciudad), el diseño del aislamiento acústico también debe cumplir con los parámetros establecidos por la ley.

Idealmente, mientras más aislado acústicamente esté un recinto es mejor, pero esto implica una gran inversión y una gran pérdida de espacio por lo que casi nunca se puede diseñar un aislamiento perfecto. Por esta razón es necesario basarse en ciertos parámetros establecidos para cumplir con las exigencias que el tipo de recinto requiere, optimizando los gastos y la ocupación del espacio. Uno de los criterios a usar son las curvas NC (*noise criteria*), que indican el nivel de ruido de fondo para cada frecuencia que una sala debe tener según su uso.

Tabla 4.2: Curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos^[3]

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA
Estudios de Grabación	15
Salas de conciertos y teatros	15-25
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30
Salas de conferencias / Aulas	20-30
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40
Restaurantes	35-40
Salas de ordenadores	35-45
Cafeterías	40-45
Polideportivos	40-50
Talleres (maquinaria ligera)	45-55
Talleres (maquinaria pesada)	50-65

Como se aprecia en la Tabla 4.2, para un estudio de grabación se recomienda que el ruido de fondo dentro del recinto sea el correspondiente a la curva NC-15, esto quiere decir que el NPS del ruido de fondo por banda de octava debe ser igual o menor a:

Tabla 4.3: NPS por banda de octava correspondiente a la curva NC-15

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS NC-15 (dB)	47	36	29	22	17	14	12

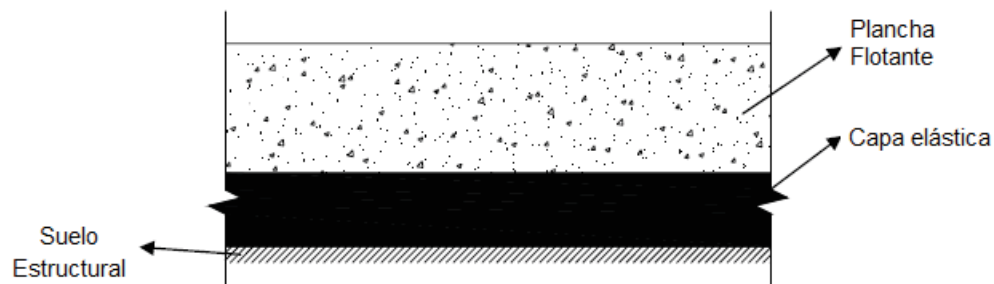
Mediante los valores de la Tabla 4.3 se puede determinar el TL mínimo por banda de octava que las paredes y techos diseñados deben poseer, restando los niveles de la tabla de los niveles de ruido de fondo medidos en la zona del recinto.

4.4.1. Diseño de estudios flotantes.- Generalmente al construir un recinto se le da mucha importancia al aislamiento de ruido aéreo, pero si en el diseño no se toma en cuenta también la transmisión estructural, aspecto tan importante como la transmisión aérea, los problemas posteriores en su mayoría no podrán ser tratados.

Para hacer un estudio “flotante” el criterio general es el de desacoplar mecánicamente o separar las superficies de este mediante materiales lo suficientemente elásticos (para el piso, paredes, puertas y ventanas) o suspensiones mecánicas (para el techo) que amortigüen considerablemente la vibración estructural con el fin de que esta no se propague de superficie en superficie y por ende de habitación en habitación.

Los materiales más utilizados son: caucho, corcho, lana mineral, y resortes.

Figura 4.3: Representación simple de un piso flotante



Fuente: Hornig, 2001, pág. 12. ^[8]

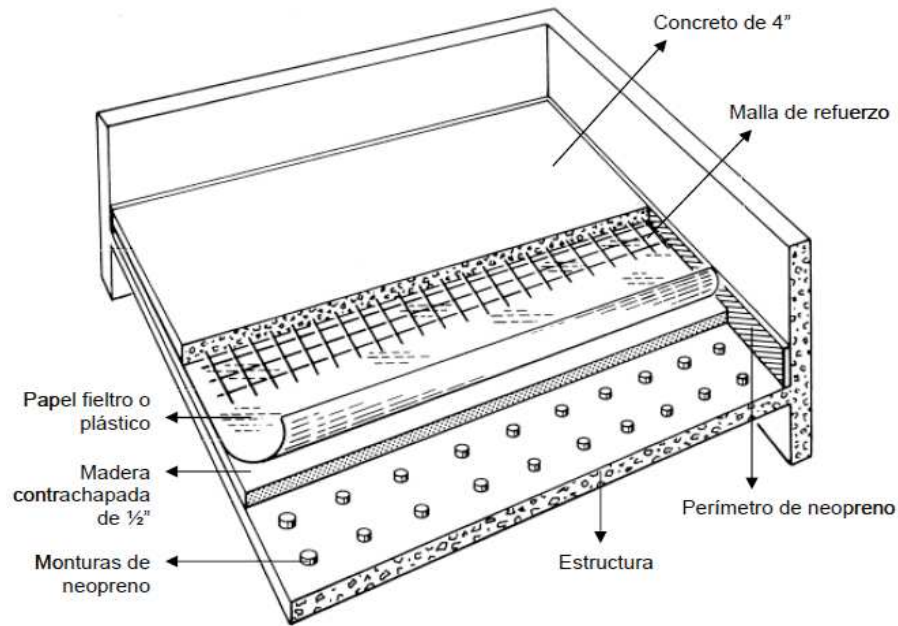
Aunque el diseño en realidad es más complejo que el que se aprecia en la Figura 4.3, mediante esta se puede entender fácilmente el concepto de un piso flotante.

La capa elástica puede cubrir toda el área del piso, caso que se da al usar lana mineral (frecuentemente de 25 [mm] de espesor al no estar comprimida), o puede ocupar solo una parte de él, como cuando se usan varias monturas de caucho distribuidas uniformemente en toda el área.

Debido a que se puede generar humedad en el concreto, se debe proteger la capa elástica mediante láminas de plástico o papel fieltro que impidan el paso de humedad y evitar el daño del material.

La separación entre el piso y las paredes se logra cubriendo el perímetro con tiras de caucho, criterio que se usa también para desacoplar las puertas y ventanas de las paredes.

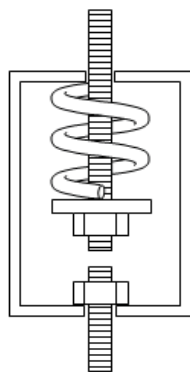
Figura 4.4: Ejemplo de piso flotante utilizando monturas aislantes.



Fuente: Hornig, 2001, pág. 13. [8]

Para aislar estructuralmente el techo de un recinto se suelen utilizar suspensiones mecánicas con resortes para suspender el cielo falso en el techo estructural evitando transmisión por medio de vibraciones. La cámara de aire que queda entre el cielo falso y el techo estructural suele rellenarse de material absorbente, como lana de vidrio.

Figura 4.5: Suspensión elástica para cielo falso.



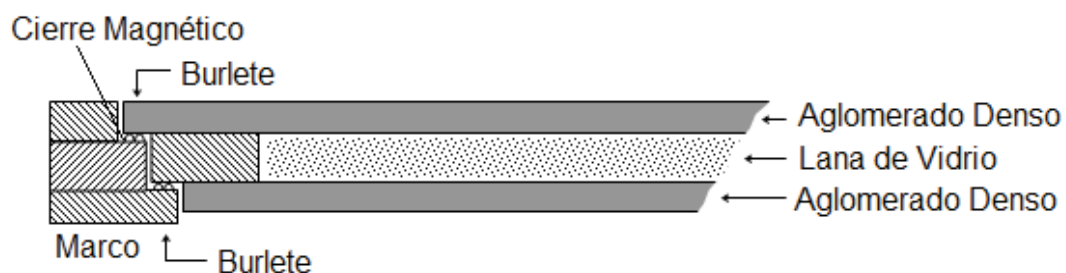
Fuente: Miyara, 2000, cap. 7 pág. 64. [4]

4.4.2. Diseño de paredes.- Generalmente en un estudio de grabación, debido a la alta exigencia en el nivel máximo de ruido de fondo y la falta de espacio, las paredes suelen diseñarse dobles para crear un sistema masa-resorte-masa que aumenta notablemente el TL y STC con respecto a una partición simple del mismo espesor que se rige por la ley de la masa. La elección de los materiales y espesor de cada partición, al igual que el espesor de la cámara de aire y si ésta va o no va rellena de material absorbente depende del aislamiento requerido para la sala. Es muy importante que no exista un “puente acústico” entre las paredes que conforman la partición doble con el fin de evitar la transmisión estructural.

4.4.3. Diseño de puertas.- Al igual que con las paredes, el criterio a seguir es el de diseñar puertas macizas dobles con material absorbente dentro de la cámara de aire. Idealmente se querrían puertas con dimensiones pequeñas para minimizar el nivel de transmisión sonora puesto que las puertas aíslan menos que las paredes, pero hay que considerar que por ellas deben caber equipos e instrumentos musicales de gran tamaño. Otra limitante es el peso, debido a que estas están sujetas a un sistema mecánico que debe soportarlas para que puedan abrirse y cerrarse con facilidad.

Para evitar “fugas” los marcos y filos de las puertas acústicas suelen tener forma escalonada e inclusive burletes magnéticos (como una puerta de refrigeradora) que aseguran un cierre “hermético” y minimizan la transmisión aérea.

Figura 4.6: Vista superior de una puerta acústica.



Fuente: Miyara, 2000, cap. 7 pág. 53. ^[4]

Normalmente en los estudios de grabación el marco de la puerta es completo, esto quiere decir que también hay marco en el piso con el fin de minimizar filtraciones. Un aspecto negativo de este criterio es la posibilidad de tropezones en el caso de una emergencia, aun así es aceptable debido a que el número de personas dentro de un estudio es reducido.

4.4.4. Diseño de ventanas.- Ya que las ventanas son las que menos aportan al aislamiento de un recinto, en un estudio de grabación se trata de minimizar el uso de ellas al momento del diseño y se compensa la falta de luz mediante un buen sistema eléctrico de iluminación. Cuando el diseño de una ventana es indispensable, como es el caso del visor acústico (conocido comúnmente como pecera) que sirve para la comunicación visual entre la sala de control y la sala de músicos, se suele recurrir al diseño de ventanas dobles e inclusive triples, preferentemente con vidrios laminados gruesos de diferentes espesores para evitar un efecto de coincidencia pronunciado, utilizando si es posible gas argón para rellenar la cámara. Todo esto para obtener un mayor STC en la partición.

En los casos de puertas y paredes la cámara de aire se suele rellenar de material absorbente con el fin de evitar que se produzcan ondas estacionarias (resonancias) dentro de la cámara que reduzcan el aislamiento para tales frecuencias. Por obvias razones, en las ventanas no se puede hacer esto pero se coloca una capa gruesa de material absorbente en los bordes laterales y se inclina uno de los vidrios de la ventana doble para evitar el paralelismo que produce las ondas estacionarias. La inclinación del vidrio hace que las ondas que se generan en la cámara se reflejen hasta alcanzar los bordes donde se encuentra el material absorbente y parte de esta energía se disipa^[4].

Para evitar que los vidrios se empañen desde el interior debido a la diferencia de temperaturas entre las salas se colocan bolsas de silica gel que es un poderoso deshumectante.

4.5. Acondicionamiento

Mientras que el aislamiento influye en el nivel de ruido de fondo del recinto, el acondicionamiento influye en los otros tres puntos mencionados anteriormente para obtener confort acústico (respuesta de frecuencia de la sala, grado de difusión acústica e inteligibilidad). Mediante criterios de acondicionamiento se pueden mejorar notablemente las condiciones acústicas de una sala para así satisfacer las necesidades del usuario.

Los criterios para acondicionar una sala de control son muy diferentes a los criterios usados al acondicionar la sala de músicos, por esto se analizarán de manera independiente.

Un criterio que ambas salas tienen en común es el de corregir picos en la curva de respuesta de frecuencia causados por la superposición o gran cercanía de modos normales en una o varias frecuencias determinadas, lo que se logra normalmente mediante el uso de resonadores de Helmholtz diseñados específicamente para las frecuencias problemáticas.

4.5.1. Acondicionamiento de la Sala de Control.- Es muy importante que esta sala se encuentre bien diseñada, debido a que en ella el ingeniero debe evaluar críticamente el sonido proveniente de la sala de músicos a través de los monitores de audio, sin que hayan otros factores que afecten su percepción y puedan influir a que realice una mala mezcla de audio. Si existe una fuerte coloración del sonido grabado en ciertas frecuencias para las que la sala de control tiene varios modos normales de vibración, el ingeniero tratará de atenuar de manera exagerada el nivel de estas frecuencias en la mezcla de audio, pero cuando esa mezcla se escuche en una sala que no tenga problemas serios de modos normales dichas frecuencias se escucharán con poco nivel con respecto a las demás debido a la mala percepción del ingeniero en el proceso de mezcla y masterización. Otro de los problemas frecuentes se da cuando en la sala existen cancelaciones para ciertas frecuencias causadas

por el efecto de filtro peine, el ingeniero, al no percibir dichas frecuencias tratará de compensarlas en la mezcla o inclusive en el proceso de grabación mediante una ecualización abrupta, sin saber que el problema es causado por la sala.

Idealmente se desea que el comportamiento de la salas de control sea siempre el mismo, con el fin de que el sonido grabado se perciba de igual manera sin importar la sala de control en el que se reproduzca, esto se da cuando el proceso de producción de un álbum no se realiza en un solo estudio de grabación, sino que se recurre a varios estudios dependiendo de la etapa de producción (grabación, edición, mezcla, masterización).

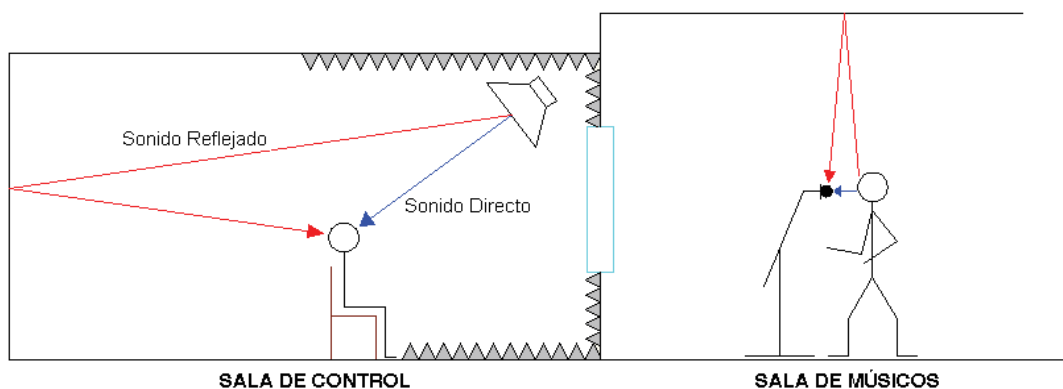
A pesar de que existen varios criterios de diseño planteados por algunos autores, el más utilizado hoy en día es el criterio LEDE (Live End-Dead End) propuesto por Don Davis en 1981; la mayoría de propuestas posteriores a este año son basadas en este criterio, pero cumpliéndolo en la práctica de formas diferentes.

4.5.1.1. Criterio LEDE.- Un diseño LEDE se logra cubriendo las superficies de la mitad frontal de la sala con material absorbente (Dead End) y haciendo que la mitad posterior sea reflectante y difusa (Live End). En la práctica puede resultar “fácil” el diseño de esta sala de control, pero la complejidad se encuentra en la justificación teórica y psicoacústica de este criterio.

La mitad absorbente de la sala evita que en el *sweet spot* se reciban reflexiones tempranas provenientes de las superficies cercanas a los monitores de audio (paredes, techo, piso) con el fin de que no se produzcan fuentes fantasmas que cambien la percepción del ingeniero. De esta manera, la persona ubicada en el *sweet spot* de la sala identificará a los monitores de audio como las únicas fuentes emisoras de sonido. La absorción también evita que se generen cancelaciones de onda destructivas causadas por el efecto de filtro peine que se suele dar en las superficies próximas a las fuentes.

Debido a que en la mayoría de estudios de grabación el volumen de la sala de músicos es mayor al de la sala de control, el ITI (intervalo temporal inicial) de la sala de control enmascara al ITI de la sala de músicos captado por el ingeniero a través de los altavoces, lo que es contraproducente al tratar de evaluar el sonido grabado. El objetivo principal de este criterio es hacer que el ingeniero perciba el ITI de la sala de músicos primero que el ITI de la sala de control, y para que esto se cumpla, la distancia que debe haber entre la superficie donde se da la primera reflexión útil y el *sweet spot* en la sala de control tiene que ser mayor a la distancia que existe entre el micrófono y la superficie en donde se da la primera reflexión útil en la sala de músicos (generalmente el techo o el piso). Ya que ninguna de las reflexiones de la mitad absorbente de la sala se considera útil, el ITI en la sala de control estará determinado por la primera reflexión proveniente de la pared trasera.

Figura 4.7: Sonido Directo y Sonido Reflejado en las salas de control y músicos.

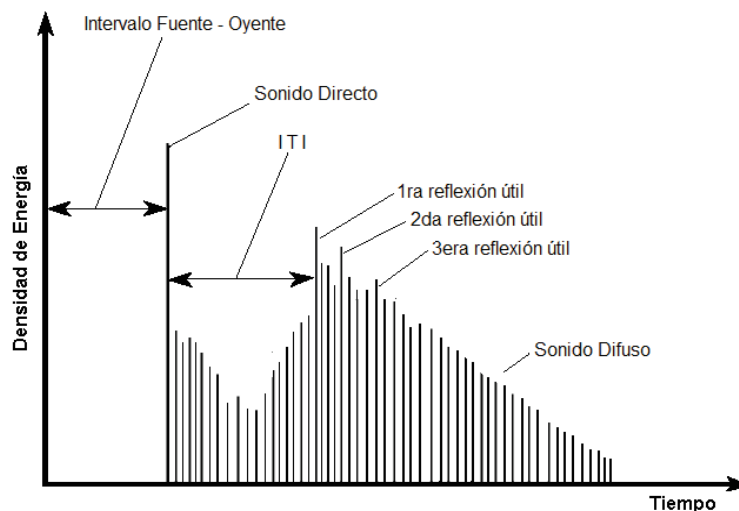


Fuente: Autores.

En la pared posterior de la sala se suele colocar un difusor cuya función principal es la de homogenizar el campo reverberante de la sala (emparejar los niveles de todas las reflexiones) para permitir mejores condiciones de monitoreo en el *sweet spot*; si no existiera el difusor, el ingeniero recibiría ciertas reflexiones con altos niveles de presión que afectarían su juicio al momento de evaluar el sonido grabado. Los múltiples efectos de filtro peine que se producen en la parte trasera de la sala por el difusor no representan

problemas al llegar al oyente, de hecho, la forma en la que el sistema auditivo humano procesa este denso campo de filtros peine hace que estos creen un ambiente placentero para la persona.

Figura 4.8: Comportamiento ideal de una Sala de Control LEDE.

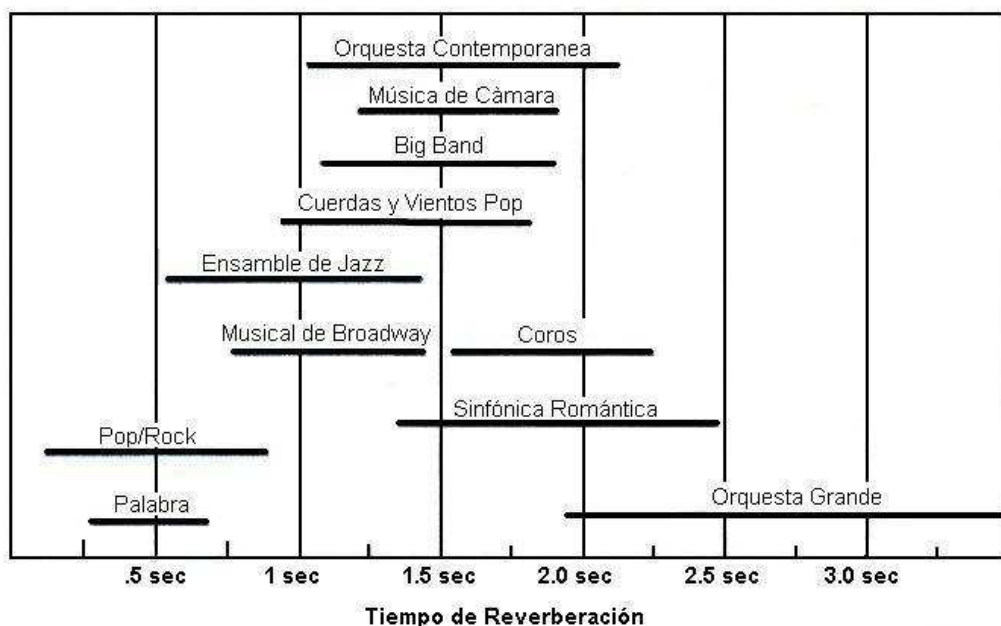


Fuente: Autores.

Ya que las reflexiones provenientes de la parte trasera de la sala llegan al oyente en la zona donde se da el efecto Haas, no son percibidas como ecos, sino que son integradas al sonido directo por el oído, haciendo que el sonido proveniente de los altavoces sea aparentemente más fuerte.

4.5.2. Acondicionamiento de la Sala de Músicos.- El tratamiento que se le da a una sala de músicos depende básicamente del tipo de música que se vaya a grabar en ella. Por ejemplo: para la música clásica o romántica normalmente se desea una sala viva (reverberante), en cambio para la música rock y pop normalmente se quiere una sala seca (absorbente).

Figura 4.9: Intervalos del T60 recomendable con respecto al tipo de música.

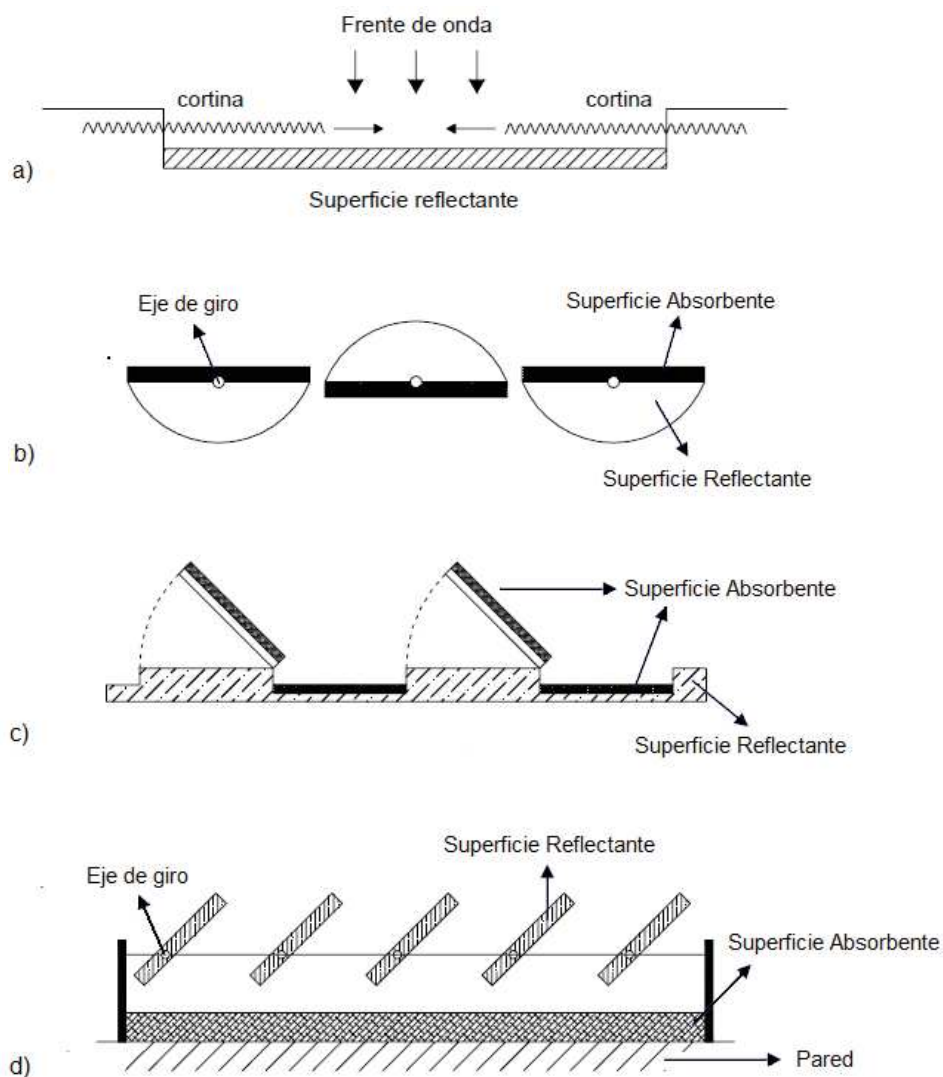


Fuente: Autores.

A pesar de que existen estudios especializados para cierto tipo de música, generalmente la tendencia al diseñar una sala de músicos es la de hacer que esta sea lo más versátil posible (a diferencia de una sala de control) considerando también las limitaciones propias de cada lugar; como por ejemplo el volumen del recinto, una sala de músicos muy pequeña no servirá para grabar a una orquesta; de la misma forma que una sala muy grande o con un alto grado de reverberación no será apta para grabar la palabra hablada.

Para lograr versatilidad en la sala de músicos, se utilizan métodos de acústica variable, que consiste en alterar fácilmente las condiciones acústicas de la sala a conveniencia del usuario con el uso de paneles móviles, elementos rotatorios, etc. De esta manera se puede lograr que una misma sala sea muy absorbente, o muy reverberante, o tenga distintas condiciones dependiendo del punto donde se ubique la fuente y el micrófono.

Figura 4.10: a) cortinas, b) elementos rotatorios, c) paneles giratorios, d) elementos tipo persiana.



Fuente: Hornig, 2001, pág. 15, 17, 18. ^[8]

Mediante la combinación de estos elementos se pueden lograr un sin número de condiciones acústicas dentro de una sala, su uso dependerá del criterio del ingeniero de grabación.

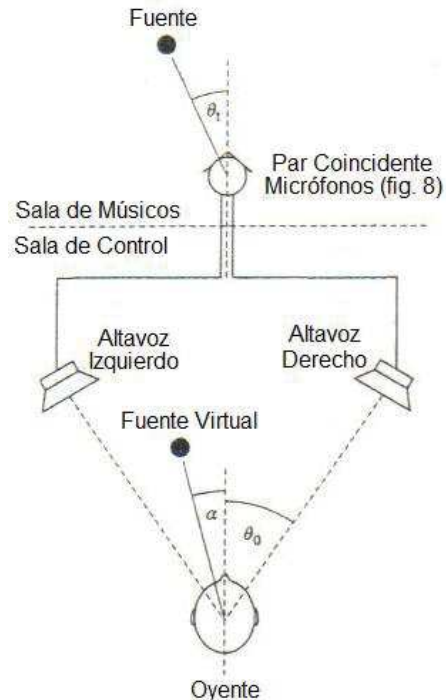
Ciertos estudios suelen tener cabinas pequeñas fuera de la sala de músicos para poder grabar la palabra, pero con la utilización de paneles móviles en la sala de músicos se pueden lograr buenos resultados sin tener que diseñar una cabina especializada para grabar la voz.

Para tener un buen grado de difusión acústica dentro de la sala de músicos se recomienda distribuir el material absorbente uniformemente en toda la sala y no amontonarlo en un solo sector de la misma.

4.6. Cadena Electroacústica

Lo más importante al captar una fuente sonora es la habilidad para poder grabarla de tal forma que se no se pierda esa percepción estéreo que el ser humano tiene gracias a su fisonomía. Un criterio de partida muy válido para lograr este objetivo es comenzar por el tipo de microfonomía más óptimo para una grabación determinada dependiendo de las circunstancias. El tipo de micrófono, el espacio en el que se va a grabar, el instrumento, el instrumentista, el ruteo de la señal y por último la conversión análoga/digital del audio son determinantes para reproducir algo de la manera deseada.

Figura 4.11: Imagen Estéreo de una grabación.



Fuente: Rumsey, 2003, pág. 55. ^[6]

Para el diseño de una cadena electroacústica de grabación de audio en un estudio profesional es necesario tomar en cuenta varios factores, como las condiciones estructurales del estudio, el tamaño, las prestaciones laborales que se necesitarán, y por último el factor económico, todo esto para poder implementar la cadena de la mejor manera posible.

Es un buen criterio de partida conocer cuántos canales de grabación se requerirán en la implementación para poder, a partir de esto, diseñar el resto de conexiones y dispositivos óptimos en cada punto de la cadena, sacando el mejor provecho de las circunstancias antes mencionadas.

4.6.1. Programas para la edición de audio y Plataforma de Trabajo.-Todas las empresas que desarrollan programas para la edición y grabación de audio profesional trabajan en conjunto con las empresas que desarrollan el equipamiento físico necesario para la grabación (interfaces de audio), así como las diferentes plataformas de trabajo, ya sean Mac o PC. Por esto es necesario saber con qué programas para la grabación y edición de audio se van a trabajar en el estudio para poder escoger el equipamiento físico de grabación más apropiado.

Un punto muy importante en la actualidad, es el de trabajar con la mejor calidad de audio digital, esto quiere decir que la “pérdida” en el proceso de conversión análoga/digital debe ser mínima, de la misma forma que para la conversión digital/análoga; por esta razón se debe escoger la mejor interfaz de audio posible.

4.6.2. Consola y Periféricos.- La consola es el centro de operaciones de la cadena electroacústica, casi todo el ruteo y manipulación de las señales de audio se realiza a través de esta, por lo que un estudio de grabación requiere una consola de muy buena calidad y excelentes prestaciones.

Una vez seleccionada la o las formas de trabajo en cuanto a *software* y plataforma se procede a escoger la consola de grabación de audio más apropiada, considerando varios aspectos que son indispensables en consolas para la grabación, los cuales las diferencian de aquellas que son usadas en refuerzo sonoro en vivo o radiodifusión debido a sus prestaciones.

Los periféricos, ya sean procesadores dinámicos o procesadores de efectos, son parte complementaria e indispensable para trabajar con una consola, así mismo estos procesadores deben tener las prestaciones necesarias para la grabación de audio profesional y obviar o prescindir de algunas necesarias para el refuerzo sonoro en vivo.

4.6.3. Patchera y Conexiones.- Para el diseño de conexiones en un estudio de grabación de audio profesional es indispensable planificar la cantidad de canales que se usarán, el ruteo de todos estos teniendo en cuenta posibles cambios en la práctica y el tipo de conexión. Es muy importante también diseñar las conexiones de tal manera que haya la menor manipulación posible, es decir, que se encuentren en un solo punto y no haya necesidad de maniobrar ni moverlas. Para simplificar el trabajo de conexión se utilizan patcheras de audio. Es muy importante que la mayoría (o todas, si fuera posible) de las conexiones de la cadena electroacústica sean balanceadas, para poder considerar “profesional” a una cadena electroacústica.

4.6.4. Microfonía y Etapa de Pre amplificación.- Existen muchos tipos de micrófonos y varios tipos de preamplificadores dependiendo de cual vaya a ser su uso y primordialmente qué es lo que, sonoramente, el ingeniero, músico o productor busquen. Mientras más versatilidad y opciones se tengan en cuanto a equipos mejor se podrá desempeñar el trabajo profesional en el estudio.

4.6.5. Monitoreo.- Hay que tomar en cuenta que mientras mejor sea el monitoreo tanto para el músico como para el ingeniero, las cosas fluirán de mejor manera para ambos, individualmente y en equipo. Se necesitará saber

cuál es el número máximo de personas que requerirán monitoreo en la sala de músicos y qué tipo de monitoreo está previsto en la sala de control, ya sea este de campo cercano, mediano o lejano, para adquirir equipos que satisfagan de la mejor manera las necesidades del estudio de grabación. Es muy importante saber que en la sala de control el diseño arquitectónico y de acondicionamiento va muy de la mano con el tipo de monitores que estén planeados ser implementados y su posicionamiento.

Normalmente, en la sala de control la señal de audio debe pasar por un ecualizador gráfico denominado “de sala” antes de llegar a los monitores principales. La curva de este ecualizador debe ser inversa a la curva de respuesta de frecuencia propia de la sala, con el fin de corregir sus deficiencias naturales y permitir que el ingeniero perciba la señal de audio proveniente de los monitores sin coloración alguna, es decir con respuesta plana.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE DISEÑO DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN

5. SITUACIÓN ACTUAL

El espacio que será utilizado como referencia para el diseño del estudio de grabación corresponde a la parte posterior de una residencia ubicada en el norte de la ciudad de Quito, sector Iñaquito, pasaje Fray Joaquín Auz E7-40 y la calle Ultimas Noticias; la cual según el mapa de uso de suelo de la ciudad se encuentra en una Zona Residencial Múltiple, que en la Ordenanza Metropolitana N°146^[10] basada en el *TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria)* debe regirse bajo los niveles de la siguiente tabla:

Tabla 5.1. Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo^[10]

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 6H00
Zona Equipamientos y Protección	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple	55	45
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2	65	55
Zona Industrial 3 y 4	70	60

Como se aprecia en la Tabla 5.1. el nivel máximo de ruido permisible para el horario de 6H00 a 20H00 es de 55 [dB(A)], y para el horario de 20H00 a 6H00 es de 45 [dB(A)].

Con el fin de cumplir con los estatutos y leyes del Distrito Metropolitano de Quito, el diseño planteado deberá respetar los niveles máximos de ruido permisibles para la Zona.

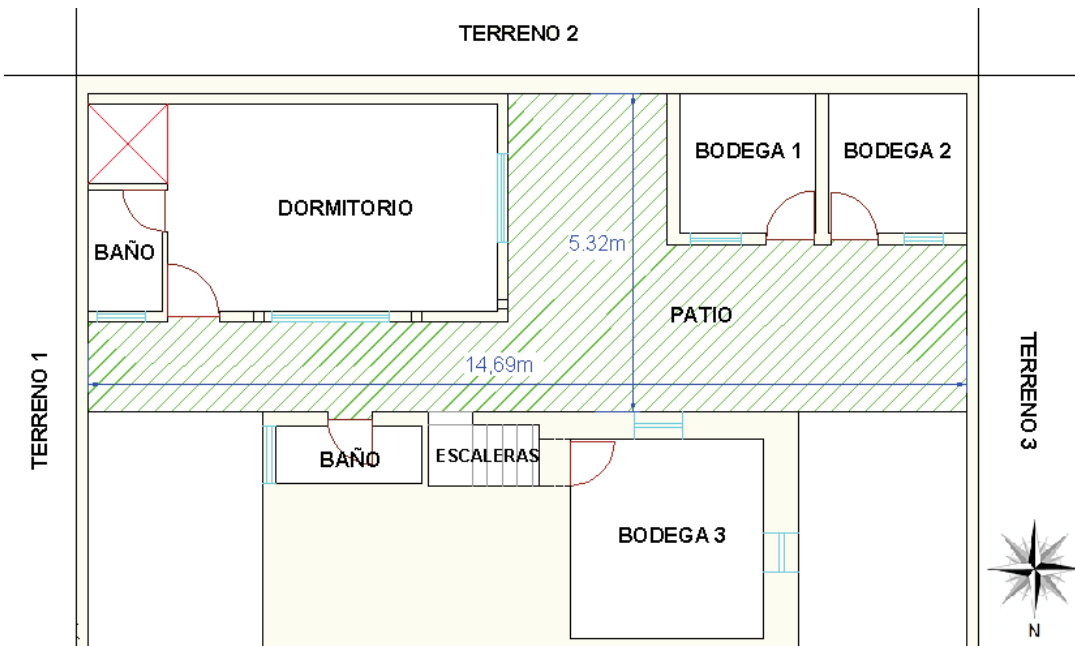
En los siguientes gráficos se presenta la ubicación y la situación actual del espacio en el cual se diseñará el estudio de grabación:

Figura 5.1: Ubicación del lugar donde se diseñará el estudio de grabación.



Fuente: Google Earth (modificado por autores).

Figura 5.2: Situación actual del espacio.



Fuente: Autores

La parte posterior de la residencia como se puede apreciar en la Figura 5.2 es de aproximadamente 78 [m²]; con un largo de 14,69 [m] y un ancho de 5,32 [m], área que se destinará para la Sala de Control y la Sala de Músicos del estudio de grabación.

Se cuenta además con un cuarto extra (bodega 3) ubicado en el subsuelo de la residencia y un baño completo.

La pared medianera al *terreno 1* está hecha de bloques de cemento con un espesor de 16 [cm], la pared medianera al *terreno 2* esta una compuesta por dos hileras de bloques de cemento con un espesor total de 32 [cm] y la pared medianera al *terreno 3* es de bloques de cemento de 20 [cm] de espesor.

El plano arquitectónico de la situación actual del recinto se encuentra en el Anexo A.

6. DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIONES DE LAS SALAS

Las dimensiones y disposición de las salas tanto de control como de músicos expuestas a continuación fueron analizadas minuciosamente basándose en varios aspectos como: la dimensión del espacio físico con el que se cuenta, el aprovechamiento de la situación actual del recinto, la facilidad de acceso a las dos salas, y las condiciones acústicas, siendo este último aspecto el más importante al momento de tomar las decisiones.

Se tomaron en cuenta tanto las condiciones acústicas internas (calidad sonora de las salas) como las condiciones acústicas externas (aislación que se requerirá para el óptimo funcionamiento de las salas).

6.1. Distribución

En el siguiente gráfico se muestra la disposición de las salas propuesta para el estudio de grabación:

Figura 6.1: Disposición de las salas que conforman el estudio de grabación.



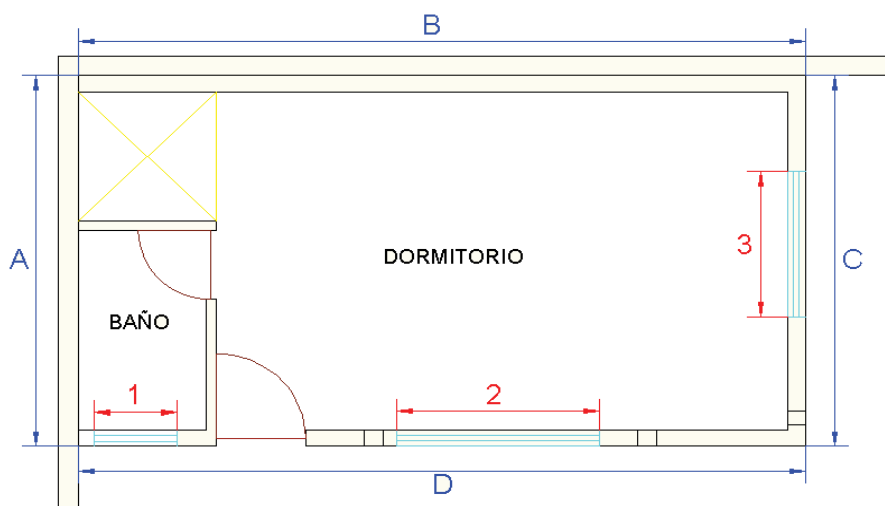
Fuente: Autores.

La que actualmente es la bodega 3 será destinada para almacenar equipos y también funcionará como una sala de descanso y entretenimiento para los invitados, músicos e ingenieros.

6.2. Dimensiones de la Sala de Control

La sala de control estará ubicada donde actualmente es el dormitorio del recinto con el fin de aprovechar algunas de las paredes y ventanas ya existentes en él.

Figura 6.2: Situación actual del lugar donde se diseñará la Sala de Control.



Fuente: Autores.

Se mantendrán las paredes A, B, C y la ventana 3 para el diseño de esta sala. La ventana 3 servirá para la comunicación visual entre la sala de músicos y la de control.

Debido a que la pared C se mantendrá fija solamente pueden variar el ancho y la altura de la sala, además, junto a ésta estará el pasillo que comunica a las tres salas y al baño como se puede apreciar en el Figura 6.1; este pasillo no debe ser muy angosto debido a que por él deben pasar equipos e instrumentos

musicales de gran tamaño, lo que es una limitante al momento de escoger el ancho de la sala de control.

Para la sala de control se probaron varias de las proporciones más recomendadas por la Tabla 4.1, pero debido a las limitaciones del espacio algunas de estas no pudieron ser aplicadas. La proporción escogida fue la propuesta por los autores Louden y Volkman^[1] (1,00: 1,50: 2,50); que adicionalmente cumple con el criterio de Bolt y es muy similar al *Golden Ratio*.

Figura 6.3: Proporciones de la Sala de Control en el gráfico de Bolt.

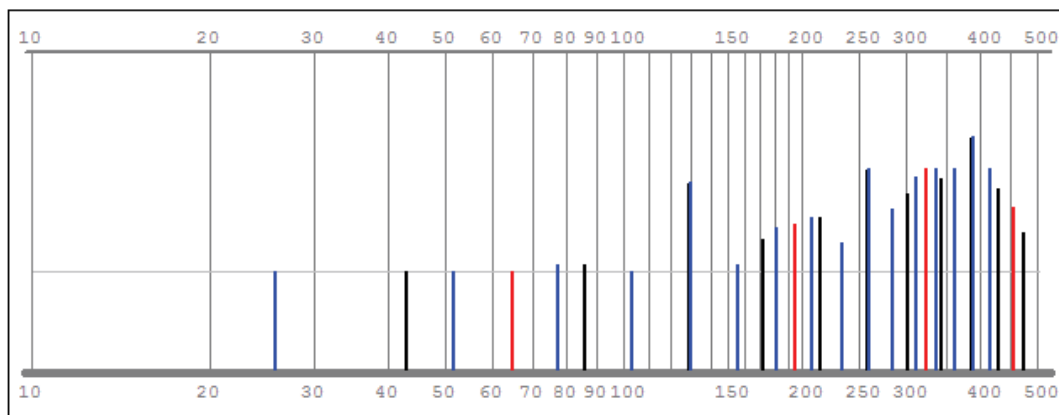


Fuente: Everest, 2001, pág. 276 (modificado por autores). ^[1]

Las dimensiones internas de la sala de control basadas en la relación entre proporciones de Louden y Volkman son las siguientes: 2,65 [m] de alto, 4 [m] de ancho y un largo de 6,65 [m] (1: 1,51: 2,51). La sala tiene un volumen de 70,5 [m³] superando el volumen mínimo de 42,5 [m³] recomendado por Alton Everest^[1].

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de los primeros modos axiales de la sala de control hasta la frecuencia de 500 [Hz].

Figura 6.4: Distribución de los primeros Modos Normales Axiales de la Sala de Control.



Fuente: *Software* Modecalc.

Como se aprecia en la Figura 6.5 la sala de control presenta una buena distribución modal en la zona de bajas frecuencias, tomando en cuenta que en el gráfico solamente están representados los modos axiales, los modos tangenciales y oblicuos se encontrarán entre los espacios que se aprecian en el gráfico haciendo que la curva de respuesta de frecuencia se vea más plana. Estos resultados cumplen además con el criterio de Bonello ya que se cumple una función continua y monótonamente creciente en la frecuencia. También se pueden apreciar grandes picos en la curva para las frecuencias aproximadas de 130 [Hz], 260 [Hz] y 390 [Hz]; esto se debe a que las tres dimensiones del recinto tienen un modo normal para esas frecuencias y por ende el nivel de presión sonora aumenta considerablemente debido a la superposición de estos causando coloración del sonido para esas frecuencias. Con el fin de mejorar la calidad sonora de la sala de control se deberán corregir estos picos aplicando criterios de acondicionamiento acústico (capítulo 8).

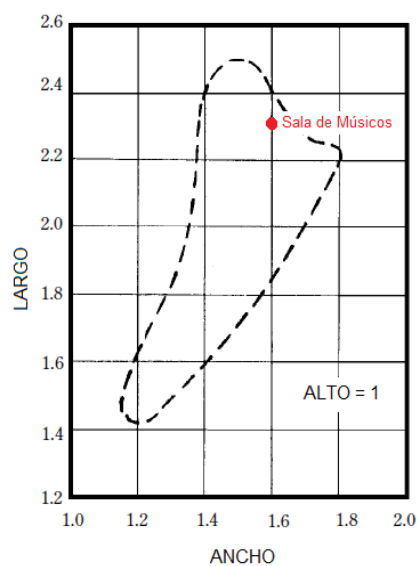
El cálculo de los modos normales de vibración de la sala de control se encuentra en el Anexo B.

6.3. Dimensiones de la Sala de Músicos

Se ubicará donde actualmente son las bodegas 1 y 2 y en gran parte del patio, para el diseño se conservarán solamente las paredes medianeras a los terrenos aledaños, y la pared que da hacia la bodega 3.

Al igual que con la sala de control, para la sala de músicos se probaron algunas de las proporciones recomendadas en la Tabla 4.1, y la que aprovecha mejor el espacio disponible es 1: 1,60: 2,33 propuesta por el autor Sepmeyer^[1]; proporción que cumple con el criterio de Bolt.

Figura 6.5: Representación de las proporciones de la Sala de Músicos en el gráfico de Bolt.

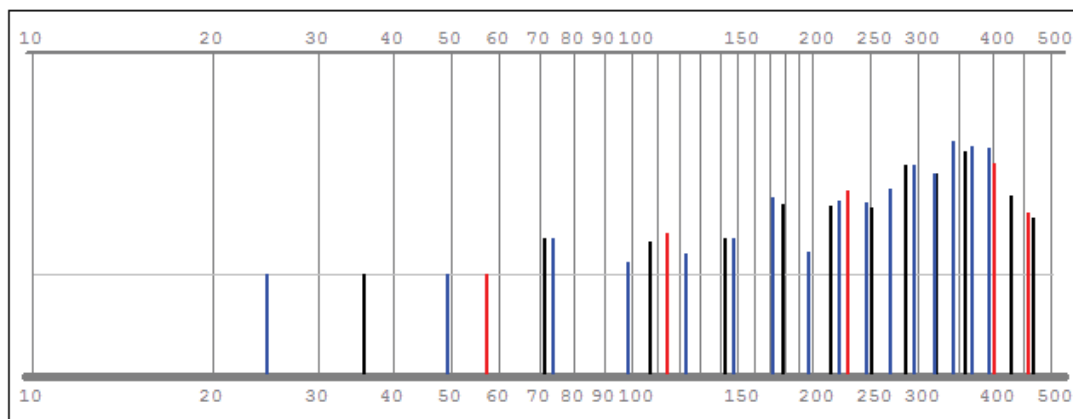


Fuente: Everest, 2001, pág. 276 (modificado por autores). ^[1]

Las dimensiones internas de la sala de músicos basadas en la relación entre proporciones de Sepmeyer son las siguientes: 3 [m] de alto, 4,80 [m] de ancho, y un largo de 7 [m] (1: 1,60: 2,33). La sala tiene un volumen de 101 [m³] superando ampliamente el volumen mínimo de 42,5 [m³] recomendado por Alton Everest.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de los primeros modos axiales de la sala de músicos hasta la frecuencia de 500 [Hz]:

Figura 6.6: Distribución de los primeros Modos Normales Axiales de la Sala de Músicos.



Fuente: *Software* Modecal.

La Figura 6.6 muestra la buena distribución modal que tendrá la sala de músicos, recordando que solamente están representados los modos axiales de la sala. Estos resultados cumplen además con el criterio de Bonello ya que se cumple una función continua y monótonamente creciente en la frecuencia.

Según Sommerhoff^[7] el volumen mínimo que una persona debe ocupar para una sala de un estudio de grabación es de 28,2 [m³], la sala de músicos diseñada podrá albergar de 3 a 4 músicos (con instrumento) como máximo, esto quiere decir una banda musical pequeña.

El cálculo de los modos normales de vibración de la sala de músicos se encuentra en el Anexo B.

7. AISLAMIENTO

Para diseñar el aislamiento que requiere el estudio de grabación se tomarán en cuenta dos criterios. El primer criterio evalúa el nivel de ruido proveniente de las fuentes externas al recinto que pueda afectar en el interior de él. El segundo criterio evalúa las fuentes de ruido internas que puedan afectar al ambiente externo.

7.1. Niveles de ruido

7.1.1. Niveles de ruido de fondo en el recinto.- Para obtener el ruido de fondo actual del recinto, se realizaron mediciones con un sonómetro tipo 2; calibrado a 94 [dB], en el exterior del dormitorio a un metro de la puerta de ingreso y a 1,20 [m] de altura desde el piso, durante un lapso de 10 minutos. Debido a que se trabajará con las curvas NC, las mediciones se realizaron utilizando la ponderación A *Slow*.

Las mediciones se realizaron un día jueves entre las 18H00 y 18H30, ya que este horario es considerado como “hora pico” y el nivel de ruido de fondo debería ser mayor que el nivel del resto de horas del día.

Los valores que se obtuvieron son los siguientes:

Tabla 7.1: NPS por banda de octava correspondiente al ruido de fondo del recinto.

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dBA]	68,65	62,71	56,84	52,09	47,88	41,4	38,89

7.1.2. Niveles de ruido emitidos desde el interior.- De igual forma que con el ruido de fondo, los valores que se usarán para el ruido proveniente del interior del recinto son para el peor de los casos, como el de una banda completa tocando. Debido al alto nivel de presión sonora ejercido en la música rock en vivo, se realizó una medición en un ensayo de una banda quiteña perteneciente a dicho género, que utiliza los instrumentos característicos de este tipo de música (batería, guitarras eléctricas, bajo eléctrico, voz). Los parámetros de medida fueron los mismos que se utilizaron al medir el ruido de fondo, variando solamente el recinto donde se realizó la medición.

Los valores obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 7.2.: NPS por banda de octava correspondiente al ruido producido por una banda de rock.

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dBA]	85	88.5	94	94	93	91	88

7.2. Determinación del aislamiento requerido

7.2.1 Aislamiento para ruidos externos.- Como se vio en el apartado 4.4, el nivel de ruido de fondo recomendable para el interior de las salas del estudio de grabación se rige por la curva NC-15. Restando los valores de la Tabla 4.3 de los de la Tabla 7.1 se pueden determinar los valores mínimos de TL que cada partición del estudio debe tener para cumplir con los valores de la curva NC-15.

Tabla 7.3: Obtención del TL por banda de octava requerido para cada partición para aislar ruido externo

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dBA]	68,65	62,71	56,84	52,09	47,88	41,4	38,89
NC-15 [dBA]	47	36	29	22	17	14	12
TL requerido	21,65	26,71	27,84	30,09	30,88	27,4	26,89

7.2.2. Aislamiento para ruidos internos.- Como se vio en el capítulo 5.1., la residencia donde se localizará el estudio de grabación se encuentra en una zona múltiple, y los niveles máximos permitidos son de 55 [dBA] en el día y 45 [dBA] en la noche, siendo este último el escogido para trabajar por ser el menor. Antoni Carrión indica que la curva NC-35 corresponde a un NPS equivalente al de 46 [dBA], y por esta razón se trabajará con esta curva como el máximo nivel de ruido interno que puede percibirse desde los exteriores del recinto. Restando los valores de la curva NC-35 de los valores de ruido emitidos por la banda de rock se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7.4.: TL por banda de octava requerido para cada partición para aislar ruido interno.

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dBA]	85	88.5	94	94	93	91	88
NC-35 [dBA]	60	52	45	40	36	34	33
TL requerido	25	36.5	49	54	57	57	55

7.2.3. Comparación de resultados.- Comparando las Tablas 7.3 y 7.4 se puede apreciar que los TL requeridos para aislar el ruido interno son mayores que los TL requeridos para aislar el ruido externo. Para diseñar el aislamiento del estudio se tomarán los resultados de la tabla 7.4 como los valores mínimos de aislamiento que las particiones deben tener, especialmente para la sala de músicos, que es el lugar donde se generarán estos altos NPS. A pesar de que en la sala de control también se pueden generar estos niveles, generalmente el

ruido producido es más bajo y se puede ser un poco más flexible (los niveles razonables para realizar una mezcla de audio varían de 75 a 85 [dB]).

Dado que el recinto se encuentra en una zona de la ciudad en donde hay paso de aviones que se dirigen al Aeropuerto Internacional Sucre de Quito, y el ruido que estos emiten, a pesar de no ser constante puede interferir en el proceso de grabación, se tratará de diseñar las particiones del estudio con el mayor aislamiento posible. Aplicando este criterio, en situaciones normales el nivel de ruido de fondo del estudio será menor al que indica la curva NC-15, lo que es mucho mejor.

7.3. Diseño de las particiones para el estudio de grabación

Debido a que los TL de una partición doble son muy complicados de predecir, y sólo se obtienen valores estimados que pueden diferir ampliamente de los valores reales por motivos de resonancia, efecto de coincidencia, posibles puentes acústicos, etc., se utilizó un programa de computación (*INSUL v6.3*) que, considerando las propiedades físicas de los materiales, la cámara a utilizar, tamaño de la partición, entre otros, simula de manera muy acertada los valores de TL por tercio de octava y entrega el valor STC de la partición.

Con el fin de aprovechar los muros existentes en el recinto, para el diseño de paredes se tomaron en cuenta los materiales con los que estos se encuentran elaborados.

Cabe también aclarar que ninguna partición doble tendrá conexiones rígidas entre los componentes de ella (ver apartado 7.4).

7.3.1. Partición que divide a la sala de control y la sala de músicos (visor).- Es muy importante que esta partición tenga un buen grado de aislamiento a pesar de que no da directamente al exterior, debido a que el ingeniero en la sala de control idealmente debe escuchar el sonido emitido en

la sala de músicos sólo mediante los monitores o altavoces y no mediante la transmisión aérea o estructural entre las salas, con el fin de evaluar críticamente la señal de audio que pasa por la cadena electroacústica, sin ningún otro factor que influya en su sonoridad y respuesta de frecuencia.

Debido a que la comunicación visual entre el músico y el ingeniero o productor es casi imprescindible, en esta pared se debe diseñar un visor acústico, lo que implica una baja considerable del STC de la partición mixta ya que el vidrio no es un buen aislante acústico.

7.3.1.1. Diseño de la pared.- Para lograr un buen grado de aislamiento, se diseñó un muro doble. La cara que da a la sala de control está compuesta por bloques huecos de cemento de 17 [cm] de espesor (ya existente), la cámara será de 28 [cm] de espesor, 2/3 de ella estarán rellenos de fibra de vidrio, y la cara que da a la sala de músicos será de ladrillos macizos de 15 [cm] de espesor. El espesor total de la pared será de 60 [cm] y tendrá un STC de 76.

Tabla 7.5: TL por banda de octava de la pared divisora de las salas.

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	73	79	77	92	108	122	133

7.3.1.2. Diseño del visor acústico.- Para permitir buena visibilidad desde el *sweet spot* en la sala de control hacia casi cualquier punto de la sala de músicos, las dimensiones del visor deberían ser grandes, pero mientras mayor sea el área que ocupa la ventana en la partición, menor será el STC total de la partición.

Además se debe considerar que el visor se encontrará en el *Dead End* (zona absorbente) de la sala de control, y al estar compuesto de vidrio, material altamente reflectante, puede afectar la percepción del ingeniero si es que las

reflexiones que se dan en el visor llegan directamente al *sweet spot*. Esto implica que el tamaño de la ventana dependerá también de la posición de los altavoces principales en la sala de control (ver apartado 9.5.1).

Es muy importante también que la ventana se ubique en el centro horizontal de la pared, con el fin de que las reflexiones que se den en ella sean idénticas (simétricas) a cada lado sin importar si la fuente es el altavoz derecho o el izquierdo. Este también es un criterio de estética.

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, se diseñó un visor acústico de vidrio doble, con un ancho de 1,70 [m] y un alto de 1,20 [m], ubicado a 90 [cm] del suelo y a 1,15 [m] a cada lado medidos desde las paredes laterales de la sala de control. Los vidrios se empotrarán en un marco hecho con planchas de madera triplex de 1 [cm] de espesor, las planchas verticales de 60 [cm] de ancho (espesor total de la pared doble) y 1,20 [m] de alto, y las planchas horizontales de 60 [cm] de ancho y 1,70 [m] de largo. En el interior de la cámara se cubrirán los extremos del marco con alfombra de 1 [cm] de espesor y se colocarán bolsas de sílica gel para evitar que los vidrios se empañen desde el interior. Se desacoplará estructuralmente el visor de la pared mediante caucho.

La cara que da hacia la sala de control será de vidrio laminado de 10 [mm] de espesor, inclinado 8° con respecto al eje vertical para que las reflexiones que se den en el vidrio sean desviadas hacia el techo; el espesor promedio de la cámara de aire será de 44 [cm], y la cara que da hacia la sala de músicos será de vidrio laminado de 12 [mm] de espesor, sin inclinación alguna. El STC del visor es de 55.

Tabla 7.6: TL por banda de octava del Visor Acústico

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	41	45	49	52	54	58	67

7.3.1.3. Aislamiento Total de la partición mixta.- Para el cálculo de los TL de la partición mixta, se consideró que el área de la pared es de 7,64 [m²], y el área de la ventana es de 2,04 [m²], lo que da un total de 9,68 [m²] (valores medidos desde la sala de control tomando en cuenta los cambios hechos en el acondicionamiento del recinto, apartado 8.1.2). El STC mixto es de 62.

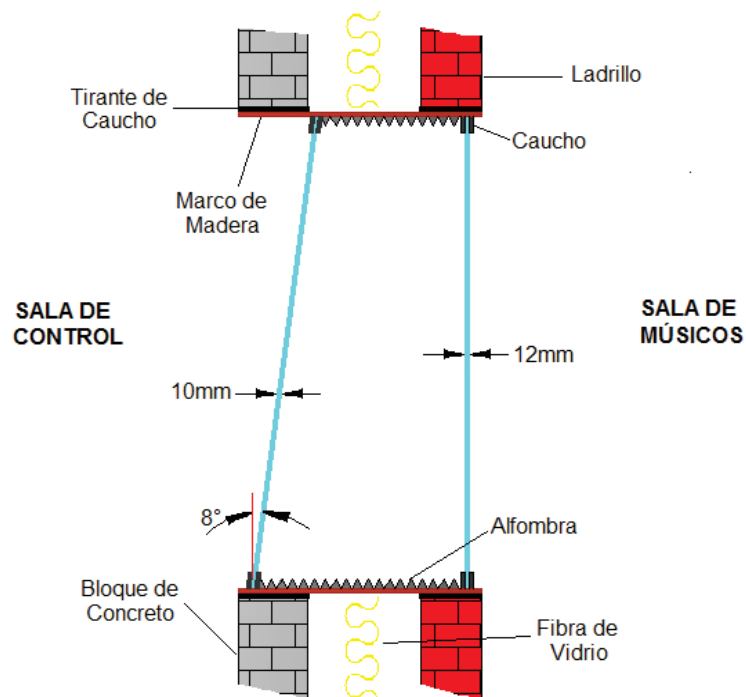
Tabla 7.7: TL por banda de octava de la Partición Mixta

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	48	51	55	59	61	65	73

A pesar de que la pared tiene un aislamiento elevado, en la Tabla 7.7 se aprecia que los TL totales de la partición bajan considerablemente debido a la existencia del visor acústico. Cambiar los materiales de la pared para mejorar el STC mixto no influye mayormente en el resultado, y debido a que el visor es estrictamente necesario, el aislamiento de esta partición, a pesar de que no es malo, no es el deseado tomando en cuenta que el nivel de ruido de fondo en la sala de control debería ser el de la curva NC-15. Considerando que el nivel de monitoreo en la sala de control es elevado, el ruido que se transmita desde la sala de músicos a la de control a través de esta partición será enmascarado por el sonido emitido por los altavoces, sin alterar mayormente la percepción del productor o ingeniero. Este problema existirá solo en la fase de grabación ya que en los procesos de mezcla y masterización en la sala de músicos no se generará ruido alguno. Por otro lado, hay que procurar que el nivel de monitoreo no sea excesivo para que los micrófonos ubicados en la sala de músicos no capten este sonido al momento de grabar.

El cálculo de los TL por banda de octava de la partición mixta se encuentra en el Anexo B.

Figura 7.1: Corte lateral de la partición Mixta que divide a las 2 salas.

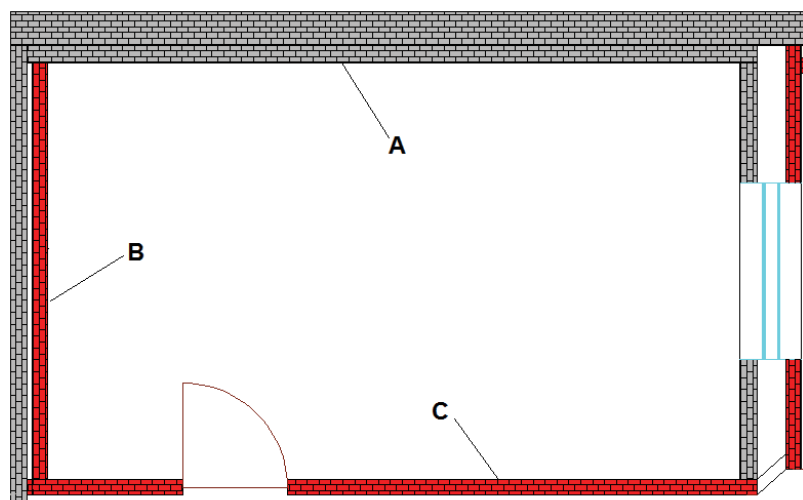


Fuente: Autores.

Las curvas de TL entregadas por el *INSUL* de esta y las demás particiones se encuentran en el Anexo B.

7.3.2. Sala de control.

Figura 7.2: Vista de planta de las paredes de la Sala de Control.



Fuente: Autores.

7.3.2.1. Paredes.- Actualmente la pared A está elaborada de 3 capas de bloque hueco de concreto 2 de ellas de 16 [cm] de espesor cada una, y la tercera de 17 [cm]. Simulando el TL de esta partición se obtuvo que los valores actuales cumplen con los valores mínimos obtenidos en la tabla 7.4., por esta razón a esta pared no se le realizará cambio alguno. La pared tiene un STC de 61 y un espesor total de 49 [cm].

Para la pared B se construirá una partición doble, compuesta en su cara exterior por bloques huecos de cemento de 16 [cm] de grosor (ya existente), una cámara de 5 [cm] de espesor rellena de fibra de vidrio y ladrillos macizos de 15 [cm] de espesor como cara interna. El STC de esta pared es de 74 y su espesor total de 36 [cm].

Puesto que la pared C no tiene conexión directa con el exterior (da al pasillo), se construirá solamente un muro simple de ladrillos macizos de 15 [cm] de espesor para ahorrar espacio, con un STC de 50. Debido a que en esta pared se ubicará la puerta de ingreso a la sala de control, habrá que calcular el aislamiento mixto entre los dos componentes de la partición, por esto se espera una baja en los TL totales. El aislamiento total en este costado del estudio dependerá también del STC de la pared del pasillo que conecta con el exterior, (pared de la entrada principal al estudio de grabación).

Tabla 7.8: TL por banda de octava de las paredes de la Sala de Control

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Pared A	46	48	49	56	64	70	75
Pared B	57	63	66	85	106	118	128
Pared C	37	37	37	45	53	60	65

7.3.2.2. Puerta.- Ya que en la sala de control no se generan niveles de presión sonora muy altos, esta puerta será simple, tomando en cuenta que no da al exterior del recinto, sino al pasillo de él.

La puerta será de acero de 2,5 [cm] de espesor, estará ubicada a 1 [m] de la pared posterior de la sala, en la pared C. Será de 2 [m] de alto y 1 [m] de ancho. Con un STC de 48.

Para asegurar un buen aislamiento el marco será completo (4 lados) y tendrá forma escalonada, al igual que los filos de la puerta. Se utilizarán cierres magnéticos (igual que en la Figura 4.6).

Tabla 7.9: TL por banda de octava de la Puerta de la Sala de Control

		FRECUENCIA (Hz)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
TL		42	43	44	41	47	56	64

7.3.2.3. Cálculo del TL mixto de la pared C.- Para el cálculo se utilizó una superficie de pared de 16,02 [m²] (tomando en cuenta los cambios realizados en las dimensiones, apartado 8.1.2), la superficie de la puerta es de 2 [m²].

Tabla 7.10: TL por banda de octava de la Partición Mixta de la Sala de Control

		FRECUENCIA (Hz)						
		63	125	250	500	1000	2000	4000
TL		38	37	38	44	52	59	65

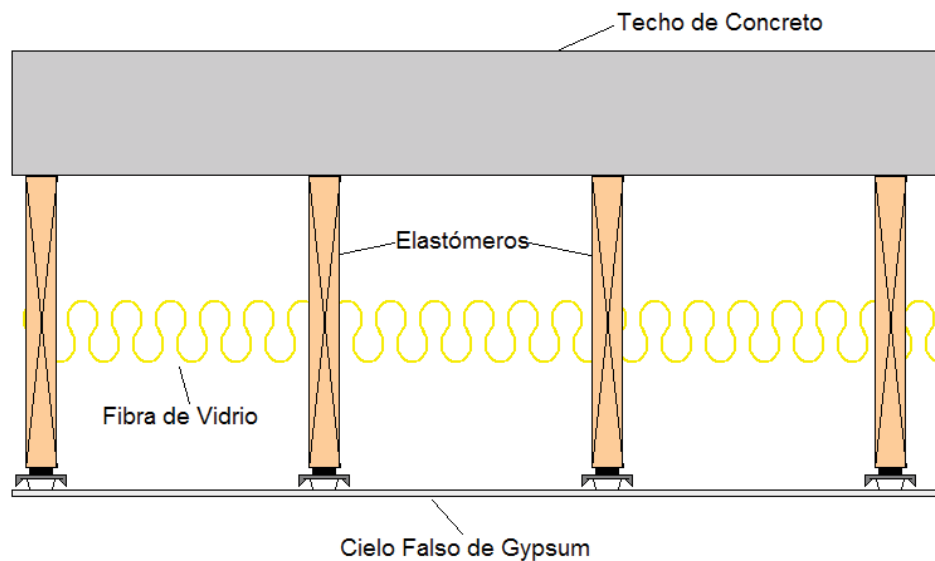
Como se puede observar en la Tabla 7.10 los TL bajaron muy poco debido al buen aislamiento que provee el acero.

7.3.2.4. Techo.- De igual manera que con las paredes, el techo será doble y estará compuesto en su cara externa por una losa estructural de concreto de 20 [cm] de espesor, con una cámara promedio de 50 [cm] rellena de fibra de vidrio de 4 pulgadas, y en su cara interna cielo falso de planchas de gypsum de 1/2 pulgada suspendido de la losa mediante elastómeros separados por 50 [cm] entre ellos. Obteniendo así un STC de 78.

Tabla 7.11: TL por banda de octava del Techo de la Sala de Control

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	52	59	66	76	84	90	93

Figura 7.3: Representación del Techo de la Sala de Control.



Fuente: *Software Insul*

Ya que el cielo falso va a ser inclinado (ver apartado 8.1.2), la cámara tendrá distintos valores: en la parte posterior de la sala habrá 20 [cm] desde el cielo falso a la losa estructural, y en la parte frontal la cámara será de 78 [cm]. Esto quiere decir que la losa estructural estará a 3,20 [m] del suelo.

7.3.3. Pasillo

7.3.3.1. Pared.- Las características de la pared que da al exterior del recinto, donde se encuentra la puerta de entrada, serán las mismas que las de la pared C de la sala de control (apartado 7.3.2.1).

7.3.3.2. Puerta Principal.- La puerta principal tendrá las mismas características de la puerta de la sala de control (apartado 7.3.2.2). Se ubicará a 25 [cm] medidos desde la pared ya existente que forma parte de la pared posterior de la sala de control.

7.3.3.3. Calculo de TL mixto de la pared del pasillo.- Para realizar este cálculo se consideró una superficie de pared de 4,11 [m²] (no se tomó en cuenta la superficie de pared del baño) y la superficie de la puerta de 2 [m²].

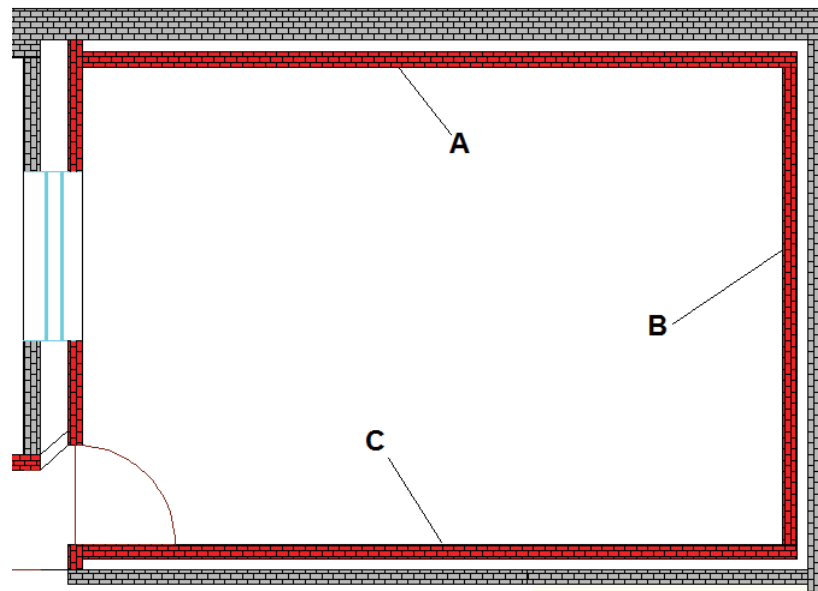
Tabla 7.12: TL por banda de octava de la Partición Mixta del Pasillo

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	40	38	39	43	50	58	65

7.3.3.4. Techo.- Las características del techo del pasillo serán las mismas que las de la sala de control, y compartirán la misma losa estructural de concreto.

7.3.4 Sala de músicos

Figura 7.4: Vista de planta de las paredes de la Sala de Músicos.



Fuente: Autores.

7.3.4.1. Paredes.- La pared A será una partición doble compuesta en su cara exterior por dos capas de bloques huecos de concreto de 16 [cm] cada una (ya existente), una cámara de 12 [cm], rellena de fibra de vidrio de 3 pulgadas y ladrillos macizos de 15 [cm] de espesor en su cara interior. El STC de esta pared es de 79 y tiene un espesor total de 59 [cm].

Para la pared B se construirá una partición doble, constituida en su cara exterior por bloques huecos de concreto de 20 [cm] de grosor (ya existente), una cámara de 10 [cm] rellena de fibra de vidrio de 3 pulgadas, y ladrillos macizos de 15 [cm] de grosor en su cara interior. Su STC es de 75 y su espesor total de 45 [cm].

La pared C será una partición doble, su cara exterior hecha de bloques huecos de cemento de 15 [cm] de espesor (parte de ella existe), con una cámara de 10 [cm] rellena de fibra de vidrio de 3 pulgadas, y su cara interna será hecha de ladrillos macizos de 15 [cm] de grosor. Su STC es de 75 y su espesor total de 40 [cm].

Tabla 7.13: TL por banda de octava de las paredes de la Sala de Músicos

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Pared A	69	77	81	99	113	126	136
Pared B	64	68	74	94	108	121	131
Pared C	61	79	71	90	103	118	127

7.3.4.2. Puerta.- Esta partición será doble, cada puerta será de 1 [m] de ancho y 2 [m] de alto, pero como se puede apreciar en la Figura 7.5 no están alineadas por motivos de construcción de la pared doble C de la sala, dejando así un ancho efectivo de 77 [cm].

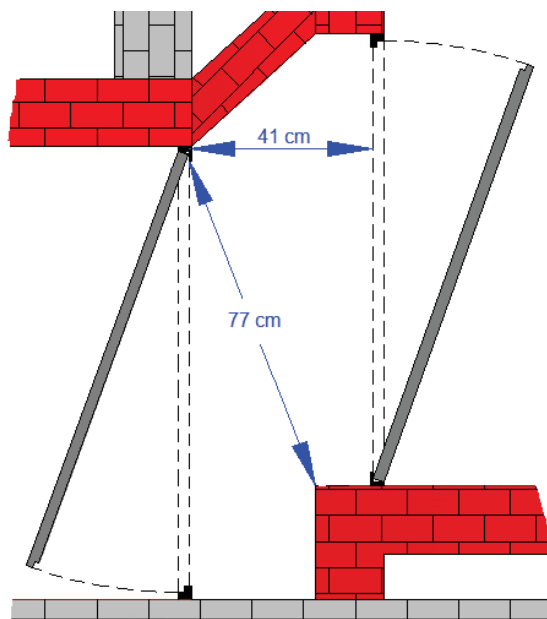
Las 2 puertas serán de acero de 2,5 [cm] de espesor, con cámara de aire promedio de 41 [cm] la cual estará rellena de lana de roca de 10 [cm] de espesor, 5 [cm] en cada puerta. El STC de esta puerta es de 94.

Tabla 7.14: TL por banda de octava de la Puerta de la Sala de Músicos

	FRECUENCIA (Hz)						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL	85	93	94	88	101	118	135

Tendrán un marco completo y con forma escalonada al igual que en los filos de las mismas, además de un cierre magnético, todo esto para evitar filtraciones que produzcan bajas en el STC de la partición.

Figura 7.5: Vista de planta de la puerta doble de la Sala de Músicos.



Fuente: Autores.

7.3.4.3. Techo.- El techo de esta sala tendrá las mismas características que el de la sala de control. Debido a que la sala de músicos tiene una altura mayor la losa estructural de concreto no será la misma.

Dado que el cielo falso de la sala será inclinado (ver apartado 8.1.2) en la parte más alta (centro de la sala) habrá 33 [cm] de cámara, y en la más baja (paredes frontal y posterior) habrá 63 [cm]. Lo que quiere decir que la losa estructural estará a 3,55 [m] del suelo.

7.4. Aislamiento estructural

Para todas las juntas dentro del estudio, ya sean pared-pared, pared-piso, pared-techo, pared-puerta y pared-ventana el aislamiento estructural se logrará mediante tiras de caucho espumado reciclado de mediana densidad con 8 [mm] de espesor para impedir la propagación de ondas de una partición a otra.

Figura 7.6: Tira de caucho de mediana densidad.



Fuente: www.cronoxrastrel.com

7.4.1. Piso flotante.- Para aislar estructuralmente el suelo de ambas salas, se utilizará un piso flotante de concreto de 5 [cm] separado de la losa estructural mediante fibra de vidrio de 5 [cm] a compresión. Entre las capas de concreto se utilizarán mantas impermeables de plástico liso de polietileno (geomembranas) para aislar la fibra de vidrio de la humedad.

8. ACONDICIONAMIENTO

8.1. Acondicionamiento de la Sala de Control

La sala de control del estudio de grabación se diseñó utilizando el criterio LEDE propuesto por Don Davis^{[1][8][9]} (ver apartado 4.5.1), pero además de esto se utilizaron también criterios de acústica geométrica para asegurar mejores resultados (ver Anexo B.4).

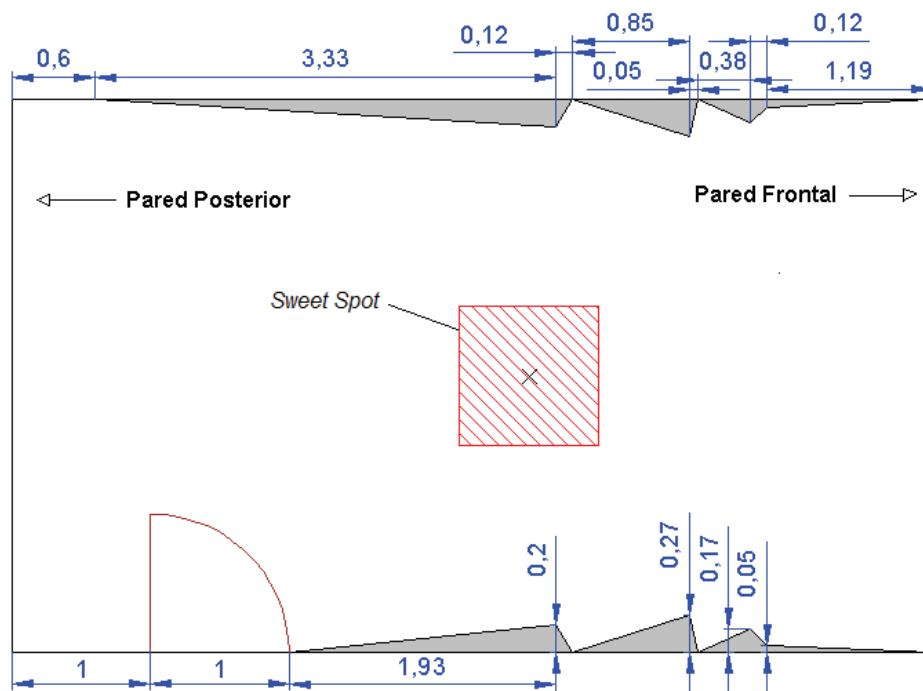
8.1.1. Sweet Spot.- Se determinó que el *sweet spot* será de 1 [m³], volumen suficiente para permitirle movilidad al ingeniero de sonido sentado frente a la consola. El centro de este se ubicará a 2 [m] de las paredes laterales, a 2,91[m] de la pared frontal (distancia determinada por la ubicación de los altavoces, (ver apartado 9.5.1), y a una altura de 1,25 [m], que es la distancia promedio entre el suelo y los oídos de una persona cuando está sentada. Teniendo el centro de este volumen imaginario a 1,25 [m] de altura, el ingeniero podrá pararse y sus oídos seguirán estando en el *sweet spot* determinado.

8.1.2. Forma de la sala.- A pesar de que en el capítulo 6 se trabajó con criterios de cuartos rectangulares para determinar las dimensiones de la sala y asegurar una buena distribución de modos normales de vibración, siempre es necesario variar la forma de la sala mediante la inclinación de superficies para mejorar el grado de difusión en ella y para evitar paralelismos que generen ecos flotantes. Alton Everest^[1] indica que los modos normales de un cuarto con forma irregular (con 4 lados) se pueden comparar a los de un cuarto rectangular siempre y cuando las deformaciones no sean mayores al 5%; los desplazamientos de los modos al modificar ligeramente a una sala no superan los 5 [Hz]. Por esta razón no se harán cambios drásticos, sino que se tratará de variar lo menos posible la forma de la sala para que los modos normales se mantengan iguales a los calculados o sean muy próximos a estos.

Las inclinaciones hechas en las paredes laterales de la sala se diseñaron empleando acústica geométrica^[7] no sólo para romper paralelismos sino

también para asegurar que no existan reflexiones tempranas que lleguen al *sweet spot*. Para utilizar este criterio se tomó en cuenta la posición que tendrán los altavoces principales (ver apartado 9.5.1).

Figura 8.1: Vista superior de la inclinación de las paredes laterales de la Sala de Control.



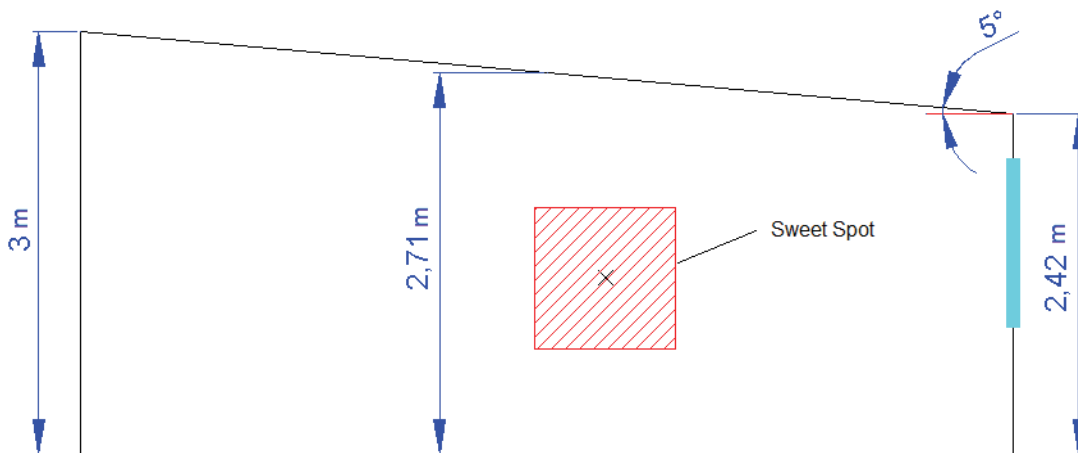
Fuente: Autores.

Estas inclinaciones se harán mediante paneles de gypsum de 1/2 pulgada sujetos a una estructura de perfiles metálicos. El poco espacio que queda en el interior se dejará hueco para que pueda pasar el cableado de las tomas eléctricas.

Para evitar el paralelismo entre el piso y el techo, el cielo falso tendrá una inclinación de 5° , donde la menor altura se medirá en la pared frontal de la sala. Debido a los cambios en el volumen de la sala, producto de las inclinaciones de las paredes y del espacio que ocupa el difusor (ver apartado 8.1.6.1), se compensará el volumen perdido subiendo la altura del techo 6cm (este cálculo se realizó mediante criterios básicos de geometría), esto quiere decir que la

altura promedio subirá de 2,65 [m] a 2,71 [m], cambio que alterará de manera insignificante la respuesta de frecuencia de la sala determinada por sus modos normales de vibración, por ejemplo, el primer modo normal axial para la altura de 2,65 [m] está en la frecuencia de 65 [Hz], y el mismo modo para la altura de 2,71 [m] está en 63,56 [Hz], lo que implica un desplazamiento despreciable de 1,44 [Hz].

Figura 8.2: Vista lateral de la inclinación del techo en la Sala de Control.



Fuente: Autores.

En las paredes frontal y posterior no se realizará cambio alguno puesto a que el difusor que se colocará en la pared posterior (ver apartado 8.1.6.2) evitará el paralelismo entre estas 2 paredes.

8.1.3. Diseño del resonador.- Analizando los modos normales de vibración propios de esta sala mediante la Figura 6.4 y los resultados de la tabla B.1 en el Anexo B, se encontraron problemas de superposición y por ende coloración del sonido para las frecuencias alrededor de los 130 [Hz] y sus múltiplos. Para hacer más plana a la respuesta de la sala, se diseñó un resonador unitario de Helmholtz para atenuar este problema. Debido a que no se puede saber el número de resonadores que se necesitarán en la sala sin realizar una medición de la misma después de construida y acondicionada, se dejará planteado el diseño en el Anexo B.

8.1.4. Diseño del *Dead End*.- Como se vio en el apartado 4.5.1.1, las superficies del denominado *Dead End* (parte frontal de la sala de control) deben estar cubiertas por material altamente absorbente para evitar efectos de filtro peine y para que las reflexiones en las superficies próximas a los altavoces no interfieran con la percepción del ingeniero.

Para cubrir las superficies de esta zona, a excepción del piso, se escogió fibra de vidrio de 10 [cm] de espesor por sus altos coeficientes de absorción para todas las bandas de octava. Esta será instalada en las paredes y techo, dentro de bastidores hechos de madera triplex de 1 [cm], forrados de tela acústicamente transparente. El material absorbente en el techo ocupará una superficie de 10,5 [m²], 12,88 [m²] en cada una de las paredes laterales, y en su totalidad en la pared frontal. En el piso se colocará alfombra de 1[cm] de espesor, con una superficie de 13 [m²].

8.1.5. Diseño del *Live End*.- Según Davis^{[8][9]}, el *Live End* debe ser reflectante y difuso para crear un ambiente de escucha natural y homogéneo. Las paredes laterales y el techo no tendrán tratamiento alguno debido a que con sus bajos coeficientes de absorción se obtiene fácilmente al ambiente deseado. El piso será de parquet.

8.1.5.1 Diseño del difusor.- Debido a que en una sala de control LEDE se necesita la existencia de un campo difuso proveniente del fondo de la sala, se diseñó un difusor para lograr este fin.

El campo difuso requerido en la sala de control debe darse para el mayor rango de frecuencias posible, esto quiere decir, que el ancho de banda del difusor debe ser muy amplio, pero un difusor simple solamente difunde de manera efectiva, un máximo de tres octavas. Por esta razón, se optó por el diseño de un difusor *Difractal*, que consiste en un difusor de alta frecuencia (fractal) dentro de otro de baja frecuencia, y de esta forma ampliar el rango efectivo sin tener que emplear dos difusores por separado, lo que puede afectar a la

estética de la sala ya que ocuparía mucho espacio y a la uniformidad del campo difuso.

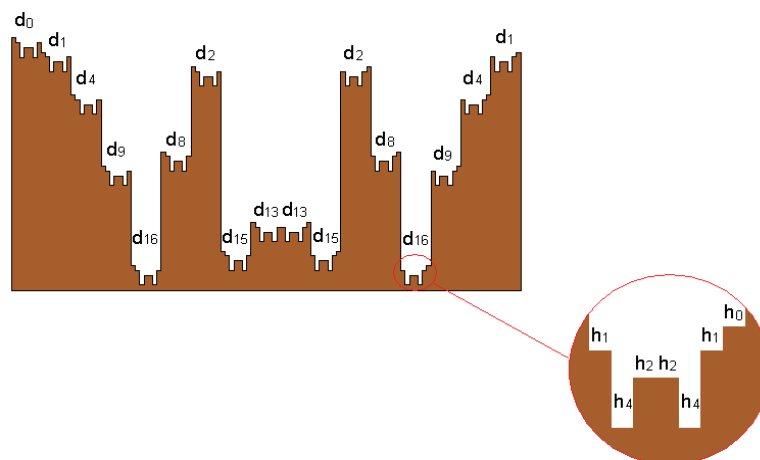
Generalmente, para conseguir un buen grado de difusión, el difusor de bajas frecuencias debe diseñarse con un número primo (p) grande, pero se debe considerar también que en el espacio disponible para ubicar el difusor deben caber por lo menos tres secuencias para obtener buenos resultados^[13]; otra de las limitantes es el ancho de cada ranura, puesto que dentro de esta debe caber una secuencia completa del fractal, por esto el difusor de alta frecuencia normalmente se diseña con un número primo bajo.

Un difractal está bien diseñado si el rango de difusión de sus dos elementos (difusor y fractal) se traslapa, de esta manera no existen frecuencias que no sean difundidas dentro del ancho de banda del difractal.

Los dos difusores que componen el difractal para la sala de control son unidimensionales y se diseñaron utilizando una secuencia de residuos cuadráticos, es decir, ambos son difusores QRD.

En el siguiente gráfico se puede observar el aspecto de una secuencia del difractal:

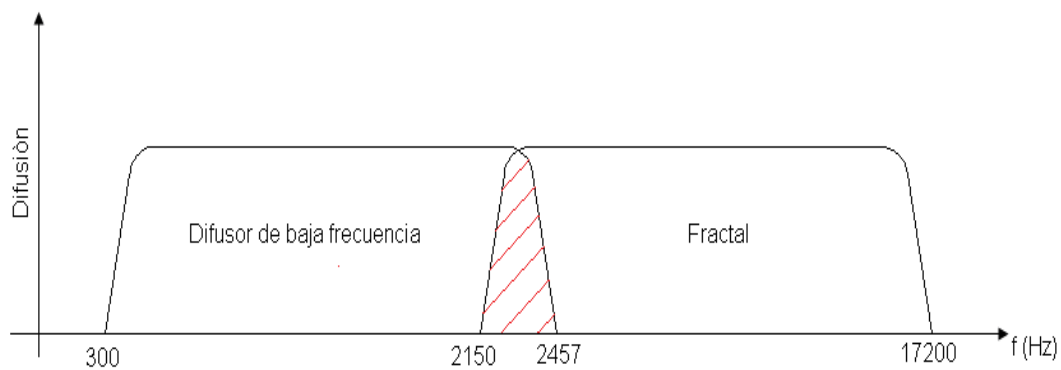
Figura 8.3: Representación gráfica de una secuencia del difractal.



Fuente: Autores.

Como se aprecia en la Figura 8.4 los rangos de ambos difusores diseñados se traslapan, logrando un rango de difusión total del difractal de 300 [Hz] a 17200 [Hz], lo que comprende casi seis octavas (el doble de cobertura de un difusor simple), cubriendo en gran parte el rango audible humano.

Figura 8.4: Rango de difusión del difractal.



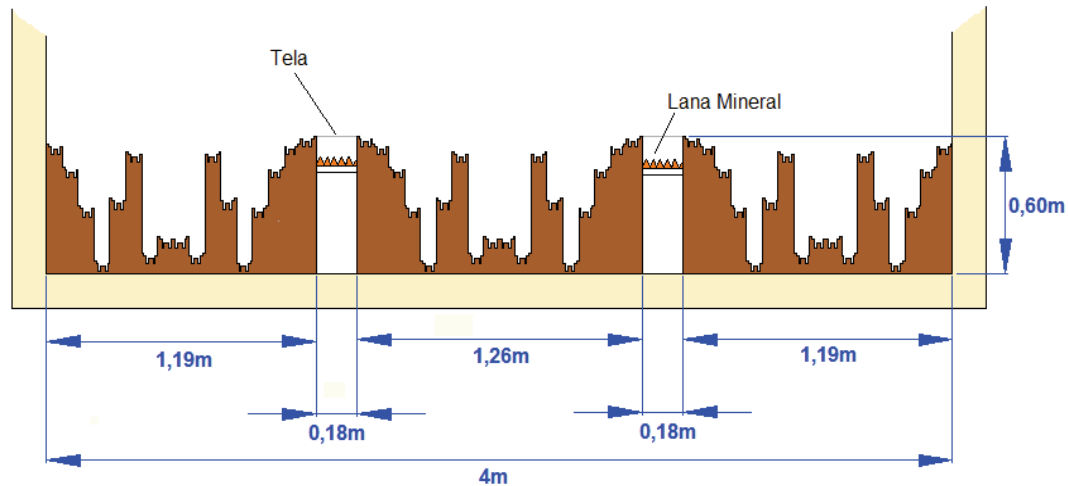
Fuente: Autores.

Para la elaboración del difractal se utilizarán planchas de madera triplex de 1 [cm] de grosor pegadas unas con otras; para simplificar el proceso constructivo el difusor tendrá 2,4 [m] de alto, medida estándar de fábrica para planchas de cualquier material.

Cada plancha será una ranura del fractal, así que todas tendrán el mismo ancho y grosor, pero su altura variará dependiendo de la profundidad que cada ranura deba tener.

8.1.5.2 Ubicación del difractal en la sala de control.

Figura 8.5: Vista superior de la ubicación del difractal en la pared posterior de la sala de control.



Fuente: Autores.

Se ubicará el difractal en la pared posterior de la sala de control. Puesto que la sala tiene un ancho de 4[m], caben tres secuencias completas del difusor diseñado. Como se aprecia en la Figura 8.5 por motivos de estética la secuencia del medio de la pared tiene una ranura más (d_0) para guardar simetría, esto quiere decir que ocupa 1,26 [m], y no 1,19 [m] como las otras dos secuencias. Con esto, las tres secuencias ocupan un total de 3,64 [m], dejando un espacio sobrante de 36 [cm] dividido en dos partes iguales, donde se colocará lana mineral cubierta con tela.

Dado que el difractal estará hecho de madera, tendrá un peso considerable, por esto se lo apoyará en el piso, lo que implica que en la parte superior de la pared habrá una superficie de 2,4 [m²] que no será cubierta por el difusor y se mantendrá sin tratamiento (ladrillo pintado).

8.1.6. Tiempo de Reverberación de la Sala de Control.- Según Davis^[2] el tiempo de reverberación óptimo para una sala de 115 [m³] es de 0,47 [s]; dado que la sala de control de este estudio de grabación tiene un volumen de

70,5[m³] se asume que su tiempo de reverberación deberá ser menor, entre los 0,2 [s] y 0,4 [s] posiblemente.

El T60 obtenido por bandas de octava tomando en cuenta todos los materiales utilizados y sus superficies es el siguiente:

Tabla 8.1: T60 por banda de octava de la Sala de Control

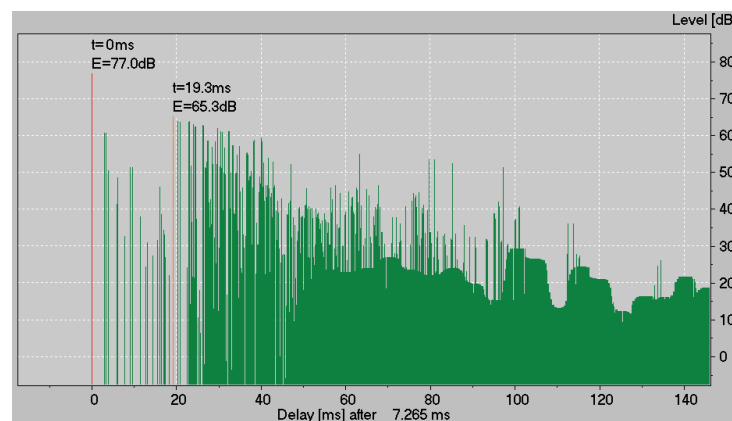
	FRECUENCIA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
T60	0,26	0,25	0,26	0,25	0,25	0,24

Como se aprecia en la Tabla 8.1 el T60 para todas las bandas es muy parecido, lo que causará una respuesta uniforme en la sala. El T60mid es de 0,255 [s].

Los cálculos se encuentran en el Anexo B.

8.1.7. Intervalo Temporal Inicial de la Sala de Control.- Mediante el software de simulación *EASE 4.1* se obtuvo el ITI de la sala analizando el gráfico de Tiempo vs Energía (NPS) a continuación:

Figura 8.6: Representación de las reflexiones producidas en la Sala de Control en el tiempo.



Fuente: *Software EASE*.

El sonido directo en la Figura 8.6. está representado por la línea de color rojo, y llegará al *sweet spot* en un tiempo de 7,265 [ms] como se puede leer en el inferior del gráfico, desde ese momento se mide el tiempo que las reflexiones se demoran en alcanzar al oyente, por esto el sonido directo está en $t=0$ [ms]; el ITI de la sala viene determinado por la línea de color naranja en $t=19,3$ [ms], ya que es la reflexión que posee el mayor NPS y es considerada como la primera reflexión útil. Al no poder trabajar con muebles en la simulación debido a las limitaciones del software, las reflexiones de mayor nivel que se encuentran entre el sonido directo y la línea naranja no se tomaron en cuenta porque provienen del suelo y estas impactarán la mesa donde se ubicará la consola y no podrán llegar al oyente. Su alto nivel se debe a que los coeficientes de absorción de la alfombra no son tan buenos como los de la fibra de vidrio.

Como se puede apreciar, existen muy pocas reflexiones que llegan al oyente antes de los 19,3 [ms] debido a que la inclinación que se le dio a las paredes aleja las reflexiones tempranas del *sweet spot*, y las pocas que llegan lo hacen con un nivel muy bajo gracias al material absorbente que recubre el *Dead End* de la sala.

En la simulación tampoco se trabajó con el difusor debido a las limitaciones en el software antes mencionadas, se espera que el nivel de las reflexiones se homogenice después de los 19,3 [ms] debido al difusor, lo que hará que el gráfico se parezca mucho más al de la Figura 4.8.

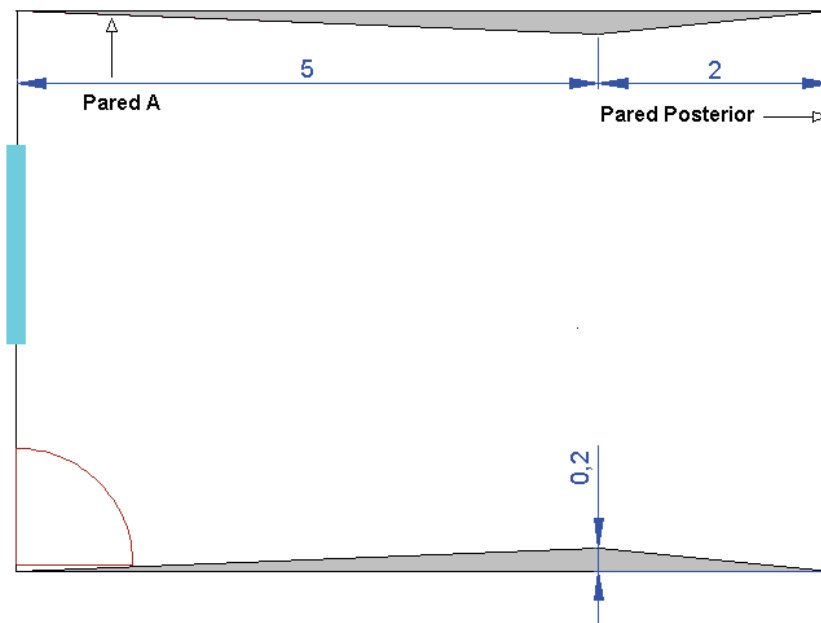
8.2. Acondicionamiento de la Sala de Músicos

La sala de músicos se diseñó con criterios de acústica variable, con el propósito de grabar varios géneros, y ser apta para una amplia gama de instrumentos musicales.

Tomando en cuenta que el estudio de grabación estará destinado para producir principalmente música Rock/Pop, analizando los valores de la Figura 4.9, y considerando que el volumen del estudio no permitirá variar demasiado el tiempo de reverberación, se llegó a la conclusión de que los valores de T60 deseados deberán estar entre los 0,3 [s] y 1,1 [s]; los cuales son recomendables para grabar la palabra, música rock/pop, un ensamble pequeño de jazz, vientos y cuerdas entre otros.

8.2.1. Forma de la sala.- Al igual que en la sala de control, se realizaron variaciones en la forma de la sala de músicos para evitar ecos flotantes y mejorar el grado de difusión sonora. Las inclinaciones de las paredes y techo serán mínimas para poder trabajar con los modos normales de vibración propios de la sala rectangular especificada en el capítulo 6.

Figura 8.7: Vista superior de la inclinación de las paredes laterales de la Sala de Músicos.

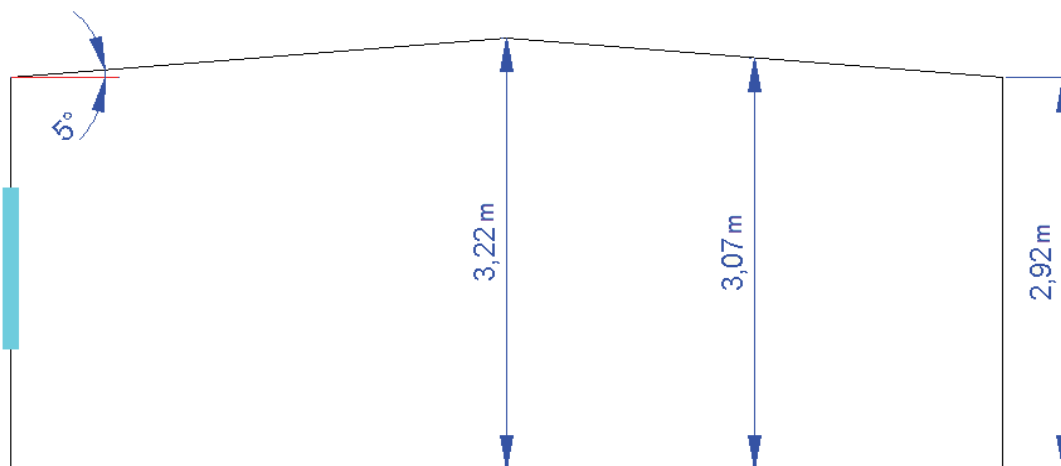


Fuente: Autores.

A diferencia de las sala de control, las inclinaciones no se realizarán mediante paneles de gypsum, sino mediante la obra gruesa (cara interna de ladrillo de la pared doble).

El techo se dispondrá en forma de V invertida, con inclinaciones de 5° en ambos extremos de la sala. De igual manera que con la sala de control, se elevará la altura en 7 [cm] para compensar las pérdidas de volumen ocasionadas por inclinar las paredes laterales, la ubicación del difusor y la utilización de paneles de acústica variable (ver capítulo 8.2.5), esto quiere decir que la altura promedio de la sala no será de 3 [m], sino de 3,07 [m].

Figura 8.8: Vista lateral del techo de la Sala de Músicos.



Fuente: Autores.

A las paredes frontal y posterior de la sala no se les realizará cambio alguno debido al difusor que va en la pared posterior.

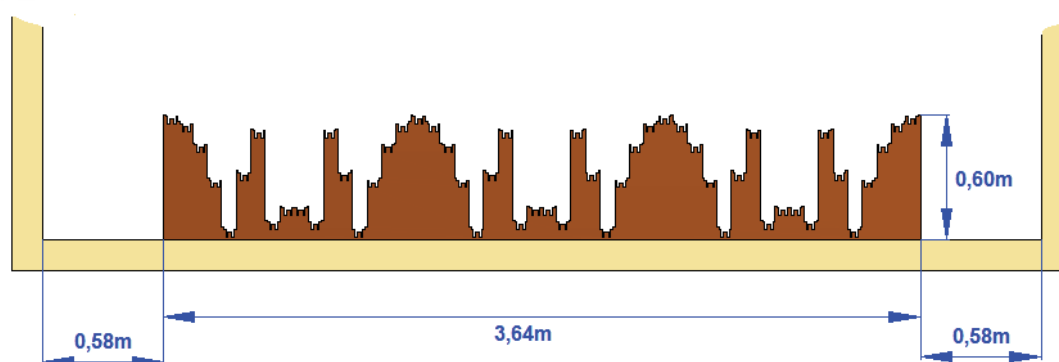
8.2.2. Diseño del resonador.- Analizando los modos normales de vibración propios de la sala mediante la Figura 6.6 y la tabla B.2 del Anexo B, se diseñó un resonador unitario de Helmholtz para 72 [Hz]. Al igual que con el de la sala de control, el diseño de este resonador se dejó planteado en el Anexo B en caso de que su uso sea necesario.

8.2.3. Ubicación del difractal en la sala de músicos.- A pesar de que inicialmente el difractal fue diseñado sólo para la sala de control, se decidió utilizarlo también en la sala de músicos gracias a su buen rango de difusión.

El difractal se ubicará en la pared posterior de la sala en un arreglo distinto al usado en la sala de control. De igual manera se usarán tres secuencias completas del difractal pero estarán juntas y se colocarán en el medio de la pared y apoyadas en el piso, dejando descubiertos 58 [cm] a cada lado, que serán cubiertos con fibra de vidrio con la misma altura del difusor.

El resto de la pared posterior de la sala no tendrá tratamiento alguno, es decir será de ladrillo pintado.

Figura 8.9: Vista superior del difusor de la Sala de Músicos.



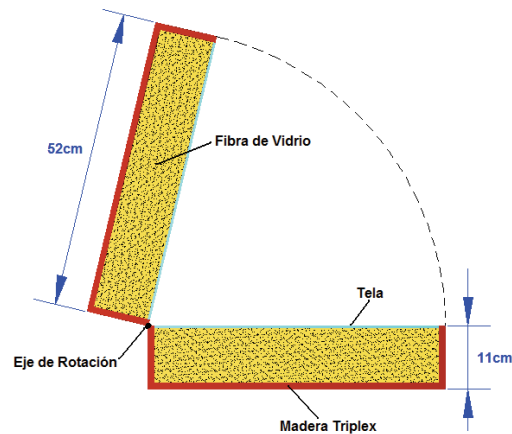
Fuente: Autores.

8.2.4. Paneles de Acústica Variable.- Para poder cambiar a voluntad el T60 de la sala dependiendo del instrumento a ser grabado o del tipo de música, se utilizarán paneles de acústica variable colocados en las paredes laterales de la sala de músicos.

Cada panel funcionará como un armario, en su interior se colocará fibra de vidrio de 10 [cm] de espesor al igual que en la cara interna de la puerta del panel, para que cuando el panel se abra completamente el material absorbente cubra el doble de superficie.

Los paneles tendrán una altura de 2,40 [m], un ancho de 50 [cm] y 22 [cm] de profundidad y sus superficies estarán hechas con madera triplex de 1 [cm] de espesor. La fibra de vidrio se cubrirá con tela decorativa acústicamente transparente.

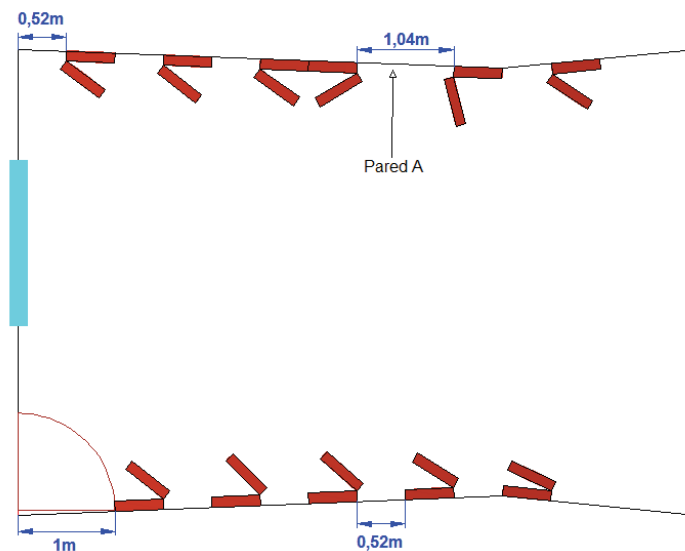
Figura 8.10: Representación gráfica del panel de acústica variable diseñado.



Fuente: Autores.

8.2.4.1. Ubicación de los paneles.- Se utilizarán 11 paneles en la sala de músicos, 6 de ellos en la pared lateral opuesta a la puerta de entrada y 5 en la pared lateral junto a la puerta de entrada.

Figura 8.11: Disposición de los paneles en la Sala de Músicos.



Fuente: Autores.

Como se aprecia en la Figura 8.11, 2 de los paneles de la pared A se colocarán juntos, asemejándose a un armario común de 2 puertas, con el fin de utilizarlos semi abiertos para formar una pequeña cabina que servirá para grabar voces.

8.2.5. Tiempo de Reverberación.- El T60 de la sala variará dependiendo del número de paneles de acústica variable abiertos (completamente o semi-abiertos), teniendo así varias combinaciones que cambiarán la respuesta de la sala con respecto a la posición de la fuente y la posición del micrófono.

8.2.5.1. Tiempo de Reverberación Mínimo.- Para obtener el tiempo de reverberación mínimo todos los paneles de acústica variable deberán estar abiertos completamente.

Tabla 8.2: T60 Mínimo por banda de octava en la Sala de Músicos

	FRECUENCIA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
T60 [s]	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44	0,41

El $T60_{mid}$ es de 0,44 [s].

8.2.5.2. Tiempo de Reverberación Máximo.- Para obtener el tiempo de reverberación máximo en la sala todos los paneles deberán estar completamente cerrados.

Tabla 8.3: T60 Máximo por banda de octava en la Sala de Músicos

	FRECUENCIA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
T60 [s]	0,75	1,24	1,39	1,57	1,38	0,97

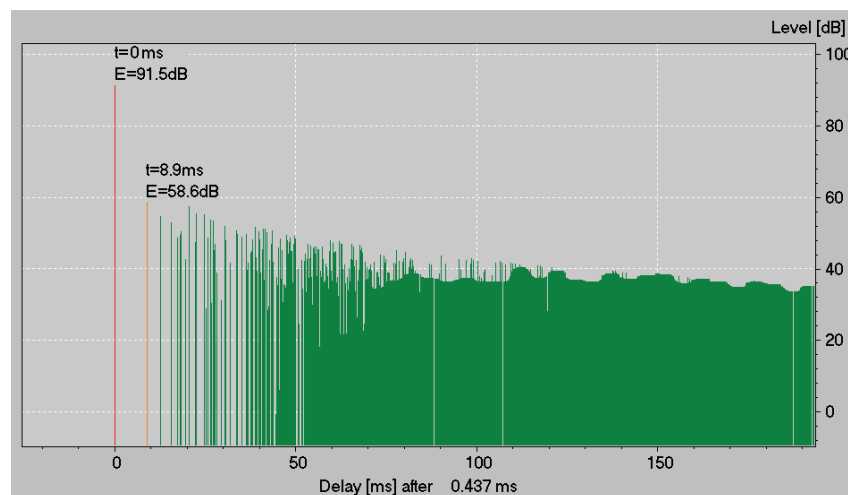
El $T60_{mid}$ es de 1,48 [s].

Los cálculos del T60 mínimo y máximo se encuentran en el Anexo B.

8.2.6. Intervalo Temporal Inicial de la Sala de Músicos.- Al igual que con la sala de control, el ITI de esta sala se determinó mediante el *EASE 4.1*.

Como se aprecia en la siguiente figura el ITI se da a los 8,9 [ms] con la primera reflexión que arriba al oyente después del sonido directo; por análisis en el software se sabe que esta proviene del techo. Cuando se efectuó esta simulación, la fuente se encontraba en el centro de la sala, y el receptor a 15 [cm] de ella, emulando una persona hablándole a un micrófono como en la Figura 4.7.

Figura 8.12: Representación de las reflexiones producidas en la Sala de Músicos en el tiempo.



Fuente: *Software EASE*.

9. CADENA ELECTROACÚSTICA

Para el diseño de la cadena electroacústica se buscó, investigó y comparó entre varias marcas, modelos, series y tipos de dispositivos para escoger de entre ellos las mejores opciones para formar y completar la cadena electroacústica de manera tal, que sea lo más versátil posible, sin gasto monetario excesivo y teniendo en cuenta un reducido mercado ecuatoriano de dispositivos de audio profesional debido al alto precio a pagar en importación para distribuirlos. En el caso específico de algunos de los dispositivos, en especial de los micrófonos, ya se había trabajado y probado la mayoría de ellos en grabación de audio profesional.

Es fundamental conocer las características de cada dispositivo para darle la mayor funcionalidad posible y saber sacar el mejor provecho de cada uno de ellos.

En el diseño de esta cadena podemos encontrar 2 tipos de conexiones: digitales o de datos, y análogas. En el siguiente gráfico las conexiones digitales se representan mediante flechas azules; las conexiones análogas están representadas con líneas negras y rojas, las de color negro corresponden a las conexiones permanentes, y las de color rojo son conexiones realizadas mediante normalización en las patcheras.

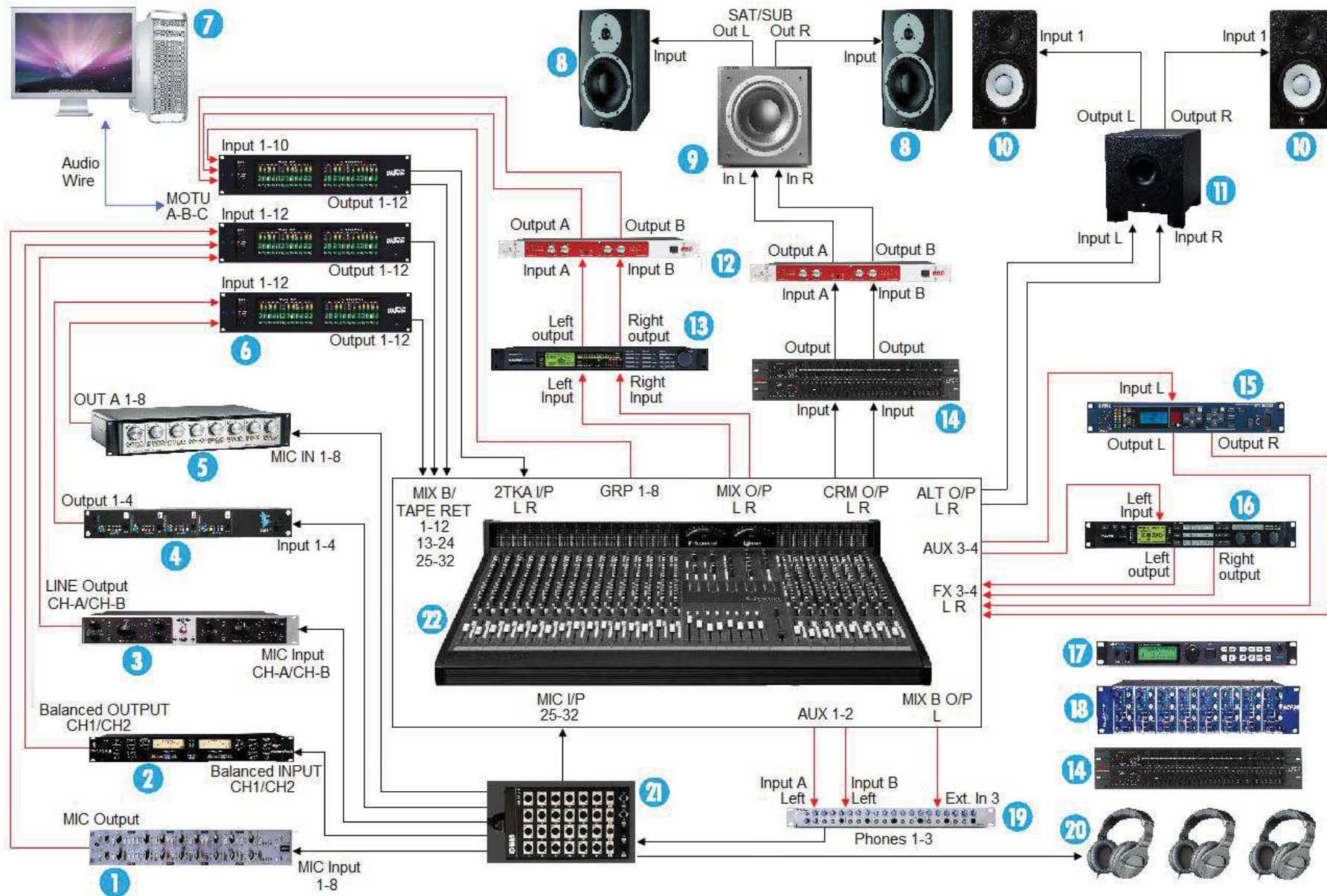


Figura 9.1: Esquema de conexiones de la cadena electroacústica. (Fuente: Autores)

Listado de Dispositivos de la Cadena Electroacústica

1. Pre-amplificador de 8 canales Focusrite Platinum OctoPre.
2. Pre-amplificador de 2 canales ART ProMPA II.
3. Pre-amplificador de 2 canales Universal Audio 2-610.
4. Pre-amplificador de 4 canales API 3124+.
5. Pre-amplificador de 8 canales Grace Design M801.
6. Interfaces de Audio MOTU HD192.
7. Computador Apple Mac Pro.
8. Monitores de estudio activos Dynaudio BM12 A.
9. *Subwoofer* activo Dynaudio BM 9S.
10. Monitores de estudio activos Yamaha HS 50M.
11. *Subwoofer* activo Yamaha HS 10W.
12. Procesador dinámico BBE 882i Sonic Maximizer.
13. Procesador de Audio TC Electronic Finalizer 96K.
14. Ecuador gráfico de 31 bandas y 2 canales dbx 2231.
15. Procesador digital de efectos Yamaha SPX2000.
16. Procesador digital de efectos TC Electronic FireworX.
17. Modulo de baterías de 12 canales Alesis DM5 18-bit.
18. Procesador dinámico de 8 canales PreSonus ACP-88.
19. Amplificador de audífonos de 6 canales Presonus HP60.
20. Audífonos de estudio Sennheiser HD280 (x2) y Sony MDR-V6 (x2).
21. Medusa genérica de 32x4.
22. Consola de estudio In-Line de 32 canales Soundcraft Ghost LE.

Las especificaciones técnicas de los equipos de la cadena electroacústica y de los micrófonos (ver apartado 9.12) se encuentran en el Anexo C.

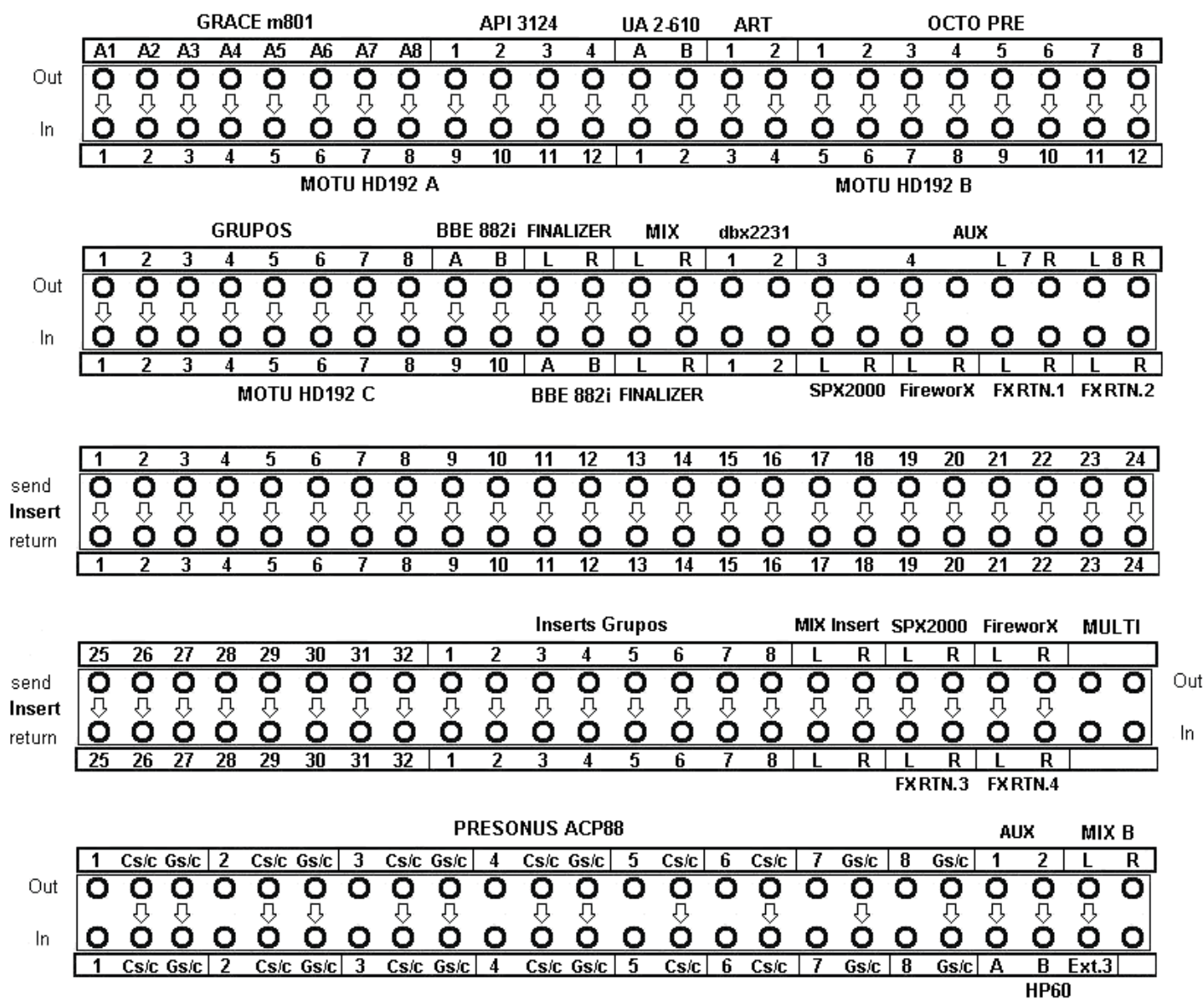


Figura 9.2: Interconexión de dispositivos de la cadena mediante patcheras. (Fuente: Autores)

9.1. Plataforma y Software

Debido al alto rendimiento que ofrecen las computadoras Apple y su plataforma Macintosh en relación a las PC para la edición de audio, la cadena consta de una Apple Mac PRO con los respectivos puertos necesarios para que la interfaz MOTU y sus expansiones trabajen de la mejor manera.

9.2. Interfaz y Expansiones

MOTU es una marca líder en interfaces para grabación de audio, a pesar de que Digital Performer es el programa de edición de audio con el que trabaja la empresa constructora del equipo, estas interfaces tienen la flexibilidad de trabajar con la mayoría de programas de edición de audio en el mercado. La serie HD192 está diseñada para ser expandida, y en este caso está contemplado trabajar con una interfaz principal y 2 expansiones de 12 canales de entrada y 12 canales de salida análogos cada una, para poder contar con un total de 36 canales para grabación y mezcla simultánea.

9.3. Consola

La Soundcraft Ghost LE 32 es una consola análoga *In-line* de grabación muy versátil, de 32 canales de entrada mono, 6 canales de entrada estéreo, 6 envíos de auxiliares mono (2 *prefader/postfader* y 4 *postfader*), 2 envíos de auxiliares estéreo, 8 subgrupos y 2 salidas estéreo (MIX y MIX B), con las que se pueden obtener 2 mezclas completamente diferentes e independientes. Además cuenta con una salida dedicada para los monitores de sala principales y otra para monitores alternativos, entre otras características.

Con esta consola el ingeniero podrá trabajar sin dificultad alguna debido a sus prestaciones y facilidad de manejo, para de esta manera obtener los mejores resultados al grabar y mezclar audio.

9.4. Pre-amplificadores

La idea primordial del diseño de esta cadena electroacústica es obtener la mejor señal pre-amplificada posible para que cada una de las señales de audio grabadas simultáneamente, canal por canal, tengan calidez, cuerpo y un buen nivel. El Grace Design M801, el API Audio 3124+, el Universal Audio 2-610, el ART ProMPA II y el Focusrite Platinum OctoPre en conjunto brindan un total de 24 canales con una etapa de pre-amplificación dedicada de la mejor calidad para un excelente resultado; los 8 canales restantes serán pre-amplificados mediante los canales de la consola.

La señal enviada por los amplificadores dedicados no pasará por la consola, con el fin de tener un ruteo con el menor procesamiento posible y evitar así el paso de la señal por circuitería excesiva la cual puede deteriorar a la misma y a su vez producir ruido al momento de grabar, lo que implica que las señales registradas en el disco duro del computador tendrán mejor calidad.

9.5. Monitoreo en Sala de Control

El sistema utilizado para esta sala es 2.1, es decir, 2 canales frontales de rango completo (L – R) y uno de rango limitado (*subwoofer*). Teniendo presente que los 2 canales frontales tienen un rango de reproducción de casi todo el espectro audible humano se recomienda usar un *subwoofer* como refuerzo para lograr mejores resultados en la mezcla de audio, con un buen *low end* y un nivel energético equilibrado.

Es de gran ayuda para el Ingeniero poder tener 2 alternativas de monitoreo de audio al momento de grabar y mezclar para poder hacer comparaciones A-B, es por esto que se escogieron 2 pares de monitores de audio para el cuarto de control, los Dynaudio BM12 A y los Yamaha HS 50M, cada uno son su *subwoofer*, Dynaudio BM 9S y Yamaha HS 10W respectivamente. Es mejor si los 2 pares de monitores (y *subwoofers*) tienen una sonoridad diferente ya que

esto ayuda a escuchar la mezcla desde otra perspectiva. Por esta razón se escogieron los Dynaudio BM12 A, los cuales son muy usados en estudios profesionales, y a los Yamaha HS 50M, los cuales tienen sonoridad muy parecida a los equipos de reproducción de audio en hogares y estudios de grabación caseros.

La señal enviada a los Dynaudio proviene desde la consola por la salida CRM O/P L R y pasa por el ecualizador dbx 2231 (usado como ecualizador de sala), hacia un corrector de fase BBE 882i Sonic Maximizer, el cual compensa el retardo de las bajas frecuencias en relación a las altas al llegar a los monitores de audio.

Por otro lado, la señal enviada a los Yamaha proviene de la consola por la salida ALT L R, sin pasar por ningún procesador, inclusive sin ecualización de sala, con el fin de asemejarse a una sala de audio casera (sin acondicionamiento).

El ingeniero escogerá qué monitores escuchar mediante un *switch* existente en la consola Ghost LE, además puede escuchar las señales de audio mediante audífonos (Sennheiser HD380), conectándolos a su salida dedicada en la consola.

9.5.1. Posicionamiento de los Monitores.- La mejor forma de ubicar los monitores de audio en un cuarto de control es situarlos a la altura de la base craneana del oyente situado en el *sweet spot*, lo cual se encuentra aproximadamente a 1,25 [m] de altura cuando la persona está sentada; y formar un triángulo equilátero (60° entre cada uno de sus lados) cuyos 3 vértices son los 2 monitores y la cabeza del oyente. Esta es la mejor forma de evitar imágenes fantasmas (ubicaciones aparentes de fuentes de sonido entre los monitores).

Tomando en cuenta las dimensiones de la Sala de Control, considerando todas las superficies y aprovechando el espacio de la mejor forma posible, los monitores Dynaudio BM12 A se ubicarán a 1,25 [m] del suelo, a 2,5 [m] de distancia entre ellos (dejando una distancia de 72 [cm] entre cada pared lateral de la sala) y a 75 [cm] de la pecera para evitar que las reflexiones que se den en ella se dirijan directamente hacia el *sweet spot* (esta distancia fue obtenida mediante criterios de acústica geométrica, al igual que el ancho máximo del visor acústico (ver apartado Anexo B.2). Todas las distancias son medidas desde el centro del cono del altavoz (ver Figura 9.4).

Para cumplir con el criterio mencionado anteriormente, la cabeza del ingeniero (centro del *sweet spot*) tiene que posicionarse a 2,5 [m] de cada altavoz, lo que significa que estará a 2,91 [m] medidos desde la pared frontal de la sala. Por la distancia que hay entre los monitores y el ingeniero, a este tipo de monitoreo se lo llama de campo mediano (*mid-field*).

Junto a los monitores principales se colocarán los secundarios (Yamaha HS 50M) a la misma altura, con los conos apuntando hacia el *sweet spot*, pero sin aplicar el criterio del triángulo equilátero antes mencionado.

Cada altavoz de rango completo se colocará en columnas individuales de madera encima de 2 *MoPad* (de la empresa *Auralex*), que son bases de apoyo diseñadas especialmente para monitores y evitan la transmisión sonora que se produce por medio de vibraciones desde el altavoz a la superficie donde este se encuentra ubicado.

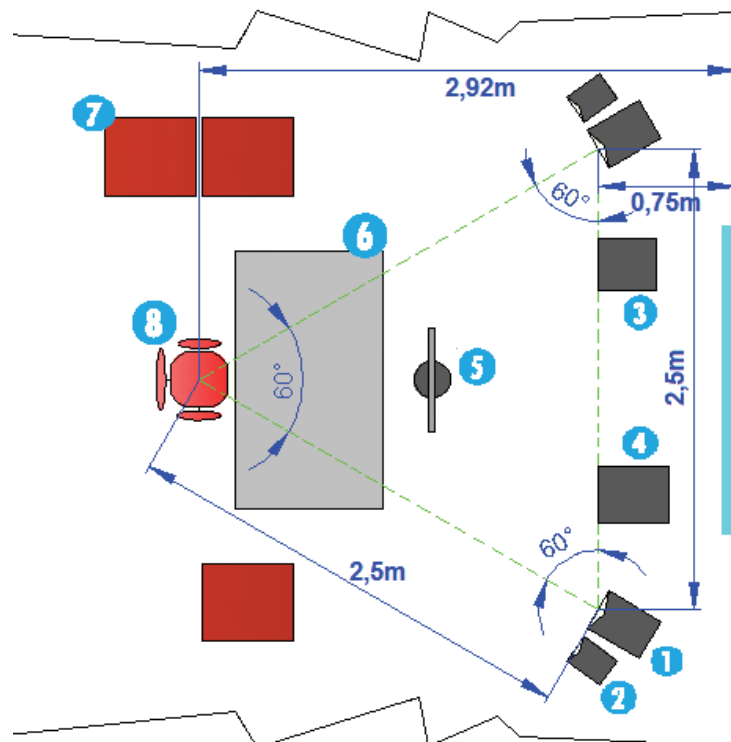
Figura 9.3: Ejemplo un altavoz sobre 2 MoPad y una columna de madera.



Fuente: www.auralex.com

Los *subwoofer* correspondientes a cada sistema de monitoreo se ubicarán en el piso, a la misma distancia de la pared a la que se encuentran los de rango completo. Cada uno se colocará encima de un *SubDude* (de la empresa *Auralex*), base diseñada especialmente para *subwoofer*.

Figura 9.4: Posicionamiento de los Altavoces en la Sala de Control.



Fuente: Autores.

1. Altavoz Dynaudio BM12 A.
2. Altavoz Yamaha HS 50M.
3. *Subwoofer* Dynaudio BM 9S.
4. *Subwoofer* Yamaha HS 10W.
5. Monitor de Video.
6. Consola de Audio.
7. *Racks* (muebles donde se ubican los equipos de la cadena)
8. *Sweet Spot*

9.6. Procesadores y Efectos

Ningún estudio de grabación de audio profesional está completo sin procesadores dinámicos y efectos.

Los procesadores de efectos Yamaha SPX2000 y TC Electronic FireworX brindan la más alta calidad para todo tipo de efectos, siendo fácil asignar la señal de cualquier canal de la consola a estos mediante los envíos auxiliares 3 y 4.

Se pueden usar 8 canales simultáneos de compresión y compuertas de ruido con el PreSonus ACP-88, así como *side-chains* separados por canal para efectos *de-esser* y *ducking*

9.7. Monitoreo en Sala de Músicos

La Consola Ghost LE 32 brinda 2 mezclas *pre-fader* independientes para monitoreo de músicos y una extra asignable por la salida MIX B O/P L. El amplificador de audífonos PreSonus HP60 conectado a los envíos auxiliares 1, 2 y la salida MIX B O/P L de la consola por medio de la medusa tiene la posibilidad de controlar para cada uno de sus 6 canales de salida el nivel de cada mezcla y la posibilidad de mutearlas con un botón.

El estudio dispondrá de 4 pares de audífonos con el respectivo aislamiento para el monitoreo de los músicos, 2 pares de ellos serán Sennheiser HD280, y los otros 2 serán Sony MDR-V6, ambos modelos elaborados especialmente para estudio.

9.8. Patchera

La mejor forma de brindar versatilidad en un estudio es mediante el uso de patcheras, que permiten realizar conexiones entre dispositivos de la cadena sin tener que hacer o deshacer conexiones complejas o difícilmente accesibles debido a la disposición física de los equipos en el estudio. En el diseño se contempla el uso de 5 patcheras dbx PB-48 para poder interconectar todos los equipos. La ventaja de este modelo es que se puede normalizar, de-normalizar y semi-normalizar fácilmente mediante puntos de suelda.

9.9. Procesamiento para masterización de audio

La mezcla principal será enviada por la salida MIX O/P L-R de la consola, la señal pasará por el procesador dinámico multibanda TC Electronic Finalizer 96K y el corrector de fase BBE 882i Sonic Maximizer (en ese orden) para poder realizar masterización de audio. La señal procesada será grabada en disco duro mediante la interfaz y será monitoreada desde la consola a través de la entrada estéreo 2 *Track A*.

9.10. Otros

El modulo de batería Alesis DM5 está previsto para poder grabar baterías electrónicas ejecutadas en tiempo real y como cerebro para modelar sonidos mediante micrófonos piezoeléctricos en baterías acústicas.

Es muy usual y aconsejable usar cajas directas para ciertos instrumentos tales como bajos, guitarras, sintetizadores, módulos de batería, etc. Se escogieron

las siguientes cajas directas activas para cumplir esta función: Boss DI-1 y BBE DI-100X.

Para proteger todos los equipos de la cadena electroacústica de variaciones de voltaje e interrupción abrupta de corriente eléctrica se dispondrá de 3 UPS Furman F1000.

9.11. Cableado

A continuación se detallarán todos los cables necesarios para la cadena electroacústica en una tabla en la que se especifica la cantidad de cables, el tipo de cable, el dispositivo que envía la señal con el nombre de su salida y su conector, el dispositivo que recibe la señal con el nombre de su entrada y su conector, y el largo necesario.

La abreviatura “Bal.” significa balanceado, la “H” significa Hembra, y la “M” significa Macho. Cuando una patchera sea mencionada se detallará un número seguido de una letra A o B, el número denota a cuál de las 5 patcheras se hace referencia (ordenadas de arriba abajo basado en la Figura 9.2), la letra A denota la hilera superior de la patchera y la letra B la hilera inferior.

Tabla 9.1: Listado de Cables Requeridos para la implementación de la Cadena Electroacústica Planteada

Cant.	Cable	Dispositivo de Salida	Conector	Dispositivo de Entrada	Conector	Largo [m]
8	Bal.	Grace M801 Out A (1-8)	XLR H	Patchera 1A (1-8)	TRS Plug	1
4	Bal.	API 3124+ Outputs (1-4)	XLR H	Patchera 1A (9-12)	TRS Plug	1
2	Bal.	Universal Audio 2-610 Output (ChA-ChB)	XLR H	Patchera 1A (13-14)	TRS Plug	1
2	Bal.	ART ProMPA II Output (Ch1-Ch2)	XLR H	Patchera 1A (15-16)	TRS Plug	1
1	Snake	Focusite Octo Pre MIC Output	DB-25	Patchera 1A (17-24)	TRS Plug	1
12	Bal.	Patchera 1B (1-12)	TRS Plug	MOTU HD192 A Inputs (1-12)	XLR M	1,5
12	Bal.	Patchera 1B (13-24)	TRS Plug	MOTU HD192 B Inputs (1-12)	XLR M	1,5
8	Bal.	Soundcraft Ghost LE GRP (1-8)	TRS Plug	Patchera 2A (1-8)	TRS Plug	4
2	Bal.	BBE 882i Sonic Maximizer Outputs (A-B)	XLR H	Patchera 2A (9-10)	TRS Plug	6
2	Bal.	Tc Electronic Finalizer Outputs (L-R)	XLR H	Patchera 2A (11-12)	TRS Plug	6
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE MIX O P (L-R)	XLR H	Patchera 2A (13-14)	TRS Plug	4
2	Bal.	dbx 2231 Outputs (L-R)	XLR H	Patchera 2A (15-16)	TRS Plug	1
1	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 3	TRS Plug	Patchera 2A (17)	TRS Plug	4
1	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 4	TRS Plug	Patchera 2A (19)	TRS Plug	4
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 7 (L-R)	TRS Plug	Patchera 2A (21-22)	TRS Plug	4
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 8 (L-R)	TRS Plug	Patchera 2A (23-24)	TRS Plug	4
10	Bal.	Patchera 2B (1-10)	TRS Plug	MOTU HD192 C Inputs (1-10)	XLR M	1,5
2	Bal.	Patchera 2B (11-12)	TRS Plug	BBE 882i Sonic Maximizer Inputs (A-B)	XLR M	6
2	Bal.	Patchera 2B (13-14)	TRS Plug	Tc Electronic Finalizer Inputs (L-R)	XLR M	6
2	Bal.	Patchera 2B (15-16)	TRS Plug	dbx 2231 Inputs (L-R)	XLR M	1,5
2	Bal.	Patchera 2B (17-18)	TRS Plug	Yamaha SPX 2000 Inputs (L-R)	XLR M	6
2	Bal.	Patchera 2B (19-20)	TRS Plug	TC Electronic Fireworx Inputs (L-R)	XLR M	6
2	Bal.	Patchera 2B (21-22)	TRS Plug	Soundcraft Ghost LE FX RTN 1	TRS Plug	4
2	Bal.	Patchera 2B (23-24)	TRS Plug	Soundcraft Ghost LE FX RTN 2	TRS Plug	4
24	Inserts	Soundcraft Ghost LE Channel Insert (1-24)	TRS Plug	Patchera 3A, 3B (1-24)	TS Plug x2	4
8	Inserts	Soundcraft Ghost LE Channel Insert (25-32)	TRS Plug	Patchera 4A, 4B (1-8)	TS Plug x2	4
8	Inserts	Soundcraft Ghost LE Group Insert (1-8)	TRS Plug	Patchera 4A, 4B (9-16)	TS Plug x2	4
2	Inserts	Soundcraft Ghost LE MIX Insert (L-R)	TRS Plug	Patchera 4A, 4B (17-18)	TS Plug x2	4
2	Bal.	Yamaha SPX 2000 Outputs (L-R)	XLR H	Patchera 4A (19-20)	TRS Plug	6
2	Bal.	TC Electronic Fireworx Outputs (L-R)	XLR H	Patchera 4A (21-22)	TRS Plug	6
2	Bal.	Patchera 4B (19-20)	TRS Plug	Soundcraft Ghost LE FX RTN 3	TRS Plug	4
2	Bal.	Patchera 4B (21-22)	TRS Plug	Soundcraft Ghost LE FX RTN 4	TRS Plug	4
8	Bal.	Presonus ACP88 Outputs (1-8)	TRS Plug	Patchera 5A (1, 4, 7, 10, 13, 15, 17, 19)	TRS Plug	1,5
8	Inserts	Presonus ACP88 Compressor S/C (1-8)	TRS Plug	Patchera 5A (2, 5, 8, 11, 14, 16)	TS Plug x2	1,5
8	Inserts	Presonus ACP88 Gate S/C (1-8)	TRS Plug	Patchera 5A (3, 6, 9, 12, 18,20)	TS Plug x2	1,5
1	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 1	TRS Plug	Patchera 5A (21)	TRS Plug	4

1	Bal.	Soundcraft Ghost LE Aux 2	TRS Plug	Patchera 5A (22)	TRS Plug	4
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE MIX B (L-R)	TRS Plug	Patchera 5A (23-24)	TRS Plug	4
8	Bal.	Patchera 5B (1, 4, 7, 10, 13, 15, 17, 19)	TRS Plug	Presonus ACP88 Inputs (1-8)	TRS Plug	1,5
1	Bal.	Patchera 5B (21)	TRS Plug	Presonus HP60 Input A	TRS Plug	6
1	Bal.	Patchera 5B (22)	TRS Plug	Presonus HP60 Input B	TRS Plug	6
2	Bal.	Patchera 5B (22)	TRS Plug	Presonus HP60 Ext. 3	TRS Plug	6
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE C RM OP (L-R)	TRS Plug	dbx 2231 Inputs (L-R)	XLR M	4
2	Bal.	dbx 2231 Outputs (L-R)	XLR H	BBE 882i Sonic Maximizer Inputs (A-B)	XLR M	1
2	Bal.	BBE 882i Sonic Maximizer Outputs (A-B)	XLR H	Dynaudio BM9S Inputs (L-R)	XLR M	4
2	Bal.	Dynaudio BM9S Outputs (L-R)	XLR H	Dynaudio BM12A Input (L-R)	XLR M	1,5
2	Bal.	Soundcraft Ghost LE ALT OP (L-R)	TRS Plug	Yamaha HS 10w Inputs (L-R)	XLR M	2
2	Bal.	Yamaha HS 10w Outputs (L-R)	TRS Plug	Yamaha HS 50M Inputs (L-R)	XLR M	1,5
12	Bal.	MOTU HD192 A Outputs (1-12)	XLR H	Soundcraft Ghost LE Tape Rtn (1-12)	TRS Plug	4
12	Bal.	MOTU HD192 B Outputs (1-12)	XLR H	Soundcraft Ghost LE Tape Rtn (13-24)	TRS Plug	4
8	Bal.	MOTU HD192 C Outputs (1-8)	XLR H	Soundcraft Ghost LE Tape Rtn (25-32)	TRS Plug	4
2	Bal.	MOTU HD192 C Outputs (9-10)	XLR H	Soundcraft Ghost LE 2 Track A (L-R)	TRS Plug	4

Además de estos se requerirán cables extra para las conexiones no permanentes como las de la parte frontal de las patcheras, microfónica, e instrumentos musicales eléctricos como bajos, guitarras, teclados, etc.

Tabla 9.2: Cables para realizar conexiones no permanentes

Cantidad	Cable	Conector de Entrada	Conector de Salida	Largo m
30	Balanceados	TRS Plug	TRS Plug	0,5
30	Balanceados	XLR Hembra	XLR Macho	6
10	Desbalanceados	TS Plug	TS Plug	6

9.11.1. Medusa.- Estará conformada por 32 cables balanceados con conectores XLR para el envío de señal desde los micrófonos en la sala de músicos a los pre amplificadores dedicados y canales de la consola en la sala de control, así como 4 cables balanceados TRS para el envío de señal desde el amplificador de audífonos en la sala de control hacia los audífonos de cada músico en la sala de músicos. La medusa se ubicará inmediatamente bajo el visor acústico, aledaño a dicha partición. El paso del tubo que lleve dentro de sí los cables de la medusa deberá estar apropiadamente aislado con un

recubrimiento de caucho y bajo el piso flotante para evitar transmisión estructural entre las salas ya que el cable viaja de una sala a otra.

9.12. Microfonía

Existen varios tipos de micrófonos, clasificados por su funcionamiento. El estudio de grabación contempla una selección de varios micrófonos dinámicos, varios micrófonos de condensador y un par de micrófonos de cinta.

Tabla 9.3: Listado de los micrófonos del Estudio de Grabación.

Marca	Modelo	Tipo	Direccionalidad	Rango frecuencial	NPS max
Shure	SM57	Dinámico	Cardioide	40 [Hz] - 15 [KHz]	NA
Shure	SM58	Dinámico	Cardioide	50 [Hz] - 15 [KHz]	NA
Shure	SM7b	Dinámico	Cardioide	50 [Hz] - 20 [KHz]	NA
Shure	Beta57a	Dinámico	Supercardioide	50 [Hz] - 16 [KHz]	NA
Shure	Beta52a	Dinámico	Supercardioide	20 [Hz] - 10 [KHz]	174 [dB]
Shure	SM81	Condensador	Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	146 [dB]
Shure	Beta56	Dinámico	Supercardioide	50 [Hz] - 16 [KHz]	NA
Shure	KSM44	Condensador	Cardioide, Omni, Figura 8	20 [Hz] - 20 [KHz]	NA
AKG	C 414 XLS	Condensador	Multi patrón	20 [Hz] - 20 [KHz]	158 [dB]
AKG	D 112	Dinámico	Cardioide	20 [Hz] - 17 [KHz]	160 [dB]
AKG	C 451 B	Condensador	Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	155 [dB]
Audix	i5	Dinámico	Cardioide	40 [Hz] - 16 [KHz]	140 [dB]
Audix	d6	Dinámico	Cardioide	30 [Hz] - 15 [KHz]	NA
Electro-Voice	re20	Dinámico	Cardioide	45 [Hz] - 18 [KHz]	NA
Sennheiser	e906	Dinámico	Supercardioide	40 [Hz] - 18 [KHz]	NA
Sennheiser	MD421 II	Dinámico	Cardioide	30 [Hz] - 17 [KHz]	NA
Sennheiser	e835	Dinámico	Cardioide	40 [Hz] - 16 [KHz]	154 [dB]
Sennheiser	e914	Condensador	Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	157 [dB]
Sennheiser	e901	Condensador	Medio Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	NA
Sennheiser	MD 441U	Dinámico	Supercardioide	30 [Hz] - 20 [KHz]	160 [dB]
Beyerdynamic	M 160	Ribbon	Hipercardioide	40 [Hz] - 18 [KHz]	129 [dB]
Neumann	TLM 102	Condensador	Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	144 [dB]
Neumann	KM 184	Condensador	Cardioide	20 [Hz] - 20 [KHz]	138 [dB]

10. PRESUPUESTO

En este capítulo se contempla el presupuesto estimado del diseño acústico arquitectónico, del diseño de la cadena electroacústica, y uno total para la ejecución del proyecto. Cabe recalcar que los valores indicados en las tablas a continuación son solamente valores de referencia (en dólares estadounidenses) ya que no contemplan costos de importación, impuestos y demás gastos extras que pueden variar el valor total de la inversión.

Tabla 10.1: Presupuesto Materiales de Construcción y Acondicionamiento Acústico

	Unidad	Costo directo	Total
Paredes			
Paredes de ladrillo macizo de 15 [cm] de grosor	m ²	11,18	
Enlucido interior (incluye andamios)	m ²	5,00	
Estucado de pared para interiores	m ²	3,00	
Pintura para interiores (2 manos)	m ²	2,50	
	116,59	21,68	2527,67
Pared de bloque hueco de cemento de 15 [cm] de grosor	m ²	8,43	
Pintura para exteriores (2 manos)	m ²	2,70	
Estucado de pared para exteriores	m ²	3,80	
Enlucido exteriores	m ²	4,80	
	59,73	19,73	1178,47
Techo de losa de concreto de 20 [cm] de grosor			
Encofrado de losa con tablero contrachapado	m ²	15,80	
Hormigón en losa de 20 [cm], concreto 220 [kg/cm ²]	m ²	52,00	
Malla electrosoldada	m ²	5,00	
Estructura metálica de soporte (vigas)	m ²	15,00	
Impermeabilización	m ²	6,40	
	87,1	94,20	8204,82
Cielo falso			
Planchas de gypsum	m ²	14,00	
Estucado de techo	m ²	4,00	
Pintura de techo (2 manos)	m ²	4,00	
	26,28	22,00	578,16
Suelo de concreto			
Excavación de plintos y cimientos	m ²	0,50	
Relleno compacto	m ²	0,70	
Replanteo, plintos y cadenas de hormigón	m ²	20,00	
Contrapiso	m ²	18,00	
Alisado piso	m ²	4,93	
Impermeabilización chova	m ²	9,00	

	87,1	53,13	4627,62
Piso flotante (losa 5 [cm] sobre lana vidrio)			
Plástico sobre lana de vidrio	m ²	2,50	
Losa concreto con malla electrosoldada	m ²	20,00	
Alisado concreto	m ²	4,93	
Duela con pulidora	m ²	60,00	
	67,2	87,43	5875,30
Varios			
Visor acústico en marco de madera	1	300,00	300,00
Parquet	65,2	49,80	3246,96
Alfombra 1 [cm]	14,6	30,00	438,00
Fibra de vidrio 10 [cm]	22,8	6,00	136,80
Perfiles metálicos	30	2,50	75,00
Plancha de gypsum de 12 [mm]	29,5	7,90	233,05
Puertas de acero con cierre hermético	2	1000,00	2000,00
Plancha de triplex	13	20,78	270,14
Plancha de MDF	76,5	29,00	2218,50
Fibra de Vidrio 7.5 [cm]	156,5	4,00	626,00
Difusores	2	5200,00	10400,00
Paneles de acústica variable	11	40,00	440,00
Tiras de caucho de 8 [mm]	150 m	8,00	1200,00
		TOTAL \$	44576,50
		Margen Error (3%)	1337,30
		GRAN TOTAL \$	45913,80

Tabla 10.2: Presupuesto de los equipos de la Cadena Electroacústica.

	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Pre amplificadores			
API Audio 3124+	3200,00	1	3200,00
Focusrite Platinum OctoPre	800,00	1	800,00
Grace Design M801	4200,00	1	4200,00
Universal Audio 2-610 Dual Channel	2100,00	1	2100,00
ART ProMPA II	300,00	1	300,00
Amplificador de Audífonos Presonus HP60	300,00	1	300,00
Consola			
Ghost LE 32 con meter bridge	7600,00	1	7600,00
Computador			
Apple Mac Pro MB535LL/A	3100,00	1	3100,00
Monitor Samsung 2494HM 24" LCD	250,00	1	250,00
Monitores de Audio			
Altavoces Dynaudio BM12 A	1000,00	2	2000,00
Subwoofer Dynaudio BM 9S	1000,00	1	1000,00
Altavoces Yamaha HS 50M (par) y Subwoofer HS 10W	700,00	1	700,00

Audífonos Sennheiser HD280 Pro	100,00	2	200,00
Audífonos Sony MDR-V6	110,00	2	220,00
Audífonos Sennheiser HD 380 PRO Headphones	200,00	1	200,00
Periféricos			
Procesador TC Electronic Finalizer 96K	2500,00	1	2500,00
Procesador de Efectos Yamaha SPX2000	1150,00	1	1150,00
Ecuador Gráfico de 31 bandas dbx 2231 dual	550,00	2	1100,00
Módulo de Baterías Alesis DM5 18-bit	360,00	1	360,00
Procesador BBE 882i Sonic Maximizer	250,00	2	500,00
Procesador de Efectos TC Electronic FireworX	1500,00	1	1500,00
Procesador Dinámico PreSonus ACP-88	900,00	1	900,00
Interfaz			
MOTU HD192 (principal)	1800,00	1	1800,00
MOTU HD192 (expansiones)	1520,00	2	3040,00
Otros			
Caja Directa Activa Boss DI-1	160,00	2	320,00
Caja Directa Activa BBE DI-100X	150,00	2	300,00
UPS Furman F1000	750,00	3	2250,00
Patchera dbx PB-48 48-Point 1/4"	100,00	5	500,00
Rack para Estudio Gator Cases (para 10 equipos)	130,00	3	390,00
Base para monitores Auralex MoPad (4 pads)	39,00	2	78,00
Base para subwoofer Auralex SubDude	50,00	2	100,00
Cable de Audio Proel (metro)	1,30	1000	1300,00
Conector XLR Neutric Hembra	3,00	132	396,00
Conector XLR Neutric Macho	3,00	118	354,00
Conector TRS Neutric	4,50	262	1179,00
Cable DB 25 Planet Waves	60,00	1	60,00
Cable Insert Hosa STP204 (4m)	9,20	26	239,20
Cable Insert Hosa STP203 (3m)	8,00	16	128,00
Cable Insert Hosa STP201 (1m)	6,00	12	72,00
Conector TR Neutric	3,50	20	70,00
		TOTAL \$	46756,20

Tabla 10.3: Presupuesto de los micrófonos del Estudio de Grabación.

	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Shure SM57	100,00	4	400,00
Shure SM58	100,00	2	200,00
Shure SM7B	350,00	1	350,00
Shure Beta 57A	140,00	1	140,00
Shure Beta 52A	190,00	1	190,00
Shure SM81	350,00	2	700,00
Shure Beta56	160,00	1	160,00
Shure KSM44	800,00	1	800,00
AKG C 414 XLS	1050,00	2	2100,00
AKG D 112	250,00	1	250,00
AKG C 451 B	580,00	2	1160,00
Audix i5	100,00	1	100,00
Audix d6	200,00	1	200,00
Electro-Voice re20	430,00	1	430,00
Sennheiser e906	190,00	1	190,00
Sennheiser MD421 II	380,00	3	1140,00
Sennheiser e835	100,00	1	100,00
Sennheiser e914	400,00	1	400,00
Sennheiser e901	240,00	1	240,00
Sennheiser MD 441U	900,00	1	900,00
Beyerdynamic M 160	700,00	2	1400,00
Neumann TLM 102	700,00	1	700,00
Neumann KM 184	850,00	1	850,00
		TOTAL \$	13100,00

Tabla 10.4: Presupuesto Total

	USD
Equipos de la Cadena Electroacústica	46756,20
Micrófonos del Estudio de Grabación	13100,00
Materiales Construcción y Acondicionamiento Acústico	45913,80
Honorarios Diseño Arquitectónico y Acondicionamiento Acústico (25%)	11478,45
Honorarios Cadena Electroacústica	3000,00
	TOTAL \$ 120248,45

11. RECOMENDACIONES

11.1. Sistema de Ventilación

Todo estudio de grabación profesional necesita un sistema de aire acondicionado, y no hay que escatimar en gastos al hablar de ello ya que su objetivo no sólo es el bienestar y comodidad física de las personas dentro del recinto, sino también el buen funcionamiento de los equipos, para que aquellos dispositivos electrónicos que incorporan tubos y grandes transformadores de voltaje no se sobrecalienten y se dañen con el uso y el tiempo.

Un ducto de aire acondicionado utilizado generalmente en estudios o instalaciones caseras, tiene como promedio un diametro de 20 [cm], por lo cual es óptimo dejar un espacio de unos 50 [cm] entre la loza estructural y el techo falso para aislar el ruido producido por los ductos del aire acondicionado. Aunque el espacio restante de la cámara no sea rellenado con material absorbente, lo cual es altamente recomendable, es necesario tener al menos un buen espacio de cámara para obtener una mejor insonorización.

El diseño debe considerar en lo posible, una velocidad de aire inferior a los 2,5 [m/s] en los ductos para evitar ruido en la rejilla, la cual funciona eficazmente teniendo de 5 a 7 direcciones.

Mientras mayor sea la velocidad de giro de las aspas del ventilador mayor ruido causará, por lo que es aconsejable trabajar con ventiladores grandes, logrando el mismo resultado con menor velocidad de giro de aspas.

Es preferible redondear las esquinas de los recodos de los ductos y utilizar empalmes de caucho para interconectar ventilador, ductos y estructura, evitando ruido por transmisión estructural y cambios bruscos de dirección del aire.

Hay que montar el ventilador sobre una base aislante de vibraciones y usar conductos de hierro galvanizado rectangulares recubiertos exteriormente con fibra de vidrio para los ductos de aire reduciendo así transmisión estructural de vibraciones al edificio y aislar térmicamente al sistema.

Se debe procurar que los ductos de aire sean independientes para cada sala, o de no ser así, ubicar las rejillas de salida y extracción de aire de cada sala lo más distanciadas entre ellas.

El motor del sistema de ventilación debe estar ubicado lejos de las salas, preferiblemente en un cuarto con buen aislamiento (sala de máquinas).

La instalación de cámaras plenum revestidas en el interior de fibra de vidrio de 2 pulgadas y 15 [kg/m³] de densidad son habituales para reducir el ruido del sistema (hasta 21 [dB] de atenuación).

Si se produce ruido tonal en el movimiento de las aspas se puede diseñar un filtro silenciador resonador para corregir el problema. Para encontrar la frecuencia a atenuar se usa la siguiente ecuación:

$$f_{ruido} = \frac{RPM_{ventilador} * N^{\circ} \text{aspas}_{ventilador}}{60} \text{ [Hz]}$$

11.2 Tomas eléctricas

Siempre en la etapa de instalación y montaje de techo, piso y paredes hay que prever cuántos puntos de luz y donde se encontrarán ubicadas las tomas eléctricas en ambas salas, considerando la ubicación de los dispositivos y predisposición de la sala.

Es aconsejable tener al menos 2 fases eléctricas (110 [v]) para no sobrecargar las conexiones en una sola fase y evitar desde problemas de ruido hasta averías técnicas por fluctuación de voltaje en los dispositivos (a pesar del uso

de UPS). No está por demás instalar una tercera fase y tener tomas de corriente de 220 [v] por si las circunstancias así lo requieran.

Todas las tomas eléctricas deben tener una buena puesta a tierra que abastezca correctamente al diseño eléctrico planteado y así evitar los denominados *Loops de Tierra*.

Como recomendación y para un mejor rendimiento de los equipos con lo antes dicho, es una buena idea conectar todos los dispositivos de la cadena electroacústica de la sala de control a una fase y dejar la otra libre para la conexión de equipos eléctricos en la sala de músicos y luces.

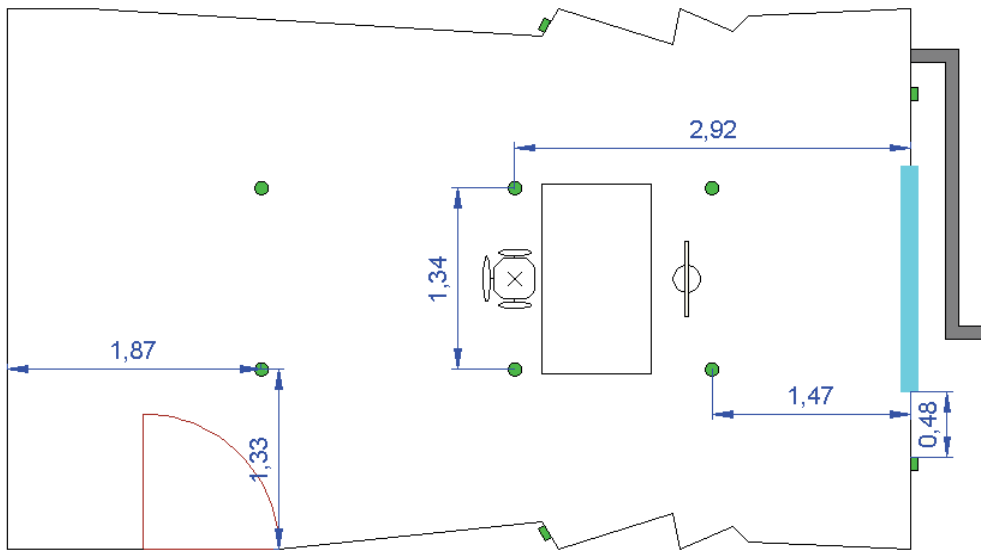
11.3 Iluminación

Es importante manejar una buena iluminación en el estudio considerando que no existe ningún tipo de ventanas para que el sol irradie luz solar dentro de él. Hay que considerar también iluminación que no canse al ojo humano, ya sea por el tipo de luminaria, ubicación de los focos, exceso o falta de luz.

Se recomienda evitar el uso de focos luminiscentes que funcionen con gas ya que producen un ruido considerable que puede filtrarse en las grabaciones y a su vez afectar la percepción del ingeniero de grabación.

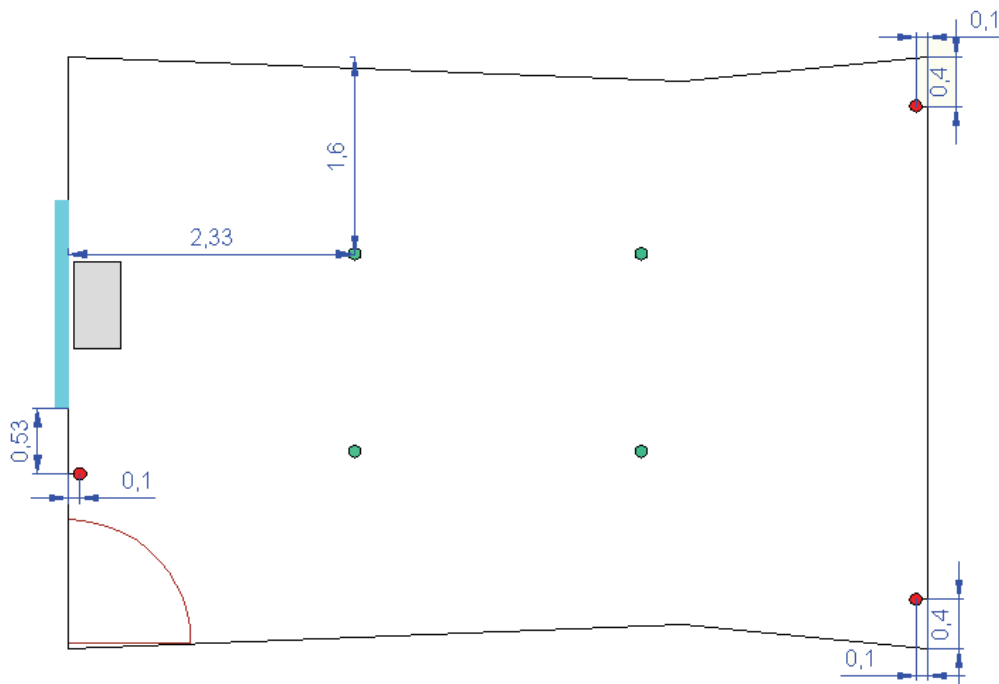
En las Figuras 11.1 y 11.2 a continuación se recomienda donde deberían estar las tomas de corriente y los puntos de luz en ambas salas. Los cuadrados de color verde corresponden a las tomas de corriente, los círculos de color verde a los puntos de luz y los círculos de color rojo indican que bajo los puntos de luz deben haber también tomas de corriente. En estas figuras también se indica por dónde pasará la manguera de cables de la medusa (Figura 11.1) y dónde se ubicará la misma en la Sala de Músicos (recuadro color gris en la Figura 11.2).

Figura 11.1: Puntos de luz y tomas de corriente en la Sala de Control.



Fuente: Autores.

Figura 11.2: Puntos de luz y tomas de corriente en la Sala de Músicos.



Fuente: Autores.

12. CONCLUSIONES

A pesar de los problemas sonoros propios encontrados en salas rectangulares debido a su forma, fue posible lograr una buena distribución modal aplicando los criterios de Louden y Volkman para la Sala de Control, y Sepmeyer para la Sala de Músicos, los cuales además cumplen con el gráfico de Bolt.

Para cumplir con la curva NC-15, no se necesita que las particiones del estudio posean TLs por banda de octava tan altos como los obtenidos con el *software INSUL* mediante la simulación, pero, es preponderante lograr un STC capaz de aislar los 80 [dBs] Leq de NPS producidos por el tránsito aéreo de la zona.

Hay que tener en cuenta que un visor acústico en una partición reduce el STC drásticamente en comparación a la misma partición sin visor. En el caso de la partición que divide la sala de control de la sala de músicos y en la que se halla el visor acústico, el STC logrado de 62 cumple con la curva NC-15 a menos que se esté grabando una banda completa en vivo lo cual es algo que hoy en día ha dejado de ser una tendencia debido a los altos estándares de precisión en interpretación musical lo cual exige una grabación individual de instrumentos.

Mediante experimentación (*software INSUL*) se comprobó que al tener conexiones rígidas entre las 2 caras que conforman una partición doble, disminuye considerablemente el STC de dicha partición.

Con respecto al aislamiento, no basta con regirse con una curva para el ruido de fondo (como es el caso específico de la NC-15) para aislar al recinto de sus exteriores, sino también tomar en cuenta el aislamiento necesario de adentro hacia afuera para cumplir con la Ordenanza 146 del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, la cual regula esta instancia.

EL $T60_{mid}$ logrado en la Sala de Control de 0,225 [s] es óptimo para una sala de mezcla la cual considera un $T60_{mid}$ de entre 0,2 [s] y 0,4 [s] para trabajar en las mejores condiciones.

Las dimensiones y disposición del visor acústico entre las salas son factores importantes a considerar en un diseño LEDE ya que el vidrio es altamente reflectante y se encuentra en el *dead end* de la Sala de Control. Tener una angulación adecuada es necesaria para evitar tanto reflexiones de primer orden que se dirijan a la consola de grabación así como filtro peine.

Los 19,3 [ms] de ITI logrados en la Sala de Control se encuentran bajo los 20 [ms] citados por Hass y Beranek^[7] como una característica acústica óptima para una sala.

Gracias al uso de paneles de acústica variable fue posible variar el $T60_{mid}$ de la sala de músicos 0,68 segundos. De 0,44 [s] (cuando hay máxima absorción), a 1,48 [s] (cuando la absorción es mínima). El rango de $T60$ logrado es sumamente recomendable para la grabación de la palabra hablada, rock/pop, un ensamble pequeño de jazz, cuerdas y vientos pop entre algunos otros.

Para lograr secar la sala hasta un $T60_{mid}$ de 0,44 [s] en la Sala de Músicos hubo que recubrir un área total de 34,43 [m] de material absorbente (fibra de vidrio y alfombra) en las paredes y piso, lo que representa el 24,88% del área total del recinto.

No es posible predecir el número total de resonadores que una sala necesitará para corregir sus problemas de respuesta de frecuencia en la etapa de diseño ya que no se cuenta con un software que simule esto y es necesario esperar hasta efectuar una medición de campo con la obra ya concluida.

Aunque no todos los dispositivos de la Cadena Electroacústica están a disposición en el mercado nacional hay, que tomar en cuenta que hay ciertos equipos que necesariamente tienen que ser importados ya que Ecuador no es un medio que provea en abundancia de esto.

El diseño de una Sala de Control tiene que considerar como primordial el tipo de monitores a implementar, ya que dependiendo de sus características de irradiación (campo cercano, medio o lejano) y su ubicación, la sala interactuará de diferente manera. De igual manera, el poder hacer comparaciones A – B es indispensable para un Ingeniero, por lo que es de suma importancia la implementación de monitores alternos junto a los principales.

Es necesario trabajar conjuntamente con un arquitecto, ingeniero eléctrico, ingeniero civil y de otras índoles para no escatimar detalles importantes en la planificación del proyecto tales como construcción de edificaciones, instalaciones eléctricas, aire acondicionado, estética visual, resistencia de los materiales, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **EVEREST**, F. ALTON, “The Master Handbook of Acoustics”, McGraw-Hill, 2001.
- [2] **RECUERO**, MANUEL, “Acústica de Estudios para Grabación Sonora”, Instituto Oficial de Radiotelevisión Española, 1993.
- [3] **CARRIÓN**, ANTONI, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Edicions UPC, 1998.
- [4] **MIYARA**, FEDERICO, “Control de Ruido”, ASOLOFAL, 2000.
- [5] **HARRIS**, CYRIL, “Manual de Medidas Acústicas y Control de Ruido”, McGraw Hill, 1995.
- [6] **RUMSEY**, FRANCIS, “Spatial Audio”, Focal Press, 2003.
- [7] **SOMMERHOFF**, JORGE, “Acústica de Locales”, 2005.
- [8] **HORNIG**, KLAUS, “Diseño de un Estudio de Grabación con Sala de Control LEDE”, Tesis para optar al grado de Licenciado en Acústica, UACH, 2001.
- [9] **MUNSTER** van, “Acoustics of Sound Recording Control Rooms-past, present and future”, Eindhoven University of Technology, 2003.
- [10] **MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**, “Normas Técnicas para la aplicación de la Codificación del Título V, “del medio ambiente”, libro segundo, del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito”, 2005.

- [11] **Manuales de usuario de los equipos y micrófonos utilizados en el diseño de la cadena electroacústica.**

- [12] **Cobertura Especializada en Acústica y Sonido,**
<http://www.ceasonido.cl/2009/07/las-famosas-curvas-nc/>

- [13] **RPG Difusor Systems Inc.,** <http://www.rpginc.com/>

- [14] **Auralex,** <http://www.auralex.com>

- [15] **Croxon,** <http://www.croxon.com>

- [16] **Musicians Friend,** <http://www.musiciansfriend.com>

- [17] **Sweetwater,** <http://www.sweetwater.com>

- [18] **Cámara de la Construcción,** Revista de la cámara de la construcción, N° 209, 2010, (pág. 88 – 93).

ANEXO A

PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y VISTAS 3D DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN

Figura A.1: Vista 3D del Estudio de Grabación.

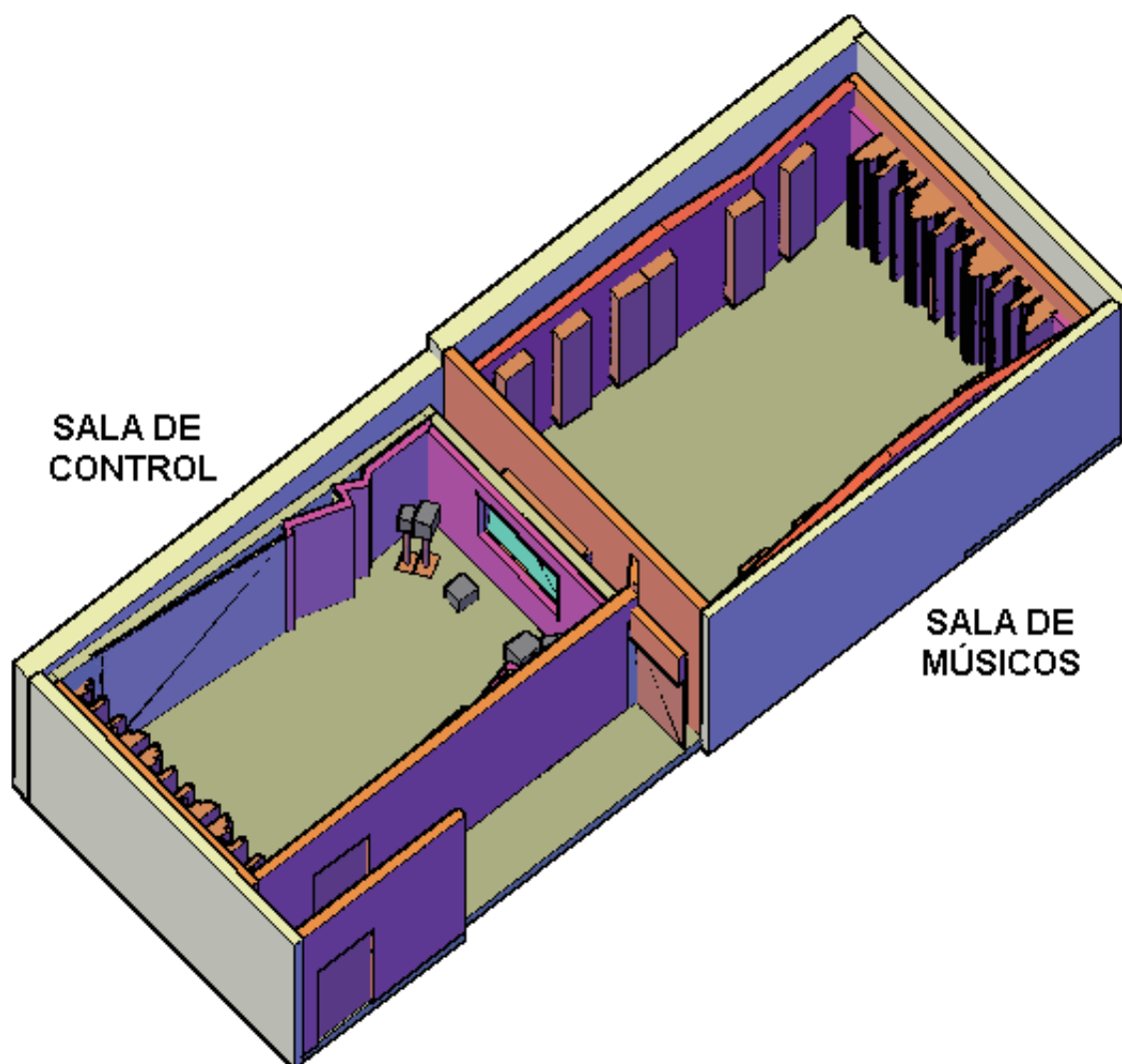


Figura A.2: Vista 3D de la Sala de Control.

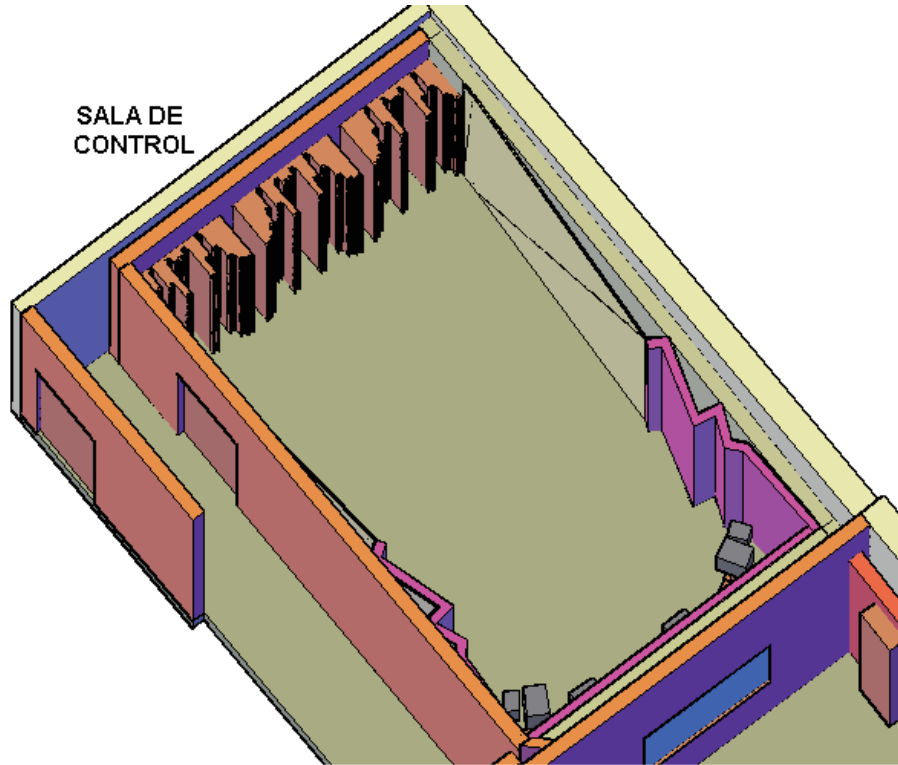
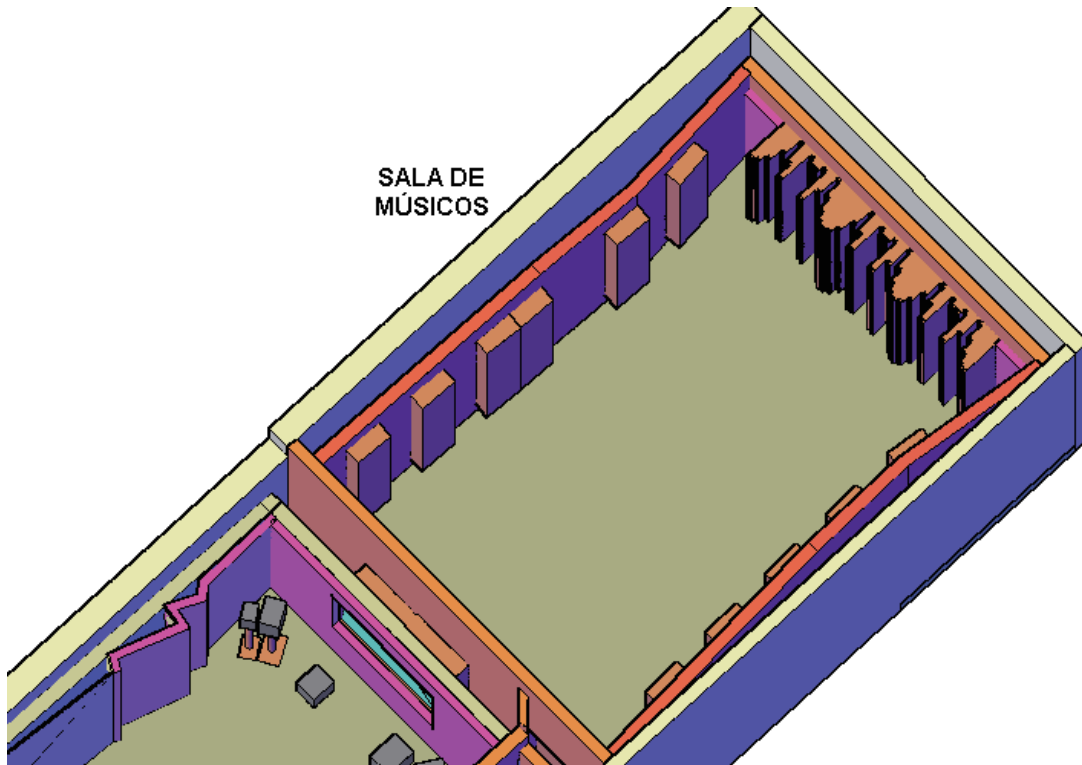


Figura A.3: Vista 3D de la Sala de Músicos.



ANEXO B

CÁLCULOS REALIZADOS EN EL DISEÑO DEL ESTUDIO DE GRABACIÓN

B.1 MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN

El cálculo de los modos normales de vibración para las salas de control y músicos se realizó mediante la fórmula Rayleigh:

$$f(nx, ny, nz) = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{nx}{x}\right)^2 + \left(\frac{ny}{y}\right)^2 + \left(\frac{nz}{z}\right)^2} \quad (\text{B.1})$$

donde:

f = frecuencia del modo normal de vibración [Hz]

c = velocidad del sonido [m/s]

nx, ny, nz = pueden tomar cualquier valor entero

x, y, z = son las dimensiones de la sala [m]

Así por ejemplo el cálculo del primer modo normal axial de la sala de control (1 ; 0 ; 0) se obtiene de la siguiente forma:

DIMENSIONES	(m)
LARGO	6,65
ANCHO	4
ALTURA	2,65

$$f(1, 0, 0) = \frac{344}{2} \sqrt{\left(\frac{1}{6,65}\right)^2 + \left(\frac{0}{4}\right)^2 + \left(\frac{0}{2,65}\right)^2} \quad (\text{B.2})$$

$$f(1, 0, 0) = 25,86 \text{ [Hz]} \quad (\text{B.3})$$

Para ambas salas se calcularon los primeros 15 modos axiales de cada dimensión, debido a que estos son los que más influyen en la curva de respuesta de frecuencia de la sala. Los modos tangenciales y oblicuos se calcularon hasta la combinación (4 ; 4 ; 4). En las siguientes tablas se muestran solo los modos normales calculados que se encuentran por debajo de los 300

Hz, debido a que por encima de esta frecuencia la curva de respuesta de la sala tiende a ser uniforme y no presenta problemas significativos. Los modos están ordenados de manera ascendente.

ESPACIAMIENTO indica la diferencia que existe entre ese modo y el anterior. Las letras A, T, O representan a los modos Axiales, Tangenciales y Oblicuos respectivamente.

Tabla B.1: Modos Normales de Vibración de la Sala de Control (6,65m x 4m x 2,65m)

nx	ny	nz	FRECUENCIA MODAL [Hz]	ESPACIAMIENTO [Hz]	A	T	O
1	0	0	25,86		X		
0	1	0	43,00	17,14	X		
1	1	0	50,18	7,18		X	
2	0	0	51,73	1,55	X		
0	0	1	64,91	13,18	X		
2	1	0	67,27	2,36		X	
1	0	1	69,87	2,60		X	
3	0	0	77,59	7,72	X		
0	1	1	77,86	0,26		X	
1	1	1	82,04	4,18			X
2	0	1	83,00	0,96		X	
0	2	0	86,00	3,00	X		
3	1	0	88,71	2,71		X	
1	2	0	89,81	1,09		X	
2	1	1	93,48	3,67			X
2	2	0	100,36	6,88		X	
3	0	1	101,16	0,80		X	
4	0	0	103,46	2,30	X		
0	2	1	107,74	4,29		X	
3	1	1	109,92	2,18			X
1	2	1	110,80	0,88			X
4	1	0	112,04	1,23		X	
3	2	0	115,83	3,79		X	
2	2	1	119,52	3,69			X
4	0	1	122,13	2,61		X	
0	3	0	129,00	6,87	X		
5	0	0	129,32	0,32	X		
4	1	1	129,48	0,16			X
0	0	2	129,81	0,33	X		
1	3	0	131,57	1,76		X	
1	0	2	132,36	0,80		X	
3	2	1	132,78	0,41			X
4	2	0	134,54	1,76		X	
0	1	2	136,75	2,21		X	

2	3	0	138,99	2,24		X	
1	1	2	139,17	0,19			X
2	0	2	139,74	0,57		X	
0	3	1	144,41	4,67		X	
2	1	2	146,20	1,80			X
1	3	1	146,71	0,50			X
4	2	1	149,37	2,67			X
3	3	0	150,54	1,16		X	
3	0	2	151,23	0,70		X	
2	3	1	153,39	2,16			X
6	0	0	155,19	1,79	X		
0	2	2	155,71	0,53		X	
3	1	2	157,23	1,51			X
1	2	2	157,85	0,62			X
3	3	1	163,93	6,09			X
2	2	2	164,08	0,15			X
4	3	0	165,36	1,28		X	
4	0	2	166,00	0,63		X	
4	1	2	171,47	5,48			X
0	4	0	172,00	0,53	X		
1	4	0	173,93	1,93		X	
3	2	2	173,98	0,04			X
4	3	1	177,64	3,67			X
2	4	0	179,61	1,97		X	
7	0	0	181,05	1,44	X		
0	3	2	183,01	1,96		X	
0	4	1	183,84	0,83		X	
1	3	2	184,83	0,99			X
1	4	1	185,65	0,82			X
4	2	2	186,95	1,30			X
3	4	0	188,69	1,74		X	
2	3	2	190,18	1,49			X
2	4	1	190,98	0,80			X
0	0	3	194,72	3,74	X		
1	0	3	196,43	1,71		X	
3	3	2	198,78	2,35			X
0	1	3	199,41	0,63		X	
3	4	1	199,54	0,14			X
4	4	0	200,72	1,17		X	
1	1	3	201,08	0,36			X
2	0	3	201,47	0,39		X	
2	1	3	206,01	4,54			X
8	0	0	206,92	0,91	X		
3	0	3	209,61	2,69		X	
4	3	2	210,23	0,62			X
4	4	1	210,95	0,72			X
0	2	3	212,86	1,91		X	
3	1	3	213,97	1,11			X
1	2	3	214,43	0,46			X
0	5	0	215,00	0,57	X		

0	4	2	215,49	0,49		X	
1	4	2	217,03	1,55			X
2	2	3	219,06	2,02			X
4	0	3	220,50	1,44		X	
2	4	2	221,61	1,11			X
4	1	3	224,65	3,04			X
3	2	3	226,56	1,92			X
3	4	2	229,03	2,47			X
9	0	0	232,78	3,75	X		
0	3	3	233,57	0,79		X	
1	3	3	235,00	1,43			X
4	2	3	236,67	1,67			X
4	4	2	239,04	2,36			X
2	3	3	239,23	0,19			X
3	3	3	246,12	6,89			X
4	3	3	255,46	9,34			X
0	6	0	258,00	2,54	X		
10	0	0	258,65	0,65	X		
0	0	4	259,62	0,98	X		
0	4	3	259,81	0,18		X	
1	0	4	260,91	1,10		X	
1	4	3	261,09	0,18			X
0	1	4	263,16	2,07		X	
1	1	4	264,43	1,27			X
2	0	4	264,73	0,30		X	
2	4	3	264,90	0,18			X
2	1	4	268,20	3,29			X
3	0	4	270,97	2,77		X	
3	4	3	271,14	0,17			X
0	2	4	273,50	2,35		X	
3	1	4	274,36	0,86			X
1	2	4	274,72	0,36			X
2	2	4	278,34	3,63		X	X
4	0	4	279,48	1,13		X	
4	4	3	279,65	0,17			X
4	1	4	282,77	3,12			X
3	2	4	284,29	1,52			X
11	0	0	284,51	0,22	X		
0	3	4	289,91	5,39		X	
1	3	4	291,06	1,15			X
4	2	4	292,41	1,35			X
2	3	4	294,48	2,07			X
3	3	4	300,11	5,63			X
0	7	0	301,00	0,89	X		

Tabla B.2: Modos Normales de Vibración de la Sala de Músicos (7m x 4,80m x 3m)

nx	ny	nz	FRECUENCIA MODAL [Hz]	ESPACIAMIENTO [Hz]	A	T	O
1	0	0	24,57		X		
0	1	0	35,83	11,26	X		
1	1	0	43,45	7,62		X	
2	0	0	49,14	5,69	X		
0	0	1	57,33	8,19	X		
2	1	0	60,82	3,49		X	
1	0	1	62,38	1,56		X	
0	1	1	67,61	5,23		X	
0	2	0	71,67	4,06	X		
1	1	1	71,94	0,27			X
3	0	0	73,71	1,78	X		
2	0	1	75,51	1,80		X	
1	2	0	75,76	0,25		X	
3	1	0	81,96	6,20		X	
2	1	1	83,58	1,62			X
2	2	0	86,90	3,31		X	
0	2	1	91,78	4,88		X	
3	0	1	93,39	1,61		X	
1	2	1	95,01	1,62			X
4	0	0	98,29	3,28	X		
3	1	1	100,02	1,74			X
3	2	0	102,81	2,79		X	
2	2	1	104,11	1,30			X
4	1	0	104,61	0,51		X	
0	3	0	107,50	2,89	X		
1	3	0	110,27	2,77		X	
4	0	1	113,79	3,51		X	
0	0	2	114,67	0,88	X		
1	0	2	117,27	2,60		X	
3	2	1	117,72	0,45			X
2	3	0	118,20	0,48		X	
4	1	1	119,29	1,09			X
0	1	2	120,14	0,84		X	
4	2	0	121,64	1,50		X	
0	3	1	121,83	0,19		X	
1	1	2	122,62	0,79			X
5	0	0	122,86	0,23	X		
1	3	1	124,29	1,43			X
2	0	2	124,75	0,47		X	
2	1	2	129,80	5,04			X
3	3	0	130,35	0,55		X	
2	3	1	131,37	1,03			X
4	2	1	134,47	3,10			X
0	2	2	135,22	0,75		X	

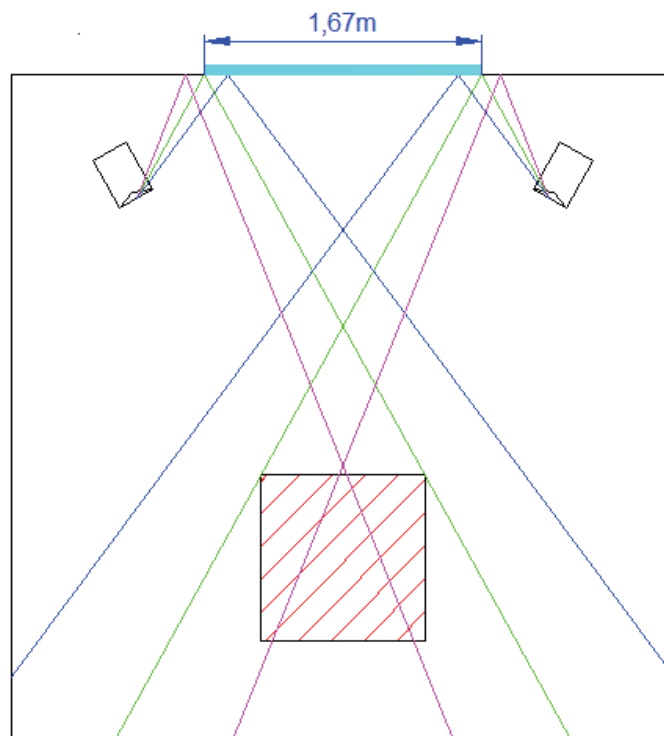
3	0	2	136,32	1,10		X	
1	2	2	137,43	1,12			X
3	1	2	140,95	3,51			X
3	3	1	142,40	1,45			X
0	4	0	143,33	0,94	X		
2	2	2	143,87	0,54			X
1	4	0	145,42	1,55		X	
4	3	0	145,66	0,23		X	
6	0	0	147,43	1,77	X		
4	0	2	151,02	3,60		X	
2	4	0	151,52	0,50		X	
3	2	2	154,01	2,48			X
0	4	1	154,37	0,37		X	
4	1	2	155,22	0,84			X
1	4	1	156,32	1,10			X
4	3	1	156,54	0,22			X
0	3	2	157,18	0,64		X	
1	3	2	159,09	1,91			X
3	4	0	161,18	2,09		X	
2	4	1	162,01	0,83			X
2	3	2	164,68	2,67			X
4	2	2	167,17	2,49			X
3	4	1	171,07	3,90			X
0	0	3	172,00	0,93	X		
7	0	0	172,00	0,00	X		
3	3	2	173,60	1,60			X
1	0	3	173,75	0,14		X	
4	4	0	173,79	0,05		X	
0	1	3	175,69	1,90		X	
1	1	3	177,40	1,71			X
2	0	3	178,88	1,48		X	
0	5	0	179,17	0,28	X		
2	1	3	182,44	3,27			X
4	4	1	183,01	0,57			X
0	4	2	183,56	0,55		X	
1	4	2	185,19	1,64			X
4	3	2	185,38	0,18			X
0	2	3	186,33	0,96		X	
3	0	3	187,13	0,80		X	
1	2	3	187,95	0,82			X
2	4	2	190,02	2,07			X
3	1	3	190,53	0,51			X
2	2	3	192,70	2,17			X
8	0	0	196,57	3,87	X		
3	4	2	197,80	1,23			X
4	0	3	198,10	0,30		X	

3	2	3	200,38	2,28			X
4	1	3	201,32	0,93			X
0	3	3	202,83	1,51		X	
1	3	3	204,31	1,48			X
4	4	2	208,21	3,90			X
2	3	3	208,70	0,49			X
4	2	3	210,67	1,97			X
0	6	0	215,00	4,33	X		
3	3	3	215,81	0,81			X
9	0	0	221,14	5,33	X		
0	4	3	223,89	2,75		X	
1	4	3	225,24	1,34			X
4	3	3	225,39	0,15			X
2	4	3	229,22	3,83			X
0	0	4	229,33	0,11	X		
1	0	4	230,65	1,31		X	
0	1	4	232,12	1,47		X	
1	1	4	233,41	1,30			X
2	0	4	234,54	1,13		X	
3	4	3	235,72	1,18			X
2	1	4	237,26	1,54			X
0	2	4	240,27	3,01		X	
3	0	4	240,89	0,62		X	
1	2	4	241,52	0,63			X
3	1	4	243,54	2,02			X
4	4	3	244,52	0,98			X
2	2	4	245,24	0,73			X
10	0	0	245,71	0,47	X		
4	0	4	249,51	3,79		X	
0	7	0	250,83	1,33	X		
3	2	4	251,32	0,49			X
4	1	4	252,07	0,74			X
0	3	4	253,28	1,21		X	
1	3	4	254,47	1,19			X
2	3	4	258,00	3,53			X
4	2	4	259,60	1,59			X
3	3	4	263,79	4,19			X
11	0	0	270,29	6,50	X		
0	4	4	270,44	0,16		X	
1	4	4	271,55	1,11			X
4	3	4	271,68	0,13			X
2	4	4	274,87	3,19			X
3	4	4	280,31	5,44			X
0	8	0	286,67	6,36	X		

B.2 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL VISOR ACÚSTICO.

Considerando la posición de los monitores principales y utilizando criterios de acústica geométrica se pudo obtener el ancho máximo que el visor puede tener para que las reflexiones que se den en él no lleguen directamente al *sweet spot* de la sala de control.

Figura B.1: Determinación del tamaño del visor



Como se aprecia en la Figura B.1 si el visor fuese de un ancho mayor llegarían primeras reflexiones al *sweet spot* (líneas de color lila), lo que cambiaría el ITI de la sala y la percepción del oyente.

Se redondeó el ancho del visor a 1,70m por motivos de simplificación en la elaboración del mismo, este aumento de 1,5cm a cada lado no representará problemas en el *sweet spot*.

B.3 CURVAS DE TL DE CADA PARTICIÓN ENTREGADAS POR EL INSUL.

Figura B.2: Curva de TL de la partición que divide la Sala de Control de la Sala de Músicos.

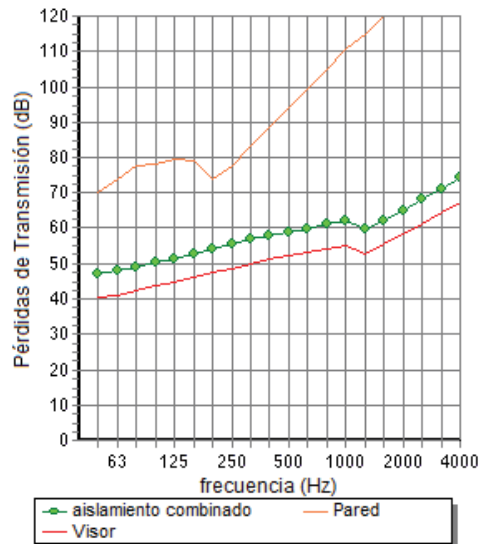


Figura B.3: Curva de TL de la Partición A de la Sala de Control.

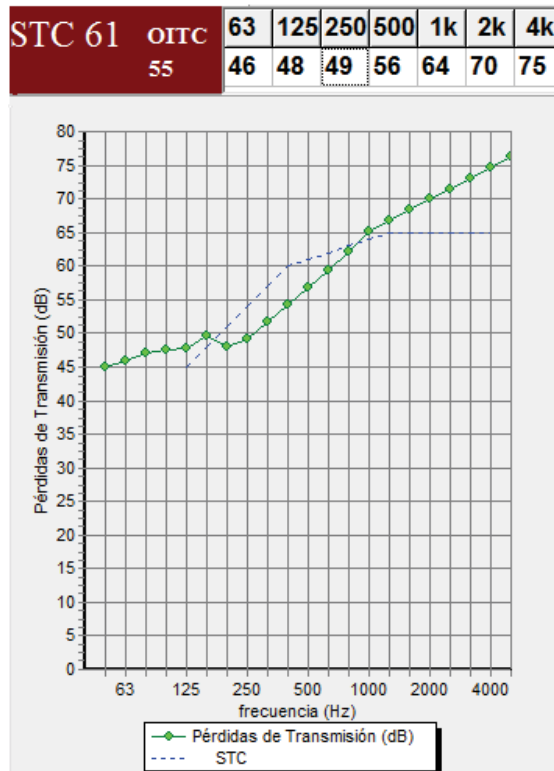


Figura B.4: Curva de TL de la Partición B de la Sala de Control.

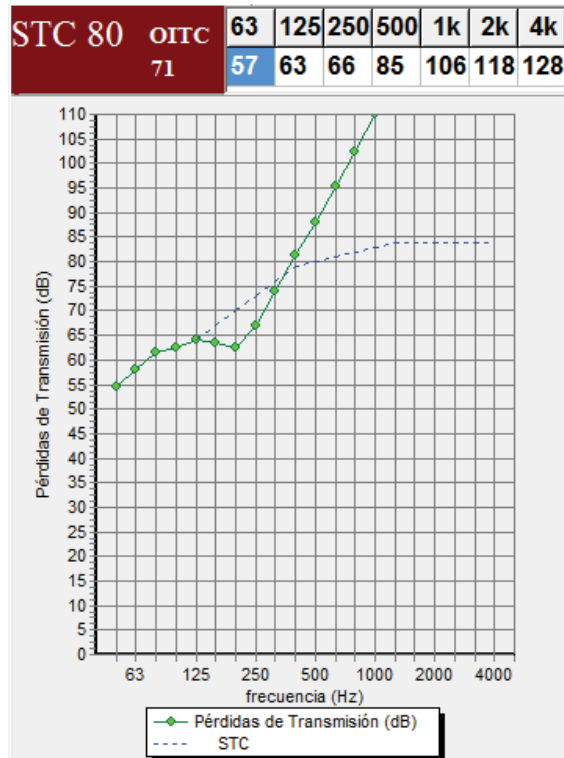


Figura B.5: Curva de TL de la Partición C de la Sala de Control.

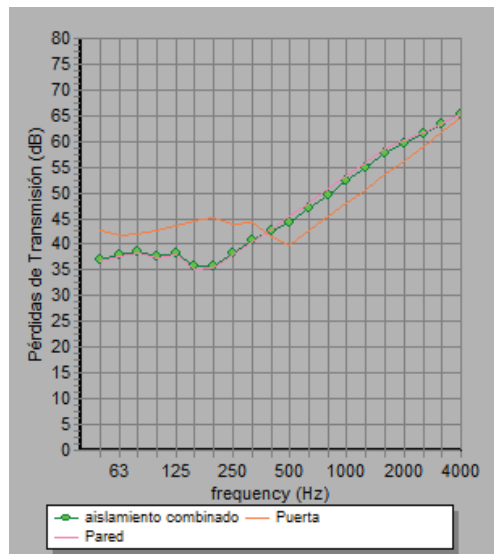


Figura B.6: Curva de TL del Techo.

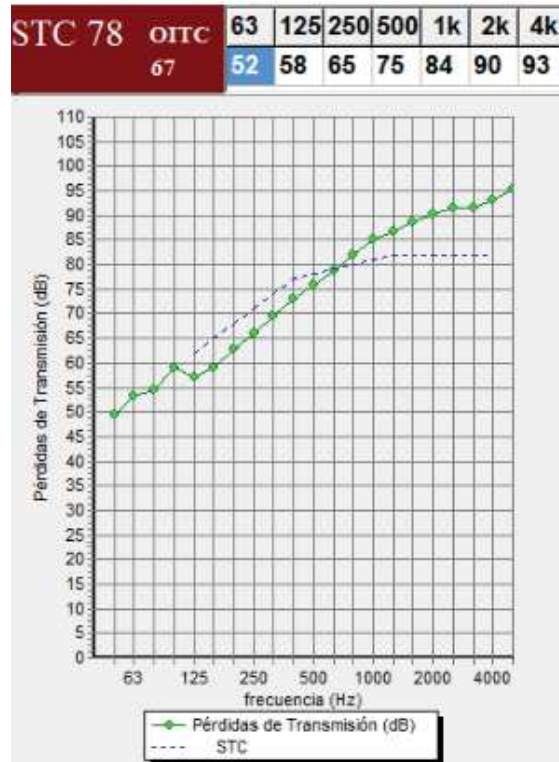


Figura B.7: Curva de TL de la Pared A de la Sala de Músicas.

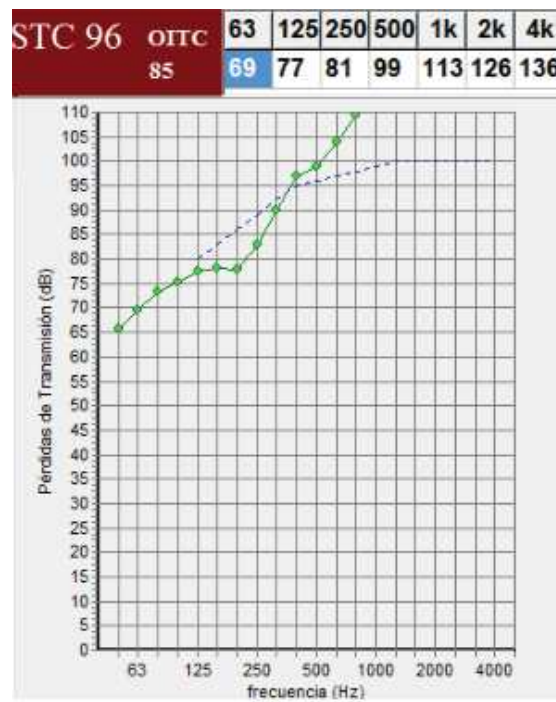


Figura B.8: Curva de TL de la Pared B de la Sala de Músicos.

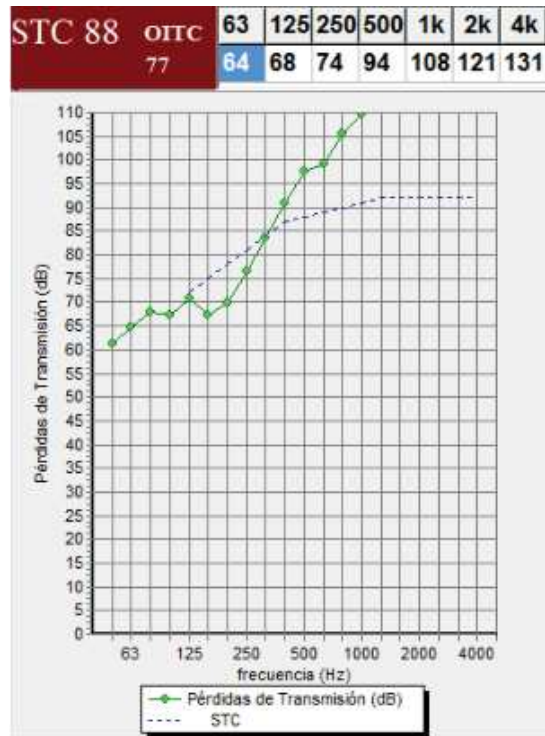
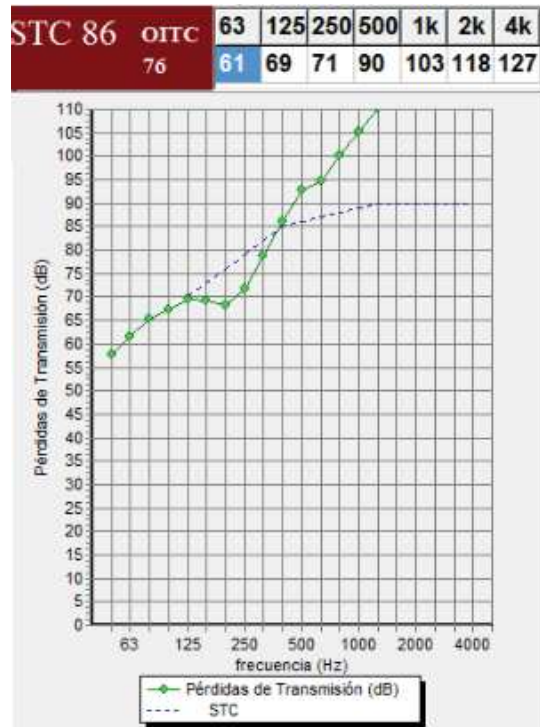


Figura B.9: Curva de TL de la Pared B de la Sala de Músicos.



B.3 CÁLCULO DE LOS TL POR BANDA DE OCTAVA DE LA PARTICIÓN QUE DIVIDE A LAS SALAS DE CONTROL Y MÚSICOS.

Para obtener los TL por banda de octava de una partición mixta se utiliza la siguiente fórmula:

$$TL = 10 \log \left(\frac{S_T}{\sum_n S_n T_n} \right) \quad (B.4)$$

donde:

TL= TL de la partición mixta por banda de octava.

S_T= Superficie total de la partición mixta.

S_n= Superficie de la n-ésima partición.

T_n= coeficiente de transmisión de la n-ésima partición.

El T_n se obtiene de la siguiente forma:

$$T_n = 10^{\left(\frac{-TL_n}{10} \right)} \quad (B.5)$$

donde:

TL_n= TL por banda de octava de la n-ésima partición.

Así por ejemplo el cálculo del TL para la banda de 63 Hz de la partición mixta que divide la sala de control y la sala de músicos es el siguiente:

Primero se obtuvo la superficie total de la partición mixta multiplicando el ancho por la altura de la sala de control (9,68 m²); dado que la superficie escogida para el visor acústico es de 2,04 m² se obtuvo la superficie de pared restando este valor de la superficie total (7,64 m²).

Utilizando los valores de TL obtenidos de la simulación en el *Insul* (Tablas 7.5 y 7.6):

$$TL_{63Hz} = 10 \log \left(\frac{9,68}{7,64 \left(10^{-\frac{73}{10}} \right) + 2,04 \left(10^{-\frac{41}{10}} \right)} \right) \quad (B.6)$$

$$TL_{63Hz} = 47,75 \text{ Hz} \quad (B.7)$$

Redondeando el valor obtenido se obtiene un TL de 48 en la banda de octava de 63 Hz.

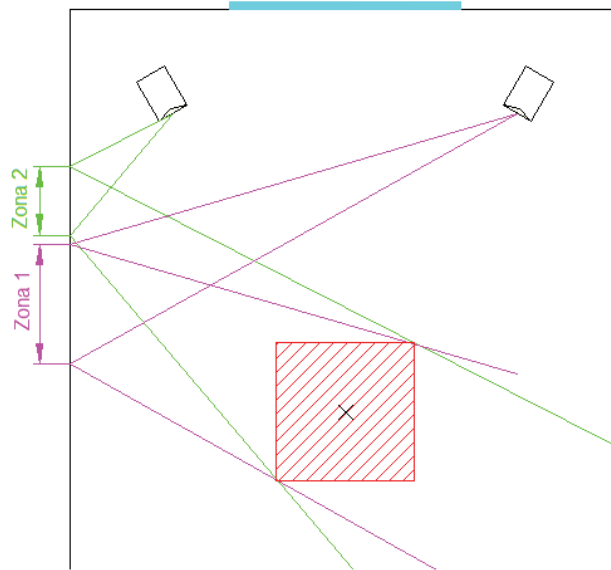
Este procedimiento se realizó para todas las bandas de octava así como para el resto de particiones mixtas del estudio de grabación.

B.4 APLICACIÓN DE ACÚSTICA GEOMÉTRICA EN LA INCLINACIÓN DE LAS PAREDES DE LA SALA DE CONTROL.

A pesar de que las superficies de la mitad frontal de la sala estarán cubiertas por material absorbente y el nivel de las reflexiones que se den en estas y lleguen al *sweet spot* será bajo con respecto al del sonido directo es preferible evitar que dichas reflexiones alcancen al oyente, para esto se utiliza la acústica geométrica en la inclinación de paredes.

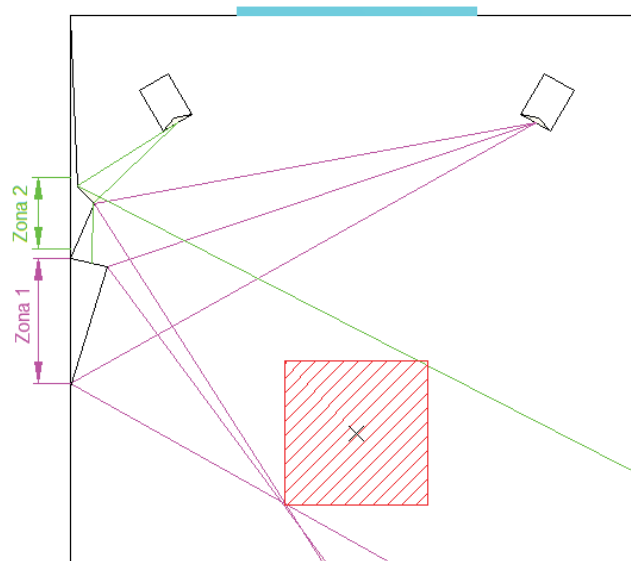
Primero se determinan las zonas de pared en donde las reflexiones de primer orden llegan al *sweet spot*, proyectando rayos desde las fuentes (monitores):

Figura B.2: Determinación de las zonas de las paredes laterales donde las primeras reflexiones llegan al oyente en la sala de control.



En la Figura B.2 solo se muestran las reflexiones de una pared lateral dado que estas son simétricas y en la otra se comportarán de la misma forma. En las zonas problemáticas se varía la inclinación de las paredes hasta que las reflexiones sean desviadas por completo de la zona de escucha:

Figura B.3: Cálculo de las inclinaciones en las paredes laterales de la sala de control.



Se realizó el mismo procedimiento para el techo, pero la inclinación necesaria hubiese variado de manera considerable el volumen de la sala.

B.5 CÁLCULO DEL DIFRACTAL DISEÑADO PARA LA SALA DE CONTROL Y SALA DE MÚSICOS.

En el diseño del difusor de bajas frecuencias se empleó un número primo $p=17$ para la obtención de la secuencia de residuos cuadráticos, y se consideró una frecuencia mínima de 300 [Hz], puesto que para las frecuencias más bajas no suele existir problemas de difusión. La frecuencia máxima de difusión calculada es 2400 [Hz], 3 octavas por encima de la frecuencia mínima. El ancho calculado de cada ranura es de 7,1 [cm], pero por motivos de simplificación en la elaboración del difusor se estableció que el ancho será de 7 [cm] exactos, lo que nos da una frecuencia máxima de difusión de 2457 [Hz]; con esto el ancho total de cada secuencia será de 1,19 [m]. Las profundidades de las ranuras que conforman la secuencia serán las siguientes:

$$d_0 = 0 \text{ [cm]}$$

$$d_1 = 3,4 \text{ [cm]}$$

$$d_2 = 6,8 \text{ [cm]}$$

$$d_4 = 13,5 \text{ [cm]}$$

$$d_8 = 27 \text{ [cm]}$$

$$d_9 = 30,4 \text{ [cm]}$$

$$d_{13} = 43,8 \text{ [cm]}$$

$$d_{15} = 50,6 \text{ [cm]}$$

$$d_{16} = 54 \text{ [cm]}$$

El fractal que se colocará dentro de cada ranura del difusor de bajas frecuencias se diseñó utilizando un número primo $p=7$ para la obtención de la secuencia de residuos cuadráticos, su ancho total es de 7 [cm], determinado por el ancho de ranura del difusor de baja frecuencia, con esto se obtuvo que cada ranura del fractal tendrá un ancho de 1 [cm]. La frecuencia mínima es 2150 [Hz], y la máxima es 17200 [Hz]. Las profundidades de las ranuras que conforman la secuencia serán las siguientes:

$$h_0 = 0 \text{ [cm]}$$

$$h_1 = 1,1 \text{ [cm]}$$

$$h_2 = 2,3 \text{ [cm]}$$

$$h_4 = 4,6 \text{ [cm]}$$

B.5.1 Difusor de baja frecuencia (QRD unidimensional, p=17)

El primer paso al diseñar un difusor es el de decidir la frecuencia mínima para la que este trabajará dependiendo del rango de difusión que se necesite. Debido a que en la sala de control se requiere un buen campo difuso para el mayor número de frecuencias dentro del rango audible, se escogió la frecuencia de 300 Hz como frecuencia mínima de diseño, ya que para frecuencias más bajas no suele haber problemas de difusión por su característica casi omnidireccional, además, mientras más baja sea la frecuencia mínima más espacio físico se necesitará en la elaboración del difusor.

Determinada la frecuencia mínima f_{\min} se obtuvo la frecuencia máxima f_{\max} mediante la siguiente fórmula:

$$f_{\max} = 2^3 f_{\min} \text{ [Hz]} \quad (\text{B.8})$$

$$f_{\max} = 2^3 (300) \quad (\text{B.9})$$

$$f_{\max} = 2400 \text{ Hz} \quad (\text{B.10})$$

Conociendo la frecuencia máxima se calcula el ancho de cada ranura:

$$w = \frac{c}{2f_{\max}} - b \quad (\text{B.11})$$

donde:

w = ancho de la ranura [m]

c = velocidad del sonido [m/s]

b = ancho del divisor [m]

Debido a que no se van a utilizar divisores, este valor se desprecia en la ecuación (B.7)

$$w = \frac{344}{2(2400)} \quad (\text{B.12})$$

$$w = 0,071 [m] \quad (\text{B.13})$$

Aproximando este valor tenemos que el ancho de cada ranura es de 7 [cm]

El ancho total de una secuencia será:

$$w_T = w p \quad (\text{B.14})$$

donde:

w_T = ancho total

p = número primo

$$w_T = 0,07 (17) \quad (\text{B.15})$$

$$w_T = 1,19 [m] \quad (\text{B.16})$$

La secuencia de residuos cuadráticos está dada por:

$$S_n = n^2 \text{ mod } p \quad (\text{B.17})$$

donde:

S_n = valor de la secuencia en función de n

n = número entero (desde 0 a $p-1$)

Así por ejemplo, el cálculo de S_0 será:

$$S_0 = 0^2 \text{ mod } 17 \quad (\text{B.18})$$

$$S_0 = 0 \quad (\text{B.19})$$

La profundidad de cada ranura se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d_{Sn} = \frac{S_n c}{2 p f_{\text{mín}}} \quad (\text{B.20})$$

donde:

d_{Sn} = profundidad de la n-ava ranura [m]

S_n = n-avo valor de la secuencia de residuos cuadráticos

Por ejemplo, el cálculo de d_1 :

$$d_1 = \frac{1(344)}{2(17)(300)} \quad (\text{B.21})$$

$$d_1 = 0,0337 \text{ [m]} \quad (\text{B.22})$$

En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos para la secuencia de residuos cuadráticos y las respectivas profundidades del difusor de baja frecuencia:

Tabla B.3: Valores de la secuencia y profundidades del difusor de baja frecuencia

n	S_n	d_{Sn} [m]	n	S_n	d_{Sn} [m]
0	0	0	9	13	0,4384
1	1	0,0337	10	15	0,5058
2	4	0,1349	11	2	0,0674
3	9	0,3035	12	8	0,2698
4	16	0,5396	13	16	0,5396
5	8	0,2698	14	9	0,3035
6	2	0,0674	15	4	0,1349
7	15	0,5058	16	1	0,0337
8	13	0,4384			

B.5.2 Fractal (QRD unidimensional, p=7)

Se tiene que cumplir que:

$$k_T = w \quad (\text{B.23})$$

donde:

k_T = ancho total de una secuencia del fractal [m]

w = ancho de una ranura del difusor de baja frecuencia [m]

Con esto, se obtiene el ancho de cada ranura mediante:

$$k = \frac{k_t}{p} \quad (\text{B.24})$$

donde:

k = ancho de la ranura del fractal [m]

p = número primo

$$k = \frac{0,07}{7} \quad (\text{B.25})$$

$$k = 0,01 \text{ [m]} \quad (\text{B.26})$$

Cambiando la variable w por la variable k , se despeja $f_{\text{máx}}$ de la ecuación (B.7) para obtener la frecuencia máxima del fractal:

$$f_{\text{máx}} = \frac{c}{2k} \quad (\text{B.27})$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{344}{2(0,01)} \quad (\text{B.28})$$

$$f_{\text{máx}} = 17200 \text{ [Hz]} \quad (\text{B.29})$$

Despejando $f_{\text{mín}}$ de la ecuación (B.4) se obtiene la frecuencia mínima del fractal:

$$f_{\text{mín}} = \frac{f_{\text{máx}}}{2^3} \quad (\text{B.30})$$

$$f_{\text{mín}} = \frac{17200}{2^3} \quad (\text{B.31})$$

$$f_{\text{mín}} = 2150 \text{ [Hz]} \quad (\text{B.32})$$

Mediante las ecuaciones (B.13) y (B.16) (cambiando la variable d en la ecuación B.16 por h) se calcula la secuencia de residuos cuadráticos y las profundidades de cada ranura del fractal, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla B.4: Valores de la secuencia y profundidades del difusor de baja frecuencia

n	Sn	h _{Sn} [m]
0	0	0
1	1	0,0114
2	4	0,0457
3	2	0,0228
4	2	0,0228
5	4	0,0457
6	1	0,0114

B.6 CÁLCULO DE RESONADORES

Una vez calculados los modos normales de vibración de ambas salas se detectaron problemas en los 72 [Hz] en el cuarto de músicos y en los 130 [Hz] en el cuarto de control. Debido a su gran efectividad y fácil ubicación se diseñaron resonadores unitarios de Helmholtz tipo mata esquinas para la Sala de Músicos y Sala de Control.

B.6.1. CALCULO DE RESONADORES PARA EL CUARTO DE CONTROL

El problema de la sala debido a sus dimensiones se ubicó en los 130 [Hz], por lo que:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{M_A C_A}} \quad [Hz] \quad (B.33)$$

donde

f_0 = Frecuencia de Resonancia

M_A = Masa Acústica

C_A = Compliancia Acústica

Se obtiene la masa Acústica de la siguiente manera:

$$M_A = \frac{1,18(1+1,7a)}{a^2 \pi} \quad (B.34)$$

$$M_A = \frac{1,18(1+1,7(0,01))}{(0,01)^2 \pi} \quad (B.35)$$

$$M_A = 439,458 [kg/m^4] \quad (B.36)$$

La Compliancia Acústica se calcula:

$$C_A = \frac{1}{M_A (2\pi f_0)^2} \quad (B.37)$$

$$C_A = \frac{1}{439,458 (2\pi (130))^2} \quad (B.38)$$

$$C_A = 3,41 \times 10^{-9} [m^5/N] \quad (B.39)$$

Obteniendo el volumen de aire necesario dentro del resonador con la siguiente fórmula:

$$V = 1,18C_A C^2 \quad (\text{B.40})$$

donde

V = Volumen

C = Velocidad del sonido

$$V = 4,76 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad (\text{B.41})$$

Donde la absorción máxima del sistema viene dada por:

$$A_{m\acute{a}x} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (\text{B.42})$$

donde:

$A_{m\acute{a}x}$ = Absorción máxima

λ^2 = Longitud de onda.

$$A_{m\acute{a}x} = 0,557 \text{ m}^2 \text{ sabine} \quad (\text{B.43})$$

Tomando en cuenta las restricciones de diseño ($x, y, z, r \leq \lambda/16$ y $0,0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0,029\lambda$; para estos resonadores, se diseñó el mata-esquinas con las siguientes dimensiones:

a = 1 [cm]

H; h; b; l = 10 [cm]

donde:

a = radio del cuello

H = altura total del resonador

h = altura de la cavidad

b = base de la cavidad

l = longitud del cuello

B.6.2. CALCULO DE RESONADORES PARA EL CUARTO DE MÚSICOS

Siguiendo el procedimiento anterior, se diseñó el mismo tipo de resonador para la Sala de Músicos para los 72 [Hz]. Las dimensiones del resonador son las siguientes:

$$a = 1[\text{cm}]$$

$$H; h; = 4,18 [\text{cm}]$$

$$b; l = 10 [\text{cm}]$$

B.7 CÁLCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Se calcula la absorción de cada superficie de la sala mediante la siguiente fórmula:

$$A = S * \alpha \quad (\text{B.44})$$

donde:

A = absorción [m^2 sabine]

S = superficie [m^2]

α = coeficiente de absorción propio del material

Ya que el coeficiente de absorción de cada material varía con respecto a la frecuencia del frente de onda incidente, este procedimiento se debe realizar por bandas de octava. Una vez obtenida la absorción de cada superficie se suman algebraicamente los resultados para cada banda de octava y se obtiene la absorción total (A_{TOTAL}) de la sala.

Utilizando los valores obtenidos se calcula el tiempo de reverberación de la siguiente manera:

$$T_{60} = 0,161 * \frac{V}{A_{TOTAL}} \quad (B.45)$$

donde:

T_{60} = tiempo de reverberación [s].

V = volumen de la sala [m^3].

A_{TOTAL} = absorción total de la sala para cada banda de octava [m^2 sabine]

Tabla B.5: Tiempos de Reverberación de la Sala de Control por bandas de octava

	MATERIAL	SUPERFICIE (m ²)	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN						ABSORCIÓN (m ² sabine)					
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Techo	Planchas de gypsum	15,30	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	4,44	1,53	0,77	0,61	1,07	1,38
	Fibra de vidrio 10cm	10,50	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	7,88	10,08	10,08	9,45	8,82	7,77
Piso	Alfombra 1cm	13,00	0,17	0,18	0,21	0,50	0,63	0,83	2,21	2,34	2,73	6,50	8,19	10,79
	Parquet sobre asfalto	11,50	0,05	0,03	0,06	0,09	0,1	0,22	0,58	0,35	0,69	1,04	1,15	2,53
Visor	Vidrio	2,05	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,37	0,12	0,08	0,06	0,04	0,04
Pared Frontal	Fibra de vidrio 10cm	7,65	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	5,74	7,34	7,34	6,89	6,43	5,66
Difusor	Triplex 1cm	9,85	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11	2,76	2,17	1,67	0,89	0,99	1,08
Pared Posterior	Fibra de vidrio 10cm	0,95	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	0,71	0,91	0,91	0,86	0,80	0,70
	Ladrillo Pintado	2,4	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
Puerta	Acero	2	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06
Paredes Laterales	Fibra de vidrio 10cm	17,30	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	12,98	16,61	16,61	15,57	14,53	12,80
	Ladrillo Pintado	2,50	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
	Planchas de gypsum	14,70	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	4,26	1,47	0,74	0,59	1,03	1,32

ABSORCIÓN TOTAL	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
	41,98	42,99	41,76	42,58	43,20	44,24

VOLUMEN (m ³)	
	67

T ₆₀	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
	0,26	0,25	0,26	0,25	0,25	0,24

Tabla B.6: Tiempos de Reverberación Mínimos de la Sala de Músicos por bandas de octava

	MATERIAL	SUPERFICIES (m ²)	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN						ABSORCIÓN (m ² sabine)						
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Techo	Planchas de gypsum	33,72	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	9,78	3,37	1,69	1,35	2,36	3,03	
Piso	Alfombra 1cm	6,25	0,17	0,18	0,21	0,50	0,63	0,83	1,06	1,13	1,31	3,13	3,94	5,19	
	Parquet sobre asfalto	27,35	0,05	0,03	0,06	0,09	0,1	0,22	1,37	0,82	1,64	2,46	2,74	6,02	
Visor	Vidrio	2,04	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,37	0,12	0,08	0,06	0,04	0,04	
Pared Posterior	Fibra de vidrio 10cm	2,78	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	2,09	2,67	2,67	2,50	2,34	2,06	
	Ladrillo pintado	2,50	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	
Difusor	Triplex 1cm	8,74	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11	2,45	1,92	1,49	0,79	0,87	0,96	
Pared Frontal	Pared ladrillo pintada	9,98	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	
Puerta	Acero	2	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	
Paredes Laterales	Ladrillo pintado	16,58	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	0,33	
11 paneles abiertos	Fibra de vidrio 10cm	26,40	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	19,80	25,34	25,34	23,76	22,18	19,54	
									ABSORCION TOTAL	37,22	35,69	34,84	34,67	35,10	37,48
VOLUMEN (m³)		95,76							T₆₀ MIN	0,41	0,43	0,44	0,44	0,44	0,41

Tabla B.7: Tiempos de Reverberación Máximos de la Sala de Músicos por bandas de octava

	MATERIAL	SUPERFICIES (m ²)	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN						ABSORCIÓN (m ² sabine)						
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	
Techo	Planchas de gypsum	33,72	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	9,78	3,37	1,69	1,35	2,36	3,03	
Piso	Alfombra 1cm	0	0,17	0,18	0,21	0,50	0,63	0,83	0	0	0	0	0	0	
	Parquet sobre asfalto	33,60	0,05	0,03	0,06	0,09	0,1	0,22	1,37	0,82	1,64	2,46	2,74	6,02	
Visor	Vidrio	2,04	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,37	0,12	0,08	0,06	0,04	0,04	
Pared Posterior	Fibra de vidrio 10cm	2,78	0,75	0,96	0,96	0,9	0,84	0,74	2,09	2,67	2,67	2,50	2,34	2,06	
	Ladrillo pintado	2,50	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	
Difusor	Triplex 1cm	8,74	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11	2,45	1,92	1,49	0,79	0,87	0,96	
Pared Frontal	Pared ladrillo pintada	9,98	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	
Puerta	Acero	2	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,06	0,06	
Paredes Laterales	Ladrillo pintado	16,58	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,17	0,17	0,33	0,33	0,33	0,33	
	11 paneles cerrados	13,20	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,13	0,13	0,26	0,26	0,26	0,26	
	Triplex 1cm	13,20	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11	3,70	2,90	2,24	1,19	1,32	1,45	
			ABSORCION TOTAL						20,50	12,44	11,07	9,80	11,20	15,84	
VOLUMEN (m³)		95,76							T₆₀ MAX	0,75	1,24	1,39	1,57	1,38	0,97

ANEXO C

Especificaciones técnicas de los equipos de la cadena electroacústica

C.1. PREAMPLIFICADOR API 3124+



Discrete 4 Channel Mic/Line Pre, plus DI

Specifications	
Input Impedance:	1500 Ohms Mic, 470 K Ohms Un-Balanced, HI-Z in
Output Impedance:	Less than 75 Ohms Channel Outputs
Nominal Levels:	XLR Channel Output +4 dBu
Stereo Output Level:	Unbalanced: nominal -2, Balanced: +4
Clipping Level:	XLR Channel Output better than +28 dBm
Frequency Response:	+0, -5, 10 Hz to 20 kHz (-.5 at 10 Hz)
Noise EIN:	-129 Mic, -125 Un-Bal. Actual
Measured Noise:	Better than -91 dBm / below Nominal +4.
Distortion:	All Outputs at +4 out, .03%, at +22, .09% Max
Gain Range:	150 Ohms Input 10 dB Min., 65 dB Max (inc. PAD). Un-Bal. Input 14 dB Min., 50 dB Max
VU Meter:	Calibrated for XLR Outputs, OVU=+4 dBu, (-12, -6, -3, 0, +3, +6, +18)
Controls:	GAIN, PAD (20 dB), 48Volts, POL (polarity), MIC (mic/un-ba;), VU, AC
Size:	19" X 1U X 8"
Shipping Weight/Actual Weight:	13 lbs./11 lbs.

C.2.PREAMPLIFICADOR FOCUSRITE PLATINUM OCTOPRE



ESPECIFICACIONES

Entradas

Balanceadas electrónicamente
Nivel nominal +4dBu/-10dBv

Conectores de entrada

Jack " " (canales 1 y 2)
Sub-D de 25 pines para los 8 canales de nivel línea analógica
8 x XLR de entrada de micrófono

Controles del panel frontal

Alimentación phantom On/Off: +48V
Ganancia (mic): 0dB a 60dB
Ganancia (línea) -10dB a +10dB
Ganancia (instrumento) 0dB a +60dB (Impedancia 1 Mohm)
Inversor de fase: On/Off (Canal 1 y 2 exclusivamente)
Filtro pasa altos: On/Off: -12dB/octava. -6dB a 75Hz
Dinámica: Umbral del limitador fijo a 20dBu
Umbral y ratio del compresor variables
Commutable (44.1, 48, 88.2 y 96 kHz)
Selección de frecuencia:
Dither: 24, 20 o 16 bit

Medidores

Presencia de señal: -20dBFS (LED green)
Sobrecarga: +22dBu (LED rojo)
Compresor mode: LED yellow aumenta en intensidad con la compresión
Hard Limit mode: LED rojo se enciende cuando limita (umbral a +20dBu)

Salida analógica

Sub-D de 25 pines con 8 canales analógicos

Salida digital

Ver los detalles en la página 54

Especificaciones de características

THD: 0.001% @ 20dBu input, mic and line at 0dB gain
Ruido: -95dB a unidad de ganancia en la unidad
Mic EIN: -128 dBu @ 6dB of gain with 150 ohm termination impedance
Respuesta en frecuencias: -1dB de 10 Hz a 200 kHz
Medidas: 480 x 44 x 265 mm
Peso: 3.2 Kg.

C.3. PREAMPLIFICADOR GRACE DESIGN m801



PREAMPLIFIER SPECIFICATIONS		
FREQUENCY RESPONSE		
@ 40dB gain \pm 3dB 50 Ω source		4.5Hz-350KHz
@ 40dB gain \pm 0.2dB 50 Ω source		18Hz-65KHz
THD+N		
@ 20dB gain +20dBu out, 1kHz		<.0008%
@ 40dB gain +20dBu out, 1kHz		<.0009%
@ 60dB gain +20dBu out, 1kHz		<.0070%
INTERMODULATION DISTORTION		
@40dB gain +20dBu out		
SMPTE/DIN 1:1 (50Hz, 7kHz)		<.0020%
SMPTE/DIN 4:1 (50Hz, 7kHz)		<.0030%
NOISE - REFERRED TO INPUT		
@60dB gain 50 Ω source		-130dB
@60dB gain 150 Ω source		-127dB
@60dB gain 600 Ω source		-123dB
PHASE DEVIATION		
100-20KHz @40dB gain		<3 $^{\circ}$
CROSSTALK		
Any Channel @40dB gain 1kHz		-140dB
Any Channel @40dB gain 10kHz		-130dB
CMRR		
@60dB gain, 3.5Vcm, 1KHz		>70dB
@60dB gain, 3.5Vcm, 10KHz		>70dB
PHANTOM POWER		
Voltage +48V		+0.9/ -0.0
6.8k Ω resistor match tolerance		+/- 0.1%
MAXIMUM OUTPUT LEVEL		
1kHz, 100K Ω load		+28dBu
IMPEDANCE		
Input		4350 Ω
Output		190 Ω
DIMENSIONS		
Weight		15lbs (6.8kg)
Height		2U
Width		19"
Depth		10"

C.4. PREAMPLIFICADOR UNIVERSAL AUDIO 2-610



2-610 Specifications

Microphone Input Impedance	Selectable, 500 Ω or 2k Ω
Balanced Line Input Impedance	13.8 k Ω
Hi-Z Input Impedance	Selectable between 2.2 M Ω or 47 k Ω
Maximum Microphone Input Level	+3.5 dBu
Maximum Output Level	+20 dBm
Internal Output Impedance	60 Ω
Recommended Minimum Load	600 Ω
Frequency Response	20 Hz to 20 kHz +1 dB
Maximum Gain	61 dB
Signal-to-Noise Ratio	Greater than 82 dB
Tube Complement	One 12AX7 and one 12AT7 per channel
Power Requirements	115V/230V
Power Consumption	30 watts
Dimensions	19"W x 3.5"H x 12.25"D
2-610 Weight	12.25 lb.

C.5. PREAMPLIFICADOR ART PRO MPA II



PRO MPA II SPECIFICATIONS

Frequency Response.....	15Hz to 48 kHz (+0, -1dB) @ normal plate voltage 15Hz to 120 kHz (+0, -1dB) @ high plate voltage
Dynamic range:.....	>110dB ("A" weighted)
CMRR:.....	>90dB
THD:.....	<0.005% (typical)
Equivalent Input Noise:.....	-129dBu (XLR, "A" weighted)
Maximum Input Level:.....	+19dBu (cannon)
Maximum Instrument Input:.....	+17dBu
Input Impedance.....	150-3000 Ohms adjustable (XLR) >800K Ohms (Instrument)
Maximum Output Level.....	+27dBu (XLR)
Output Impedance:.....	< 47 Ohms (XLR)
Maximum Gain.....	70dB
Meter Calibration.....	0 VU = +4dBu output (+4dB mode) 0 VU = -10dBV output (-10dB mode)
High Pass Filter.....	single pole, 10-200 Hz adjustable
Power Requirements:.....	USA – 105 to 125 VAC / 60 Hz Export units configured for country of destination.
Dimensions:.....	3.50" H x 19.0" W x 8.75" D
Weight:.....	10.5 Lb.

C.6. AMPLIFICADOR DE AUDÍFONOS PRESONUS HP60



Audio Inputs

Dynamic Microphone Input

Type XLR Female Balanced
Input Impedance 1200 Ω
Maximum Gain 50dB
Maximum Input Level -10dBu
Frequency Response 10Hz to 40kHz, \pm 1dB

Input A & Input B (Left & Right)

Type $\frac{1}{4}$ " TRS Balanced
Input Impedance 10k Ω
Gain Range -96 to +10dB

External Inputs 1-6

Type $\frac{1}{4}$ " TRS Stereo Unbalanced
Input Impedance 10k Ω
Gain Range -96 to +10dB

Audio Outputs

Headphone Outputs 1-6

Type $\frac{1}{4}$ " TRS Active Stereo
Maximum Output 150mW/channel @ 60 Ω Load
THD+N \leq 0.05% (150mW/channel @ 60 Ω Load)
Frequency Response 10Hz – 70kHz, \pm 1dB

Stereo Outputs 1-6

Type $\frac{1}{4}$ " TRS Stereo Unbalanced
Output Impedance 50 Ω

Internal Linear Power Supply

Type IEC
Input Voltage Range 100-120 VAC or 220-230 VAC (factory set)
Power Requirements (continuous) 30 Watts

Physical

Package Type 1U Steel and Aluminum Chassis
Dimensions 19" (W) x 1.75" (H) x 5.5" (D) (48.26cm x 4.45cm x 13.97cm)
Weight Approximately 5 lbs.

C.7. CONSOLA DE GRABACIÓN SOUNDCRAFT GHOST LE

INPUT CHANNEL

Microphone input

Sensitivity range for 0VU output	-8dBu to -60dBu
Maximum input level	+14dBu
Input impedance	2k ohm
Common Mode Rejection Ratio (CMRR) 1kHz Typical figure	-90dB @ sensitivity -30dBu
Equivalent input noise (EIN) 22Hz-22kHz measured at insert point	-128dBu @ sensitivity -60dBu
150 ohm mic input load	-122dBu @ sensitivity -30dBu

Line input

Sensitivity range for 0VU output	+12dBu to -40dBu
Maximum input level	+34dBu
Input impedance	15k ohm
Common Mode Rejection Ratio (CMRR) 1kHz Typical figure	-60dBu @ sensitivity 0dBu

Insert send & return

Nominal level	-2dBu
Maximum level	+22dBu
Maximum send load	2k ohm

Direct output level

Channel output selected	-2dBu
Group output selected	+4dBu/-10dBV link selected

Tape Return input

Sensitivity at calibrated centre detent	+4dBu
Tape Trim range	-15dB to +15dB
Input impedance	>24k ohm
Common Mode Rejection Ratio (CMRR) 1kHz Typical figure	-60dB @ Calibrated detent

Low-Cut Filter

Frequency	100Hz
Type of filter	3 pole
	18dB per octave roll-off

Equaliser section

HF EQ turnover frequency	12kHz
Maximum boost/cut	+/- 15dB
LF EQ turnover frequency	60Hz
Maximum boost/cut	+/- 15dB
HMF EQ frequency range	400Hz to 20kHz
HMF Q range	0.7 to 6
Maximum boost/cut	+/- 15dB

LMF EQ frequency range	25Hz to 1.5kHz
LMF Q range	0.7 to 6
Maximum boost/cut	+/- 15dB

Oscillator

1 kHz or 10 kHz, variable level	0 to +15dBu
---------------------------------	-------------

MASTER SECTION

Nominal levels

Group output level	+4dBu/-10dBV link selected
Group insert level	-2dBu
Aux output level	+4dBu
Mix output level	+4dBu
Mix insert level	-2dBu
Mix B output level	+4dBu
CRM/ALT/Headphones level	+14dBu at maximum
Studio outputs	+4dBu
2 Track inputs	+4dBu
Stereo return inputs	+4dBu

Console Input/Output circuit types

Electronically balanced inputs:	Microphone, Line, Mix B, Stereo Return, 2-Track
Unbalanced 75ohms inserts:	Channel, Group, Mix
Unbalanced 75ohms outputs:	Channel Direct, Control Room, ALT, Studio B
Ground Compensated 75ohms outputs:	Group, Studio A, Aux, Mix, Mix B

TYPICAL CONSOLE PERFORMANCE

Attenuation (All at 1kHz)

Long Fader attenuation from top to bottom	-90dB
Mix B rotary fader attenuation from max to min	-70dB
Mute attenuation Channel & Mix B	-80dB
Pan isolation, from left to right	-70dB

THD+N (Total Harmonic Distortion + Noise)

1dB below clipping, 1kHz	
Mic/Line to Direct output	0.002% EQ out 0.003% EQ in
Mix B to Direct out (REV pressed)	0.002%

Direct output noise

22Hz-22kHz Mic sensitivity @ -10dB	
Channel fader at unity	-95dBu EQ out -93dBu EQ in

Frequency response

Mic/Line input to any output

20Hz - 20kHz (+0/-0.5dB)

Sensitivity @ 30dB

Crosstalk

Mic input to Line input crosstalk

-100dB @ 1kHz

Line input to Mic input crosstalk

-90dB @ 1kHz

Mix B to Channel crosstalk

-80dB @ 1kHz

Channel to Mix B crosstalk

-75dB @ 1kHz

Bus noise (Group & Mix outputs)

22Hz-22kHz Channel faders down

+4dBu/-10dBV selected to +4dBu

Group outputs 1 to 8

Group fader at unity, nothing routed

-90dBu

16 channels routed, channel faders down

-82dBu

24 channels routed, channel faders down

-80dBu

32 channels routed, channel faders down

-78dBu

Mix outputs L & R

Mix fader at unity, nothing routed

-90dBu

16 channels routed, channel faders down

-82dBu

24 channels routed, channel faders down

-80dBu

32 channels routed, channel faders down

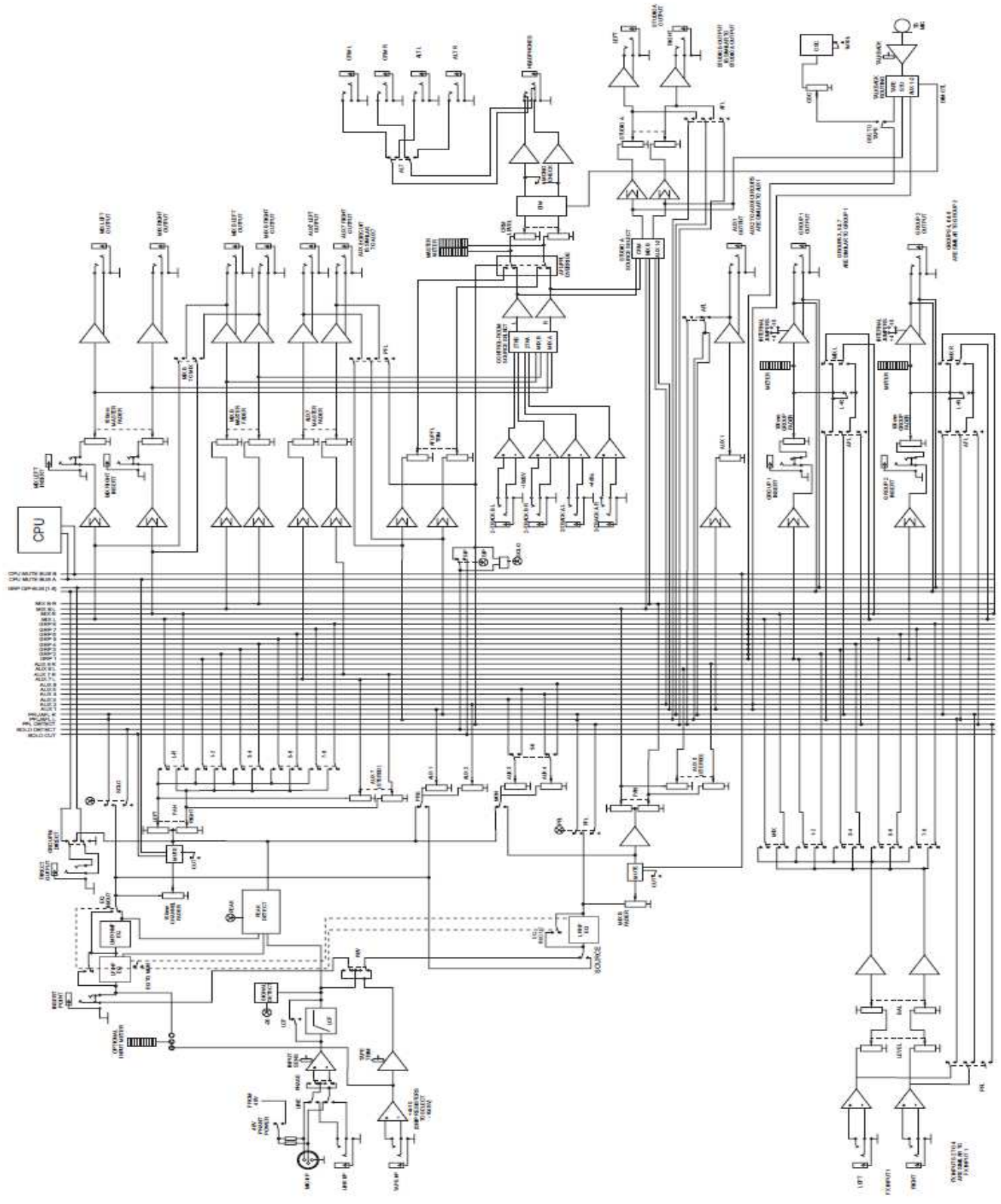
-78dBu

Dimensions and weights

Frame Size	Overall width	Weight(kg/lb)
24	1059.36mm (41.71")	44.0/97
32	1303.20mm (51.31")	53.6/118
24 Expander	815.52mm (32.11")	33.0/73



Block Diagram



C.8. MONITORES DE ESTUDIO DYNAUDIO BM12A



System	Two-way Active Nearfield Monitor
Frequency Response (+/- 3 dB)	38Hz - 21kHz
Input level for 85 dB SPL @1m	-18dBu RMS @ 0dB setting
Input Impedance	65kOhm each branch
Power consumption	Idle: 15W / Max: 130W
Amplifier power	Tweeter: 50W / Woofer: 100W
Bass Principle	Bass reflex
Vent tuning frequency	40Hz
Internal Cabinet Volume	13.6 liters
Crossover Frequency	1500Hz
Crossover Slope	6dB/oct
Tweeter	Esotar 28 mm/1.1" soft dome, rear chamber, magnetic fluid. 4 mm alu front, pure alu wire voice coil, neodym magnet.
Woofer	200 mm/8", One-piece thermo formed poly-prop cone, 75 mm/3" kapton coil, neodym magnet
Weight	12.1kg / 26.6lbs
Dimensions (W x H x D)	234 x 370 x 327mm / 9.2" x 14.6" x 12.9"

C.9. SUBWOOFER DYNAUDIO BM9S



Parameter	Data
System	Active subwoofer
Bass principle	Closed
Frequency response	29 Hz to 250 Hz (+/-3 dB)
Inputs <ul style="list-style-type: none"> • LFE/Slave • SAT/SUB 	XLR right/left full bandwidth, XLR
Input impedance <ul style="list-style-type: none"> • + branch • - branch 	20 kOhm 10 kOhm
Sensitivity	75 mV _{RMS} to 5 V _{RMS} , adjustable
Max. input voltage	10 V _{RMS}
Outputs <ul style="list-style-type: none"> • Slave • SAT/SUB 	XLR right/left, Highpass filtered, XLR
Output impedance	100 Ohm (each branch)
XLR Pinout	1: 0 / 2: + / 3: -
Mode selector	LFE, Slave (Phase and volume controls are bypassed in slave mode).
Phase adjustment	0°, 180°
SAT Highpass	Flat, 60 Hz, 80 Hz,
SUB Lowpass	50 Hz to 150 Hz
Auto ON/OFF <ul style="list-style-type: none"> • Automatic ON (LED green) • Automatic mute (LED red) 	when signal is detected at input when no signal is detected for 15 to 20 min.
Amplifier power	200 W, 4 Ohm
Power consumption <ul style="list-style-type: none"> • Standby • max. 	16 W 325 W
Woofers <ul style="list-style-type: none"> • Cone • Coil 	240 mm/10", one piece molded MSP (Magnesium Silicate Polymer) cone 100 mm/4", pure aluminium voice coil
Dimensions, external (height x width x depth) Cabinet volume Weight	29,4 cm x 28,9 cm x 31,8 cm (incl. feet and grille) 15,9 liters 10 kg
Mains	100-120 V, 50/60 Hz, Fuse T3.15 A 220-240 V, 50/60 Hz, Fuse T1.6 A

C.10. MONITORES DE ESTUDIO YAMAHA HS 50M



Powered Monitor Speaker	
HS 50M	
General Specifications	
Type	Biamp 2-way Powered speaker
Crossover Frequency	3 kHz
Overall Frequency	55 Hz—20 kHz (-10 dB)
Response	
Dimensions (W x D x H)	165 x 222 x 268 mm
Weight	5.8 kg
Speaker Components	
Speaker Components	LF: 5" cone (Magnetic shielding Type) HF: 0.75" Dome (Magnetic shielding Type)
Enclosure	Type: Bass-reflex Type
	Material: MDF
Amp. Unit	
Output Power	Total: 70 W (dynamic power) (LF: 45 W, 4 ohms) (HF: 25 W, 8 ohms)
Input Sensitivity/ Impedance	-10 dBu/10 k ohms
Output Sensitivity/ Impedance	—
Input Connectors (parallel)	1: XLR-3-31 type (balanced) 2: PHONE (balanced)
Output Connectors	—
Controls	LEVEL control (+4 dB/center click) LOW CUT switch (FLAT/80/100 Hz, 12 dB/octave) EQ: MID (+/- 2 dB at 2 kHz) HIGH (+/- 2 dB at HF) ROOM CONTROL (0/-2/-4 dB under 500 Hz)
Indicator	Power ON: White LED
Power Consumption	45 W

C.11. SUBWOOFER YAMAHA HS 10W



Powered Subwoofer	
HS 10W	
General Specifications	
Type	Powered Subwoofer
Crossover Frequency	—
Overall Frequency	30 Hz—180 Hz (-10 dB)
Response	
Dimensions (W x D x H)	300 x 386 x 350 mm
Weight	12.5 kg
Speaker Components	
Speaker Components	8" cone
Enclosure	Type: Bass-reflex Type
	Material: MDF
Amp. Unit	
Output Power	150 W 4 ohms (dynamic power)
Input Sensitivity/ Impedance	-10 dBu/10 k ohms
Output Sensitivity/ Impedance	-10 dBu/600 ohms
Input Connectors (parallel)	1: XLR-3-31 type (balanced) 2: PHONE (balanced)
Output Connectors	1: XLR-3-32 type (balanced) x 1 (EXT SUB) 2: XLR-3-32 type (balanced) x 2 (L&R)
Controls	LEVEL control PHASE switch: NORM./REV. HIGH CUT control: 80–120 Hz (center click) LOW CUT control: 80–120 Hz (center click) LOW CUT switch: ON/OFF
Indicator	Power ON: White LED
Power Consumption	70 W

C.12. PROCESADOR DE MASTERIZACIÓN TC ELECTRONIC FINALIZER 96



ESPECIFICACIONES TECNICAS - FINALIZER 96

Entradas y salidas digitales

Conectores:	XLR (AES/EBU), RCA Phono (S/PDIF), Optico (Tos-link, ADAT)
Formatos:	AES/EBU (24 bit), S/PDIF (24 bit), EIAJ CP-340, IEC 958, EIAJ Optico (Tos-link), ADAT fibra óptica
Dither salida:	Dither HPF/TPDF 8-24 bits, mono, stereo, invertido
Entrada reloj word:	RCA Phono, 75 ohm, 0.6 a 10 Vpp
Velocidades muestreo:	32 kHz, 44.1 kHz, 48 kHz, 88.2 kHz, 96 kHz
Retardo proceso:	0.2 ms @ 48 kHz, 0.1 ms @ 96 kHz
Respuesta de frecuencia DIO:	CC a 23.9 kHz \pm 0.01 dB @ 48 kHz, CC a 47.9 kHz \pm 0.01 dB @ 96 kHz
THD+N compresor:	-130 dB (0.00003%) @ 10 dB Compresión, 20 Hz-20 kHz

Conversión veloc. de muestreo

Tipo:	Asíncrona.
Rango dinámico:	120 dB
THD+N:	-106 dB 44.1 a 48 kHz @ 1 kHz, -2 dBFS
Rango de velocidad de entrada:	31 kHz a 49 kHz

Entradas analógicas

Conectores:	XLR balanceado (punta 2 activo)
Impedancia:	20 kohmios
Nivel entrada máx.:	+22 dBu (balanceado)
Nivel entrada mín. (para 0 dBFS):	-10 dBu
Sensibilidad:	@ 12 dB margen: -22 dBu a +10 dBu
Conversión A a D:	24 bits (6.144 MHz delta sigma @ 48/96 kHz)
Retardo A a D:	0.8 ms @ 48 kHz, 0.4 ms @ 96 kHz
Rango dinámico:	>103 dB (sin medición, BW = 22 kHz), >106 dB(A)
THD:	-95 dB (0,0018 %) @ 1 kHz, -6 dBFS (FS @ +16 dBu)
Respuesta de frecuencia:	10 Hz a 20 kHz: +0/-0.2 dB @ 48 kHz, 10 Hz a 45 kHz: +0/-1 dB @ 96 kHz
Cruce de señal:	<-80 dB, 10 Hz a 20 kHz, típico -100 dB @ 1 kHz

Salidas analógicas

Conectores:	XLR balanceado (punta 2 activo)
Impedancia:	100 ohmios (transformador activo)
Nivel de salida máxima:	+22 dBu (balanceado)
Rango de salida de escala total:	-10 dBu a +22 dBu
Conversión D a A:	24 bits (6.144 MHz delta sigma @ 48/96 kHz)
Retardo D a A:	0.57 ms @ 48 kHz, 0.28 ms @ 96 kHz
Rango dinámico:	>100 dB (sin medición, BW = 22 kHz), >104 dB(A)
THD:	-82 dB (0.008 %) @ 1 kHz, -6 dBFS (FS @ +16 dBu)
Respuesta de frecuencia:	10 Hz a 20 kHz: +0/-0.5 dB @ 48 kHz, 10 Hz a 45 kHz: +0/-3 dB @ 96 kHz
Cruce de señal:	<-60 dB, 10 Hz a 20 kHz, típico -90 dB @ 1 kHz

EMC

Cumple con: EN 55103-1 y EN 55103-2, FCC apartado 15 Clase B, CISPR 22 Clase B

Seguridad

Cumple con las normativas: IEC 65, EN 60065, UL 1419 y CSA E65

Medio ambiente

Temperatura operativa:	0° C a 50° C
Temperatura de almacenamiento:	-30° C a 70° C
Humedad:	90% máximo sin condensación

Interconexión PCMCIA

Conector:	tarjeta PC, tarjetas de tipo 1 de 68 puntas
Normas:	PCMCIA 2.0, JEIDA 4.0
Formato de tarjeta:	Acepta hasta 2 MB SRAM

Interconexión de control

MIDI:	In/Out/Thru: DIN de 5 puntas
GPI, Pedal, Fader:	conector de auriculares de 1/4"

General

Acabado:	Panel frontal en aluminio anodizado. Chasis en acero laminado y tintado
LCD:	Pantalla gráfica LCD de 56 x 128 puntos
Dimensiones:	19" x 1.75" x 8.2" (483 x 44 x 208 mm)
Peso:	2.35 kg
Voltaje red:	100 a 240 VAC, 50 a 60 Hz (auto seleccionable)
Consumo:	<20 W

C.13. PROCESADOR MULTI EFECTOS YAMAHA SPX2000



ANALOG I/O CHARACTERISTICS

Terminal	Level SW	Input Level VR.	Actual Load Impedance	For Use with Nominal	Level		Connector
					Nominal	Max before Clip	
INPUT [L,R]	+4dBu	Nominal: 0dBu	10k Ω	600 Ω Lines	+4dBu (1.23V)	+24dBu (12.28V)	XLR-3-31 type (Balanced)
	-10dBu				-10dBu (0.245V)	+10dBu (2.45V)	Phone Jack (TRS: Balanced)
OUTPUT [L,R]	+4dBu	-	150 Ω	600 Ω Lines	+4dBu (1.23V)	+24dBu (12.28V)	XLR-3-32 type (Balanced)
	-10dBu				-10dBu (0.245V)	+10dBu (2.45V)	Phone Jack (TRS: Balanced)

*0dBu = 0.775Vrms

GENERAL SPECIFICATIONS

AD/DA Conversion	24-bit Liner 128-times Oversampling (@fs=44.1, 48kHz)
	24-bit Liner 64-times Oversampling (@fs=88.2, 96kHz)
Sampling Frequency	Internal Clock: 44.1, 48, 88.2, 96kHz
	External Clock: Normal Rate: 39.69kHz - 50.88kHz, Double Rate: 79.38kHz - 101.76kHz
Frequency Response	20Hz - 20kHz (0dB +1.0, -3.0)@48kHz
	20Hz - 40kHz (0dB +1.0, -3.0)@96kHz
Dynamic Range	106dB AD + DA, Input Level VR: Max
Total Harmonic Distortion	fs=96kHz, 0.01%@1kHz
Bank Memory	PRESET BANK: 97, USER BANK: 99, CLASSIC BANK: 25
Displays	LCD: 16 characters x 2 lines with 5-color Back Light, METER LED: 12 segment (L,R)
Dimension & Weight	480W x 45H x 372.5D mm, 4kg
Power Requirements	UC: AC 120V, 60Hz
	CE: AC 230V, 50Hz
Power Consumption	25W
Option	Foot Switch FC5

DIGITAL I/O CHARACTERISTICS

Terminal	Format	Data Length	Level	Connector
AES/EBU IN	AES/EBU	24bit	RS422	XLR-3-31 type (Balanced)
AES/EBU OUT	AES/EBU	24bit	RS422	XLR-3-32 type (Balanced)

CONTROL I/O CHARACTERISTICS

Terminal	Format	Level	Connector
USB	TO HOST	USB 1.1	B type USB Connector
MIDI	IN	MIDI	DIN Connector 5P
	OUT/THRU	MIDI	DIN Connector 5P
WORD CLOCK	IN	-	TTL/75 Ω BNC Connector

C.14. PATCHERA dbx PB-48



SPECIFICATIONS

Patch Points: 48 (2 rows of 24)

Jacks: 1/4" phone, balanced or unbalanced, nickel-silver, self-cleaning contacts

Normalling: Half-normalled or de-normalled (user configurable)

Chassis Dimensions (H x W x D): 1.75" x 19" x 2.6" (44mm x 482mm x 68mm)

Module Dimensions (H x W x D): 1.4" x 0.6" x 2.6" (40mm x 18mm x 68mm)

Shipping Weight: 2.3 lb (1.1 kg)

C.15. ECUALIZADOR GRÁFICO DE 31 BANDAS dbx 2231 DUAL



Inputs

Conectores:	Clavijas jack estéreo 6,3 mm, XLR hembra (espiga 2 = en fase) y regleta de bornes
Tipo:	Electrónicamente balanceado/desbalanceado, con filtro RF
Impedance:	Balanced 40k Ω , unbalanced 20k Ω
Max Input Level:	>+21dBu balanced or unbalanced
CMRR:	>40dB, typically >55dB at 1kHz

Outputs

Conectores:	Clavijas jack estéreo 6,3 mm, XLR macho (espiga 2 = en fase) y regleta de bornes
Tipo:	Balanceado por impedancia/desbalanceado, con filtro RF
Impedance:	Balanced 120 Ω , unbalanced 60 Ω
Max Output Level:	>+21dBu balanced/unbalanced into 2k Ω or greater >+18dBm balanced/unbalanced (into 600 Ω)

System Performance

Bandwidth:	20Hz to 20kHz, +0.5/-1dB
Frequency Response:	<10Hz to >50kHz, +0.5/-3dB
Noise Reduction In	(+/-6 and +/-15dB range):
Signal-to-Noise:	>100dB, unweighted, ref: +4dBu, 22kHz measurement bandwidth
Dynamic Range:	>118dB, unweighted
Noise Reduction Out:	(+/-6dB range):
Signal-to-Noise:	>94dB, unweighted, ref: +4dBu, 22kHz measurement bandwidth
Dynamic Range:	>112dB, unweighted
Noise Reduction Out:	(+/-15dB range):
Signal-to-Noise:	>90dB, unweighted, ref: +4dBu, 22kHz measurement bandwidth
Dynamic Range:	>108dB, unweighted
THD+Noise:	<0.04%, 0.02% typical at +4dBu, 1kHz <0.5% at 1kHz with 15dB gain reduction
Interchannel Crosstalk:	<-80dB, 20Hz to 20kHz (2215/2231)
Noise Reduction:	Up to 20dB of dynamic broadband noise reduction

Function Switches

TYPE III NR:	Activa la Reducción de Ruido dbx Type III™
EQ BYPASS:	Hace una derivación de la sección de ecualizador gráfico en el camino de la señal
LOW CUT	
(empotrado):	Activa el filtro de paso alto de Bessel de 40Hz, 18dB/octava
RANGE	
(empotrado):	Selecciona una de las dos gamas refuerzo/corte de los deslizadores: +/-6dB ó +/-15dB

Indicators

OUTPUT LEVEL:	4 LEDs (verde, verde, amarillo, rojo) a -10, 0, +10 y +18dBu
GAIN REDUCTION:	4 LEDs rojos a 0, 3, 6 y 10dB
TYPE III NR:	1 LED: yellow/jaune/gelb/amarillo
EQ BYPASS:	1 LED: red/rouge/rot/rojo
CLIP:	1 LED: red/rouge/rot/rojo
LOW CUT:	1 LED: red/rouge/rot/rojo
+/-6dB:	1 LED: yellow/jaune/gelb/amarillo
+/-15dB:	1 LED: red/rouge/rot/rojo

Power Supply

Tensión de regimen:	100VAC 50/60Hz, 120VAC 60Hz; 230VAC 50/60Hz
Consumo de energía:	2031 15W; 2215 28W; 2231 28W
Conexión de red:	tomacorriente IEC

C.17. PROCESADOR MULTI EFECTOS TC ELECTRONIC FIREWORX



APENDICE *Especificaciones técnicas*

Entradas analógicas

Conectores:	XLR balanceado (punta 2 activo)
Impedancia:	20 kohm
Nivel de entrada máximo:	+22 dBu (balanceado)
Nivel entrada mín. (para 0 dBFS):	-10 dBu
Sensibilidad:	@ 12 dB margen o headroom: -22 dBu a +10 dBu
Conversión A a D:	24 bit (1 bit, 128 veces de oversampling o sobremuestreo)
Retardo A a D:	0.8 ms @ 48 kHz
Rango dinámico:	>103 dB (no nivelado), >106 dB (A)
THD:	-95 dB (0,0018 %) @ 1kHz, -8 dBFS (FS @ +16 dBu)
Respuesta de frecuencia:	10 Hz a 20 kHz: +0/-0.2 dB
Crosstalk o cruce de canal:	<-80 dB, 10 Hz a 20 kHz, típico -100 dB @ 1 kHz

Salidas analógicas

Conectores:	XLR balanceado (punta 2 activo)
Impedancia:	100 ohm (transformador activo)
Nivel de salida máximo:	+22 dBu (balanceado)
Rango salida escala total:	-10 dBu a +22 dBu
Conversión D a A:	24 bit (1 bit, 128 veces sobremuestreo)x
Retardo D a A:	0.57 ms @ 48 kHz
Rango dinámico:	>100 dB (no nivelado), >104 dB(A)
THD:	-86 dB (0.005%) @ 1 kHz, -8 dBFS (FS @ +16 dBu)
Respuesta de frecuencia:	10 Hz a 20 kHz: +0/-0.5 dB
Crosstalk:	<-60 dB, 10 Hz a 20 kHz, típico -90 dB @ 1 kHz

Entradas y salidas digitales

Conectores:	XLR (AES/EBU), RCA Phono (SPDIF), Optico (Toslink, ADAT), AES/EBU (24 bit), SPDIF (20 bit), EIAJ CP-340, IEC 958, EIAJ Optico (Toslink), ADAT Light pipe (tubo de luz)
Formatos:	
Dither de salida:	HPF TPDF dither 8-24 bit
Entrada de reloj word:	RCA Phono, 75 ohm, 0.6 a 10 Vpp
Velocidades muestreo:	44.1 kHz, 48 kHz
Retardo procesado:	0.2 ms @ 48 kHz
Respuesta de frecuencia DIO:	20 Hz a 23,9 kHz +0,01/-0,1 dB @ 48 kHz

EMC

Cumple con: EN 55103-1, EN 55103-2 y límites de clase B de las reglas FCC, sección 15

Seguridad

Certifica: EN 60065, UL 1419

Entorno

Temperatura operativa: 0° C a 50° C
 Temperatura almacenamiento: -30° C a 70° C
 Humedad: Max. 90 % sin condensación

Interface PCMCIA

Conector: Tarjeta PC, tarjetas de tipo 1 de 68 puntas
 Standard: PCMCIA 2.0, JEIDA 4.0
 Formato de tarjeta: Acepta hasta 2 MB SRAM

Interconexión de control

MIDI: In/Out/Thru : DIN de 5 puntas
 GPI, Pedal, Fader: conector de auriculares de 1/4"

Características generales

Acabado: frontal de aluminio anodizado, chasis metálico laminado y pintado
 LCD: Pantalla gráfica LCD de 56 x 128 puntos
 Dimensiones: 483 x 44 x 208 mm
 Peso: 2.35 kg
 Alimentación: 100 a 240 VAC, 50 a 60 Hz (auto-selección)
 Consumo corriente: <20 W
 Duración pila mantenimiento: >10 años
 Garantía piezas/mano de obra: 1 año (3 años con devolución de tarjeta de garantía)

C.18. PROCESADOR DINÁMICO PRESONUS ACP-88



Número de canales	8
Rango dinámico	>115 dB
Ratio Señal/Ruido	> 95 dB
Amplitud de la señal	+24 dBu (sin balancear); +18 dBu (balanceada)
Frecuencia de respuesta	10 Hz a 50 kHz
Crosstalk	> 82 dB @ 10 kHz
Rango de compresión del umbral	-40 dBu a +20 dBu
Ratio de compresión	1: 1 a 20:1
Tiempo de ataque del compresor	0.02 ms a 200 ms
Tiempo de relajación del compresor	0.5 sec a 500 ms
Auto Attack (ataque) y Release (relajación)	Depende del programa
Tiempo de ataque en la puerta	0.01 ms a 100 ms
Rango del umbral de la puerta	Inactivo a +20 dBu
Tiempo de relajación de la puerta	0.02 seg a 2 seg
Rango de atenuación de la puerta	-15 dB o -60 dB
Impedancia de entrada	10 kOhms
Impedancia de salida	51 Ohms
Distorsión armónica total+ Ruido	< 0.02%
Ganancia de salida	-20 dB a + 20 dB
Tipos de curva de compresión	Suave (Soft Knee) y Exacta (Hard Knee)
Indicadores de la compresión	Por encima y debajo del umbral, Reducción de ganancia
Indicadores de la puerta	Open y Closed
Impedancia de salida del SideChain	51 Ohms
Impedancia de entrada del Sidechain	10 kOhms
Impedancia de entrada de la puerta	10 kOhms
Volumen de trabajo interno	+ 4 dBu = 0dB
Rango de entrada	+ 4dBu o -10 dBV, seleccionable
Conectores de entrada	¼" TRS, balanceados o no balanceados
Conectores de salida	¼" TRS, balanceados o no balanceados
Conector del Sidechain	¼" TRS
Conector del Gate Key	¼" TRS
Alimentación eléctrica	Transformador interno
Voltajes	100 VAC a 120 VAC, 200 VAC a 240 VAC
Peso	5.45 Kgs
Espacios de rack	2 Unidades

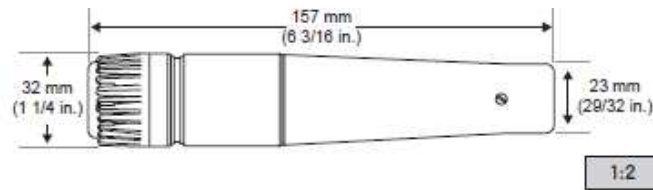
C.19. INTERFAZ MOTU HD192



Specifications

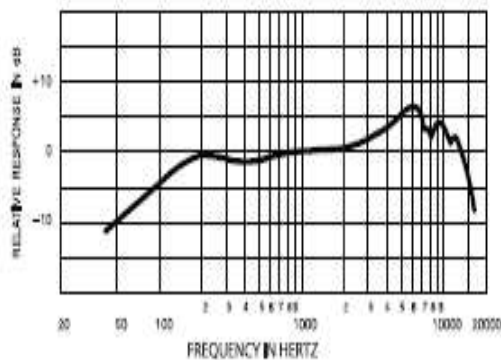
- Twelve channels of +4, balanced, 192-kHz 24-bit analog inputs and outputs using XLR jacks.
- AES/EBU digital I/O
- 19-segment LED meters on every input and output
- 16, 20 and 24-bit recording at 44.1, 48, 88.2, 96, 176.4 or 192-kHz
- Word clock in and out
- Dedicated word clock input for AES/EBU I/O
- AudioWire connector for PCI-424 audio card
- A-weighted dynamic range 120dB
- THD+N of 0.00056% (-106dB)
- R/CORE transformers for efficient, low-heat operation with virtually no magnetic interference or acoustic hum
- Chassis dimensions, excluding rack ears and front and back panel switches and connectors: 19 x 7 x 3.5 inches (48.26 x 17.78 x 8.89 cm). Switches and connectors extend up to 0.5 inch (1.27 cm) from front and back panels, adding 1 inch (2.54 cm) to depth. Fits standard 19 inch (48.26 cm) rack at 2U high.

C.20. MICRÓFONO SHURE SM 57



OVERALL DIMENSIONS - DIMENSIONS HORS TOUT
GESAMTABMESSUNGEN - DIMENSIONES TOTALES - DIMENSIONI TOTALI - 寸法

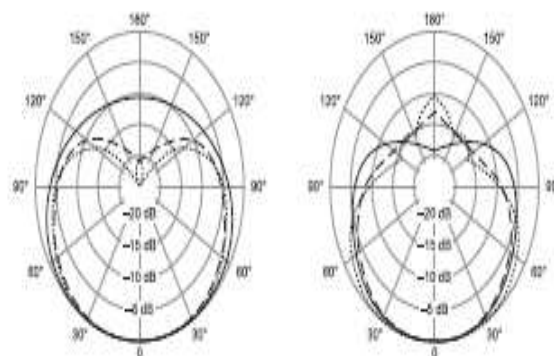
Tipo	Dinámico (bobina móvil)
Respuesta de frecuencia	40 a 15.000 Hz
Patrón polar	Cardioide
Impedancia de salida	310 Ω
Sensibilidad (a 1 kHz, voltaje en circuito abierto)	-54,5 dBV/Pa (1,9 mV) 1 Pascal=94 dB SPL
Polaridad	Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3
Peso	Neto: 0,284 kg (0,625 lb)
Conector	Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR), macho
Estuche	Acero troquelado esmaltado en color gris oscuro con una rejilla de policarbonato y una malla de acero inoxidable.



TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

COURBE DE REPOSE TYPIQUE - TYPISCHES FREQUENZVERHALTEN
RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA - TIPICA RISPOSTA IN FREQUENZA

周波数特性

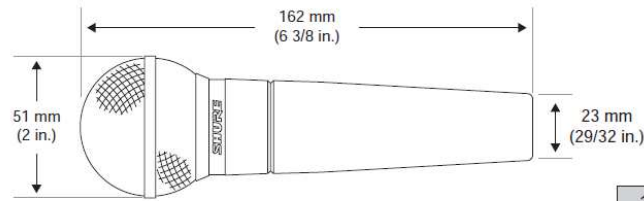


TYPICAL POLAR PATTERNS

COURBE DE DIRECTIVITE TYPIQUES - TYPISCHE POLARCHARAKTERISTIK
PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS - TIPICI DIAGRAMMI POLARI

指向特性

C.21. MICRÓFONO SHURE SM58

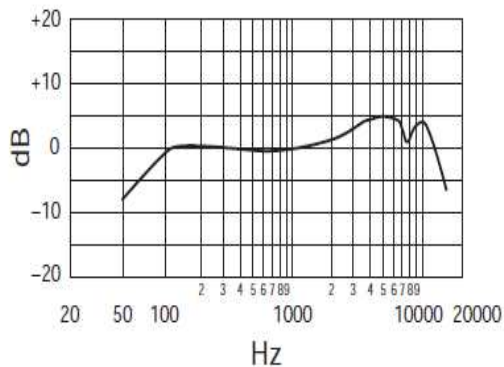


1:2

OVERALL DIMENSIONS – DIMENSIONS HORS TOUT
GESAMTABMESSUNGEN – DIMENSIONES TOTALES – DIMENSIONI TOTALI – 寸法

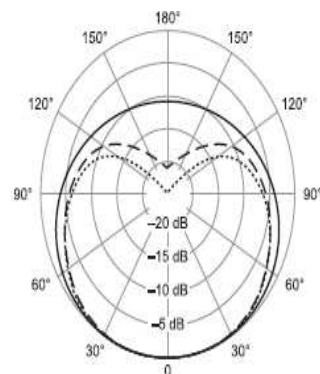
Tipo	Dinámico (bobina móvil)
Respuesta de frecuencia	50–15.000 Hz
Patrón polar	Cardioide
Impedancia de salida	clasificado por EIA a 150Ω (300Ω real)
Sensibilidad (a 1 kHz, voltaje en circuito abierto)	–54,5 dBV/Pa (1,85 mV)*
Polaridad	Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3
Peso	<i>Neto:</i> 0,298 kg (0,656 lb)
Conector	Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR), macho
Estuche	Metal troquelado esmaltado de color gris oscuro; rejilla esférica de acero con acabado mate de color plateado

*1 Pascal=94 dB SPL

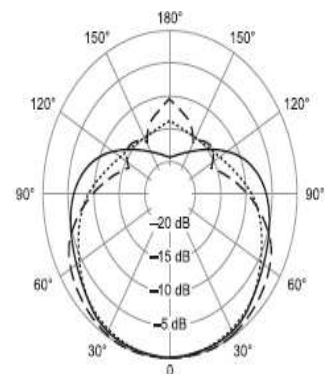


TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

COURBE DE REPOSE TYPIQUE - TYPISCHES FREQUENZVERHALTEN
RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA - TIPICA RISPOSTA IN FREQUENZA
周波数特性



— 125 Hz
- - - 500 Hz
- - - 1000 Hz



— 2000 Hz
- - - 4000 Hz
- - - 8000 Hz

TYPICAL POLAR PATTERNS

COURBE DE DIRECTIVITE TYPIQUES - TYPISCHE POLARCHARAKTERISTIK
PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS - TIPICI DIAGRAMMI POLARI
指向特性

C.22. MICRÓFONO SHURE SM7B

ESPECIFICACIONES

Tipo

Dinámico

Respuesta de frecuencia

50 a 20.000 Hz (vea la Figura 4)

Patrón polar

Cardioide (unidireccional). Vea la Figura 5.

Impedancia

La impedancia nominal del micrófono es de 150 Ω (150 Ω real) para conectarlo a entradas de micrófono con impedancias nominales de 19 a 300 ohmios.

Polaridad

Una presión positiva sobre el diafragma produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3.

Nivel de salida (a 1000 Hz)

Voltaje en circuito abierto* -59,0 dB (1,12 mV)
*0 dB = 1 voltio por Pascal

Sensibilidad a zumbidos electromagnéticos (Típica, SPL equivalente/mOe)

60 Hz: 11 dB
500 Hz: 24 dB
1 kHz: 33 dB

Interruptores

Atenuación de bajos y amplificación de banda media:
Interruptores selectores de respuesta. Vea la Figura 7 para las respuestas de atenuación de bajos y de amplificación de banda media (presencia).

Soporte amortiguado de la cápsula

Suspensión neumática interna y amortiguador de vibraciones.

Conector del micrófono

Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR)

Conjunto giratorio

Tuerca prisionera incorporada para facilitar el montaje en un pedestal, acepta roscas $\frac{5}{8}$ pulg-27.

Caja

Caja de aluminio y acero con acabado gris oscuro y paravientos de espuma gris oscuro.

Dimensiones

Vea la Figura 6.

Peso neto

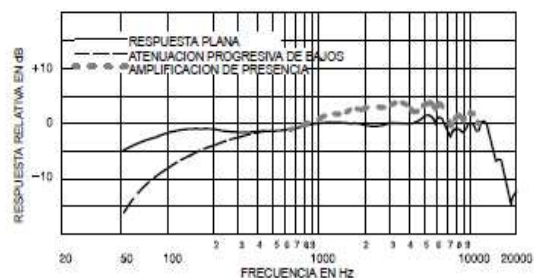
765,4 g (1 lb, 11 oz)

CERTIFICACIONES

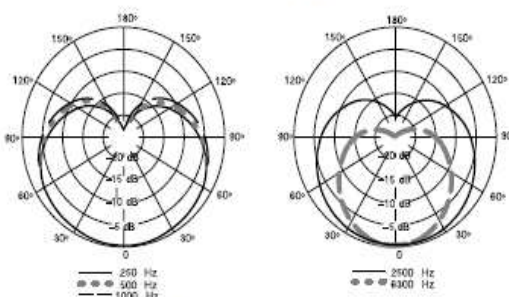
Califica para portar la marca CE. Cumple la directiva europea 89/336/EEC de compatibilidad electromagnética. Se ajusta a los criterios correspondientes de verificación y funcionamiento establecidos en la norma europea EN 55103 (1996), partes 1 y 2, para zonas residenciales (E1) y zonas de industria ligera (E2).

ACCESORIO SUMINISTRADO

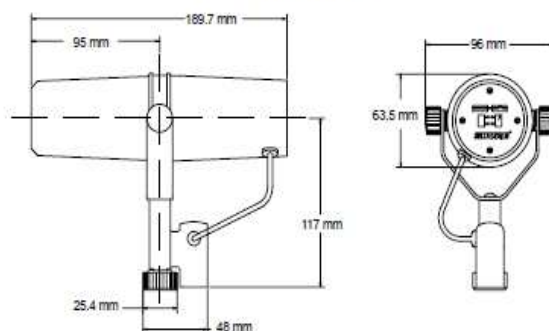
Cubierta de interruptores RPM602
Paravientos para captación a distancia corta A7WS



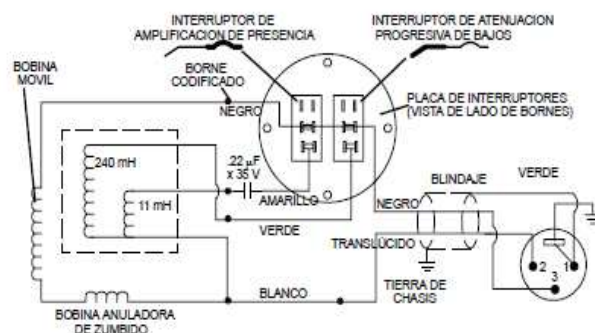
RESPUESTA DE FRECUENCIA TÍPICA
FIGURA 4



PATRONES DE CAPTACION POLAR TÍPICOS
FIGURA 5

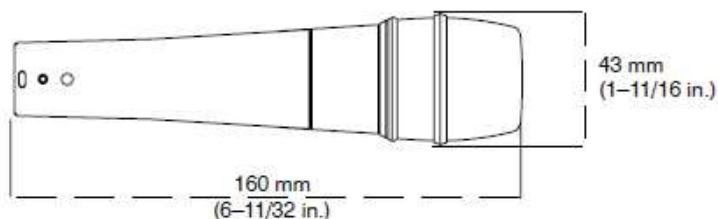


DIMENSIONES GENERALES
FIGURA 6



CONEXIONES INTERNAS
FIGURA 7

C.23. MICRÓFONO SHURE BETA 57A



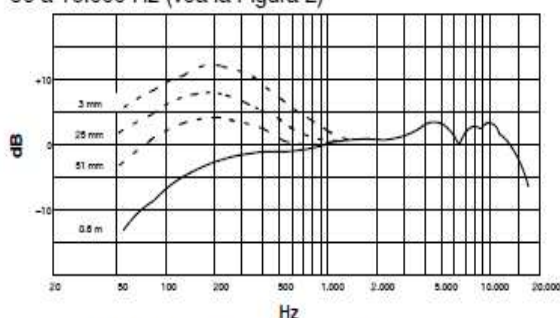
ESPECIFICACIONES

Tipo

Dinámico (bobina móvil)

Respuesta de frecuencia

50 a 16.000 Hz (vea la Figura 2)

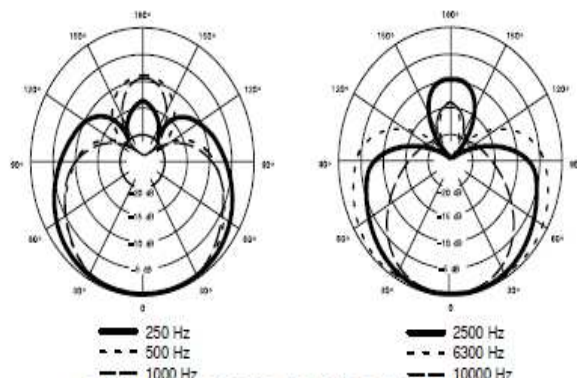


RESPUESTA DE FRECUENCIA TÍPICA
FIGURA 2

NOTA: La curva abajo ilustrada muestra la respuesta de una fuente sonora uniforme colocada en el eje de captación a una distancia de 0,6 m. La respuesta obtenida en la práctica variará según la posición del micrófono.

Patrón polar

Supercardiode, simétrico respecto al eje del micrófono, uniforme respecto a la frecuencia (vea la Figura 3)



PATRONES DE CAPTACION POLAR TÍPICOS
FIGURA 3

Nivel de salida (a 1.000 Hz)

Voltaje en circuito abierto: -51 dBV/Pa* (2,8 mV)

*1 Pa = 94 dB SPL

Impedancia

La impedancia nominal es de 150 Ω (real: 290 Ω) para conexión a entradas de micrófono de baja impedancia (baja Z)

Fasaje

Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3

Conector

Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR macho)

Caja

Metal troquelado pintado de color plateado azul con rejilla de acero endurecido con acabado mate

Adaptador ajustable para pedestal

Ajustable a través de 180° con rosca estándar de 5/8"-27

Peso neto

275 g

Certificaciones

Califica para llevar las marcas CE. Cumple la directiva europea 89/336/EEC de compatibilidad electromagnética. Se ajusta a los criterios correspondientes de verificación y funcionamiento establecidos en la norma europea EN 55103 (1996), partes 1 y 2, para zonas residenciales (E1) y zonas de industria ligera (E2).

ACCESORIOS SUMINISTRADOS

Adaptador para pedestal ajustable A25D
Adaptador de roscas de 5/8 a 3/8 pulg (Euro) ... 95A2050
Bolsa de almacenamiento 26A21

ACCESORIOS OPCIONALES

Pantalla magnética contra viento A57AWS
Montaje de pedestal aislante A55M, A55HM
Cable de 7,6 m C25E, C25F

REPUESTOS

Cartucho R174
Conjunto de rejilla RK320
Conjunto de enchufe (conector) 90F1984

C.24. MICRÓFONO SHURE BETA 52A

ESPECIFICACIONES

Tipo

Dinámico (bobina móvil)

Respuesta a frecuencias

20 a 10.000 Hz

NOTA: La curva abajo ilustrada muestra la respuesta de una fuente sonora uniforme colocada en el eje de captación a una distancia de 0,6 m. La respuesta obtenida en la práctica variará según la posición del micrófono.

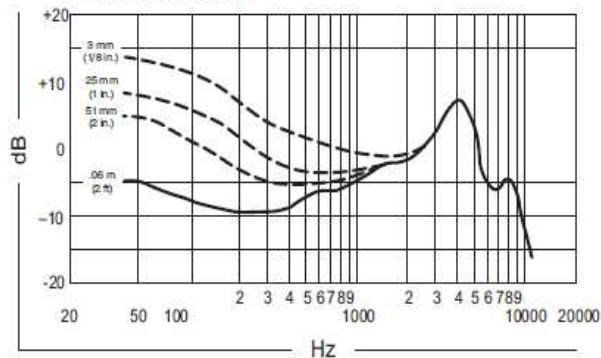


FIGURA 1

Patrón polar

Supercardiode, simétrico respecto al eje del micrófono

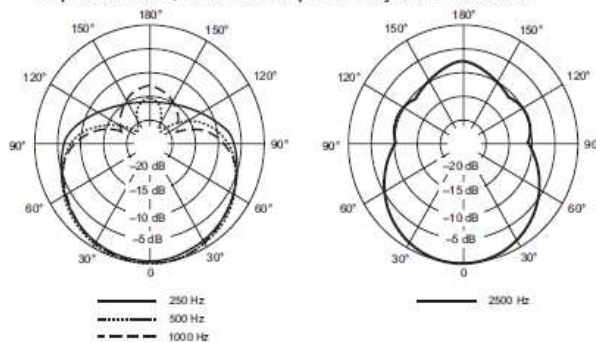


FIGURA 2

Nivel de salida (a 1.000 Hz)

Voltaje en circuito abierto: -64 dBV/Pa* (0,6 mV)

*1 Pa = 94 dB SPL

Impedancia

La impedancia nominal es de 150 Ω (real: 45 Ω) para conexión a entradas de micrófono de baja impedancia (baja Z)

Fasaje

Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un tensió positivo en la pin 2 con respecto a la pin 3

Nivel de presión acústica (NPA) máx.

174 dB a 1.000 Hz (calculado)

Conector

Conector de audio de tres pins profesional (tipo XLR macho)

Caja

Metal troquelado pintado de color plateado azul con rejilla de acero endurecido con acabado mate

Adaptador para pedestal ajustable y con traba

Incorporado, con traba dinámica, y ajustable a través de 180. con rosca estándar de 5/8"-27

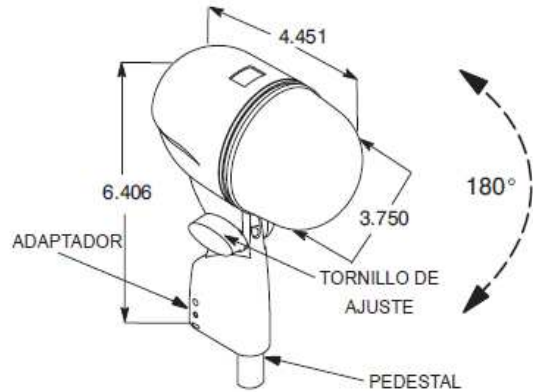


FIGURA 3

Peso neto

605 g

CERTIFICACIONES

Califica para llevar las marcas CE. Cumple la directiva europea 89/336/EEC de compatibilidad electromagnética. Se ajusta a los criterios correspondientes de verificación y funcionamiento establecidos en la norma europea EN 55103 (1996), partes 1 y 2, para zonas residenciales (E1) y zonas de industria ligera (E2).

ACCESORIOS SUMINISTRADOS

Bolsa de almacenamiento26A25
Adaptador de roscas de 5/8 a 3/8 pulg (Euro) . . .95A2050

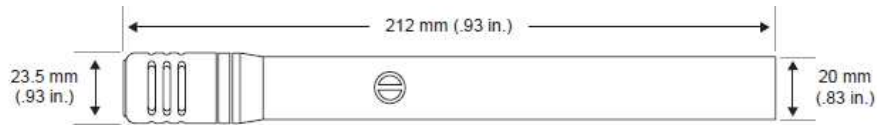
ACCESORIOS OPCIONALES

Cable de 7,6 mC25E, C25F

REPUESTOS

CartuchoR175
Conjunto de pantalla y rejilla.RK321
Conjunto de enchufe (conector)90F1984

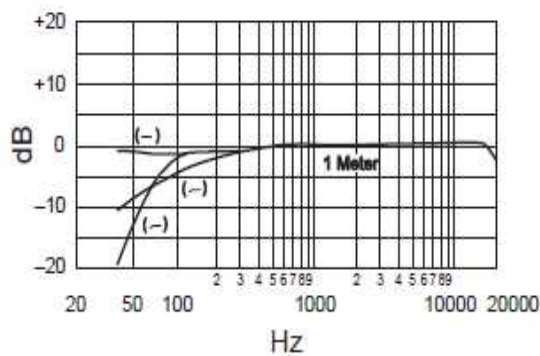
C.25. MICRÓFONO SHURE SM81



OVERALL DIMENSIONS – DIMENSIONS HORS TOUT
GESAMTABMESSUNGEN – DIMENSIONES TOTALES – DIMENSIONI TOTALI – 寸法

1.2

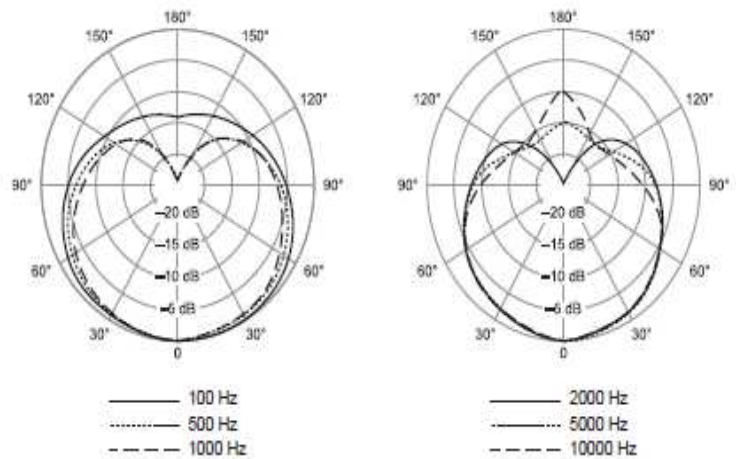
Tipo	Condensador (electreto polarizado)	Captación de zumbidos	-3 dB típico
Respuesta de frecuencia	20 a 20.000 Hz	(típica a 60 Hz)	
Patrón polar	Cardioide	Polaridad	Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3
Impedancia de salida	clasificado por EIA a 150Ω (85Ω real)	Peso	Neto: 0,230 kg (0,5 lb) Embalado: 0,740 kg (1,625 lb)
Sensibilidad (a 1 kHz, voltaje en circuito abierto)	-45 dBV/Pa (5,6 mV) 1 Pascal=94 dB SPL	Conmutador	Atenuador: 0 ó -10 dB, trabable
Nivel de presión acústica (SPL) máx. (1 kHz con 1% de distorsión armónica total, carga de 1 kΩ)	136 dB SPL	Conector	Conector de audio de tres clavijas profesional (tipo XLR), macho
Relación de señal a ruido (con respecto a 94 dB SPL a 1 kHz)	78 dB La relación de señal a ruido es la diferencia entre 94 dB SPL y el SPL equivalente del ruido autógeno con ponderación A	Estuche	Fabricación de acero con acabado en pintura de vinilo metálico y rejillas de acero inoxidable
Nivel de limitación (1 kHz con 0,25% de distorsión armónica total, carga de 1 kΩ)	-4 dBV (0,63 V)	Condiciones ambientales	Temperatura de funcionamiento: -6,7° a 49° C (20° a 120° F) Temperatura de almacenamiento: -29° a 74° C (-20° a 165° F) Humedad relativa: 0 a 95%
		Requisitos de alimentación	11 a 52 VCC phantom (1,2 mA)



TYPICAL FREQUENCY RESPONSE

COURBE DE REONSE TYPIQUE - TYPISCHES FREQUENZVERHALTEN
RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA - TIPICA RISPOSTA IN FRECUENZA

周波数特性



TYPICAL POLAR PATTERNS

COURBE DE DIRECTIVITE TYPQUES - TYPISCHE POLARCHARAKTERISTIK
PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS - TIPICI DIAGRAMMI POLARI

指向特性

C.26. MICRÓFONO SHURE BETA 56A

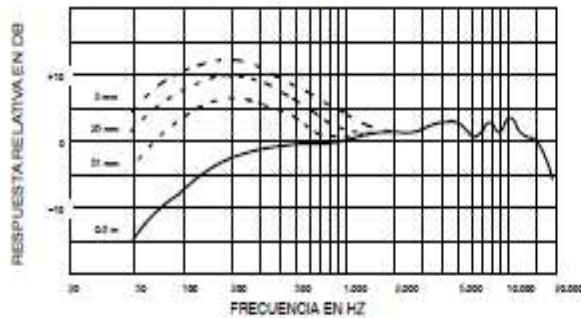
ESPECIFICACIONES

Tipo

Dinámico (bobina móvil)

Respuesta a frecuencias

50 a 16.000 Hz (vea la Figura 2)



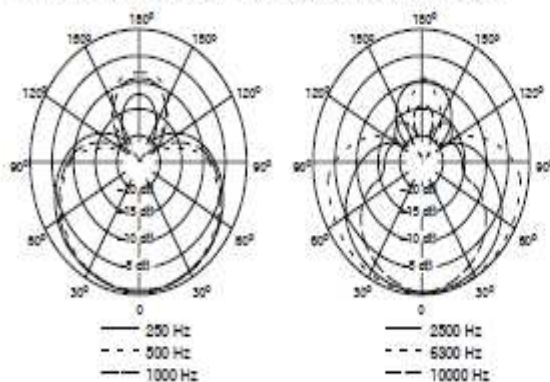
RESPUESTA DE FRECUENCIA TÍPICA

FIGURA 2

NOTA: La curva ilustrada abajo muestra la respuesta de una fuente sonora uniforme colocada en el eje de captación a una distancia de 0,6 m. La respuesta obtenida en la práctica variará según la posición del micrófono.

Patrón polar

Supercardiode, simétrico respecto al eje del micrófono, uniforme respecto a la frecuencia (vea la Figura 3)



PATRONES DE CAPTACION POLAR TÍPICOS

FIGURA 3

Nivel de salida (a 1.000 Hz)

Voltaje en circuito abierto: -51 dBV/Pa (2.8 mV)

(1 Pa = 94 dB SPL)

Impedancia

La impedancia nominal es de 150 Ω (real: 290 Ω) para conexión a entradas de micrófono de baja impedancia (baja Z)

Fasaje

Una presión positiva en el diafragma del micrófono produce un voltaje positivo en la pin 2 con respecto a la pin 3

Conector

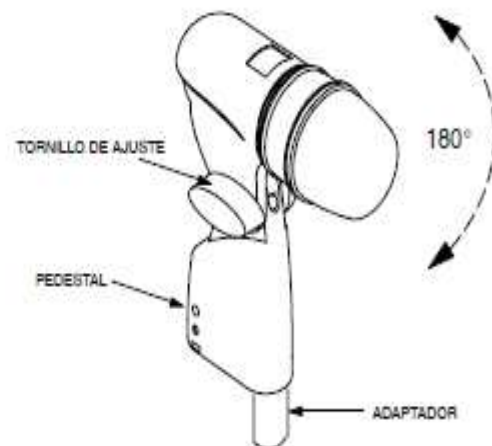
Conector de audio de tres pins profesional (tipo XLR macho)

Caja

Metal troquelado pintado de color plateado azul con rejilla de acero endurecido con acabado mate

Adaptador para pedestal ajustable y con traba

Incorporado, con traba dinámica, y ajustable a través de 0° a 180° con rosca estándar de 5/8"-27 (vea la Figura 4)



ADAPTADOR PARA PEDESTAL INCORPORADO BETA 56A

FIGURA 4

Peso neto

468 g

C.27. MICRÓFONO SHURE KSM44

ESPECIFICACIONES

Tipo de cápsula	Condensador de polarización externa		
Respuesta de frecuencia	20 hasta 20 000 Hz (Vea las Figuras 4, 6, 8)		
Impedancia de salida	150 Ω (real)		
Interruptor de atenuación	0 ó 15 dB de atenuación		
Interruptor de respuesta de frecuencias bajas	Respuesta uniforme, -6 dB/octava a menos de 115 Hz, -18 dB/octava a menos de 80 Hz		
Alimentación Phantom	48 VCC \pm 4 VCC (IEC-268-15/DIN 45 596), positivo en clavijas 2 y 3		
Consumo de corriente	5,4 mA típico a 48 VCC		
Rechazo en modo común	\geq 50 dB, 20 Hz hasta 20 kHz		
Polaridad	Una presión positiva sobre el diafragma delantero produce un voltaje positivo en la clavija 2 con respecto a la clavija 3		
Patrones polares de captación	Cardioide (Vea la Figura 5)	Omnidireccional (Vea la Figura 7)	Bidireccional (Vea la Figura 9)
Sensibilidad (típica; a 1000 Hz; 1 Pa = 94 dB SPL)	-31 dBV/Pa	-37 dBV/Pa	-36 dBV/Pa
Ruido autógeno (típico, SPL equivalente con ponderación A, IEC 651)	7 dB	10 dB	10 dB
SPL máximo @ 1000 Hz 2500 Ω de carga (con atenuador) 1000 Ω de carga (con atenuador)	132 (149) dB 127 (144) dB	138 (151) dB 132 (145) dB	137 (150) dB 131 (144) dB
Nivel de limitación de salida* 2500 Ω de carga 1000 Ω de carga	7 dBV 1 dBV	7 dBV 1 dBV	7 dBV 1 dBV
Rango dinámico 2500 Ω de carga 1000 Ω de carga	125 dB 120 dB	128 dB 122 dB	127 dB 121 dB
Relación de señal a ruido**	87 dB	84 dB	84 dB
Dimensiones y peso	Diámetro máximo de cuerpo de 55,9 mm, 187 mm de largo; 490,5 gramos (Vea la Figura 10)		

*20 Hz hasta 20 kHz; distorsión armónica total (THD): < 1%. THD del preamplificador del micrófono cuando la señal de entrada que se aplica es equivalente a la señal de salida de la cápsula para el SPL que se especifica.

**La relación señal / ruido es la diferencia entre 94 dB SPL y el SPL equivalente del ruido inherente con ponderación A.

GRAFICAS DE RESPUESTA DE CARDIOIDE

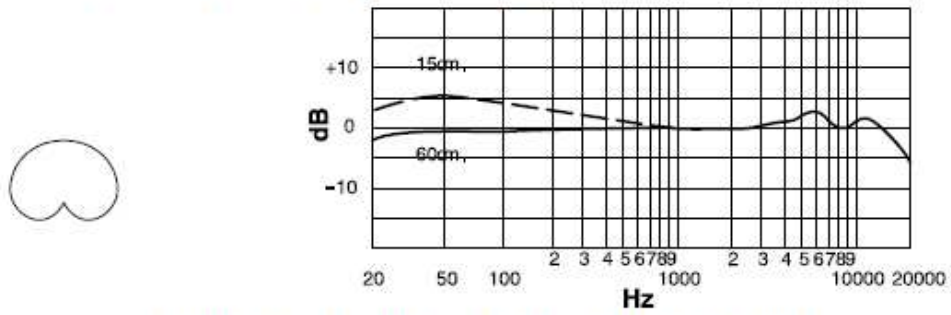


FIGURA 4. RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA

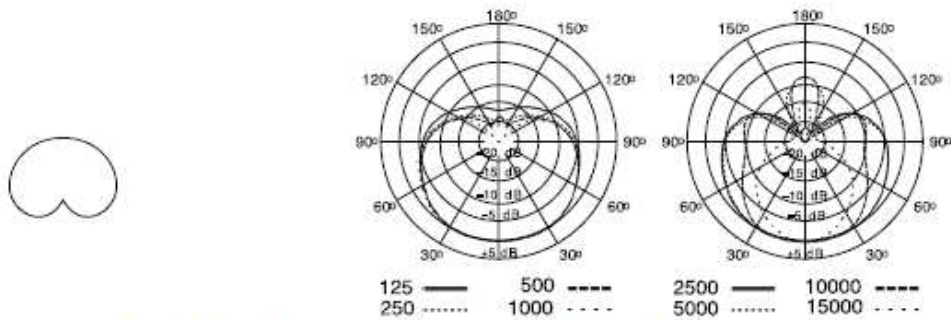


FIGURA 5. PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS
GRAFICAS DE RESPUESTA OMNIDIRECCIONAL

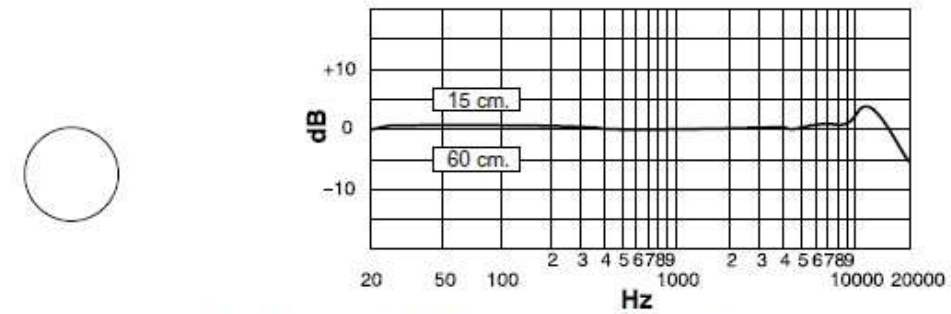


FIGURA 6. RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA

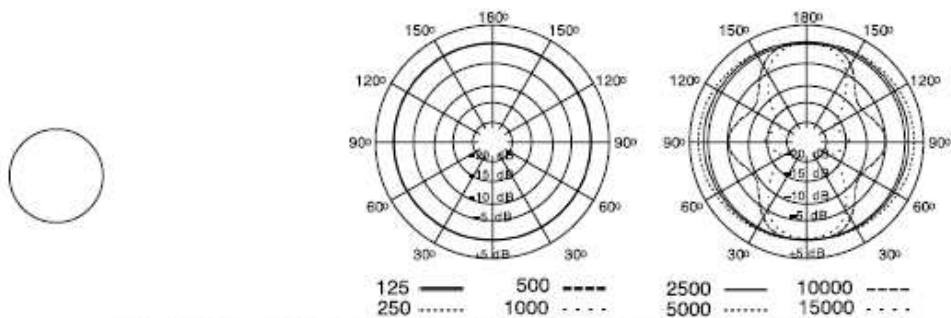


FIGURA 7. PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS

GRAFICAS DE RESPUESTA BIDIRECCIONAL

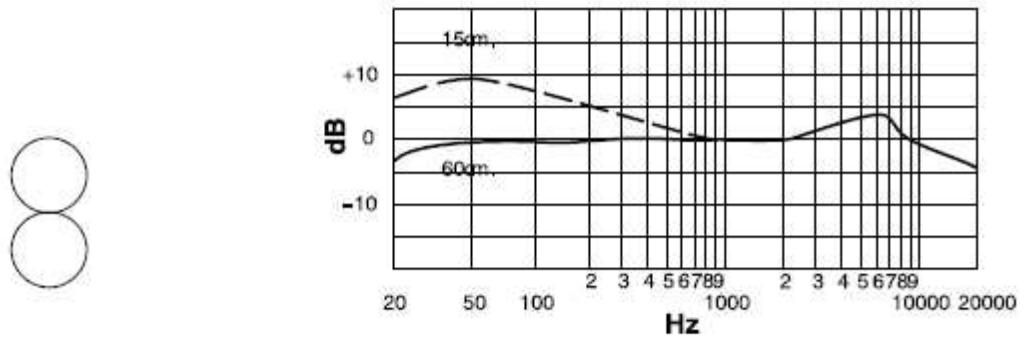


FIGURA 8. RESPUESTA DE FRECUENCIA TIPICA

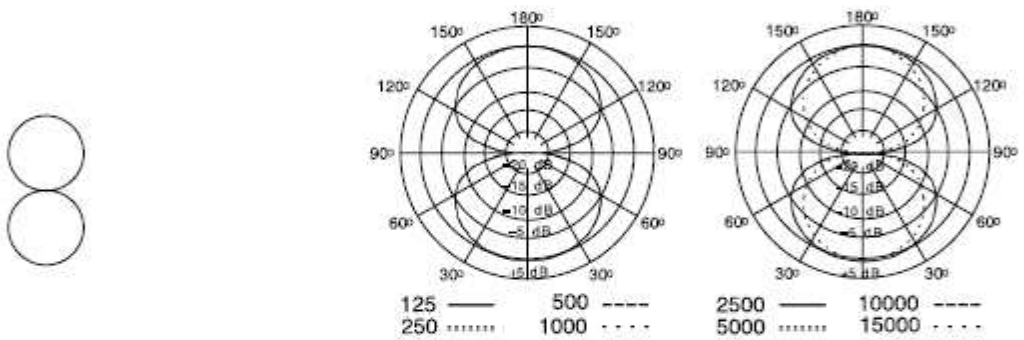


FIGURA 9. PATRONES DE CAPTACION POLAR TIPICOS

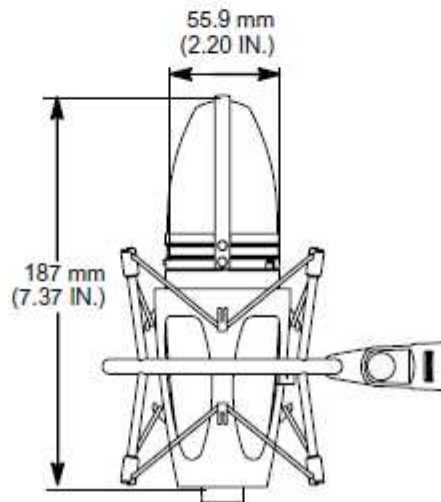


FIGURA 10. DIMENSIONES

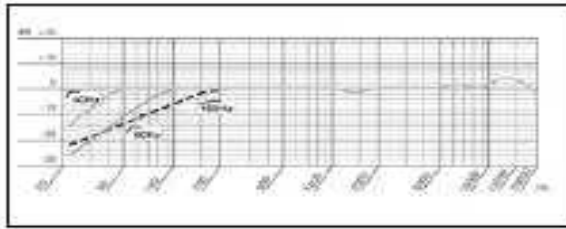
C.28. MICRÓFONO AKG C 414 XLS



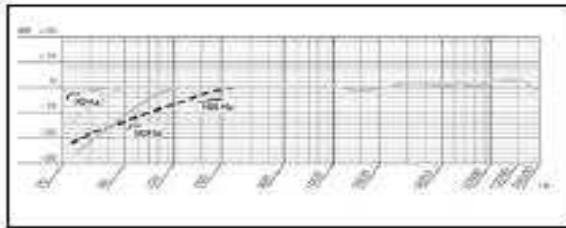
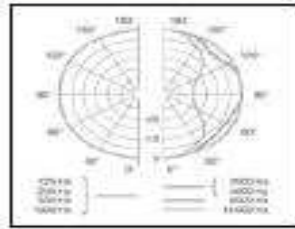
Funcionamiento:	sistema de diafragma grande de 25 mm, según el principio de gradiente de presión
Número de características direccionales:	9, conmutables
Sensibilidad:	23 mV/Pa (-33 dBV ± 0,5 dB)
Respuesta de frecuencia:	20 a 20.000 Hz (véanse las curvas de frecuencias)
Impedancia eléctrica:	≤ 200 ohmios
Impedancia de carga recomendada:	≥ 2200 ohmios
Transconductancia del filtro de atenuación de bajos:	12 dB/octava con punto inicial en 40 Hz y 80 Hz, o bien 6 dB/octava con punto inicial en 160 Hz
Preatenuación:	conmutable en -6 dB, -12 dB, -18 dB
Nivel de ruido equivalente según IEC 60268-4:	20 dB (0 dB preatenuación)
Nivel de ruido equivalente según IEC 60268-4 (pond. en A):	6 dB-A (0 dB preatenuación)
Relación señal/ruido rel. a 1 Pa (pond. en A):	88 dB
Presión sonora máx. para 0,5% de distorsión:	200/400/800/1600 Pa △ 140/146/152/158 dB SPL (0/-6/-12/-18 dB)
Gama de dinámica:	134 dB mín.
Nivel de salida máx.:	5 V ef. (+14 dBV)
Condiciones climáticas aceptables:	gama de temperaturas: -10°C a +60°C humedad ambiental rel.: 95% (+20°C), 85% (+60°C)
Tensión de alimentación:	alimentación fantasma de 48 V según IEC 61938
Toma de corriente:	aprox. 4,5 mA
Conector:	tipo XLR-3 según IEC
Dimensiones exteriores:	50 x 38 x 160 mm
Peso:	300 g, neto
Patentes:	Transductor electrostático (n.º de patente AT 395.225, DE 4.103.784, JP 2.815.488, US 7.356.151)

**Respuesta de frecuencia
C 414 XLS**

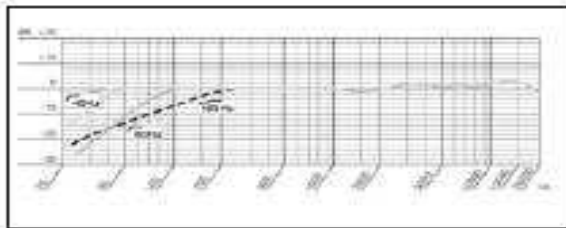
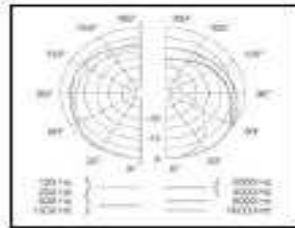
**Diagrama polar
C 414 XLS / C 414 XLII**



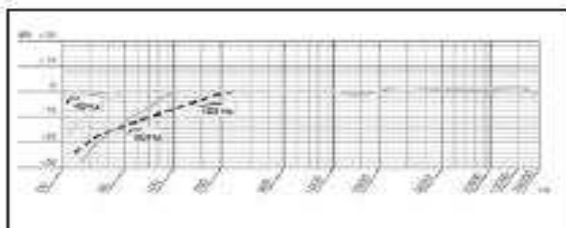
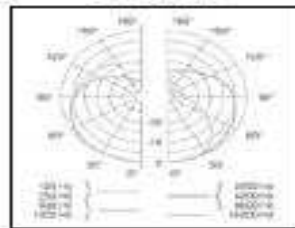
Omnidireccional



Cardioide ancha



Cardioide



Hipercardioid

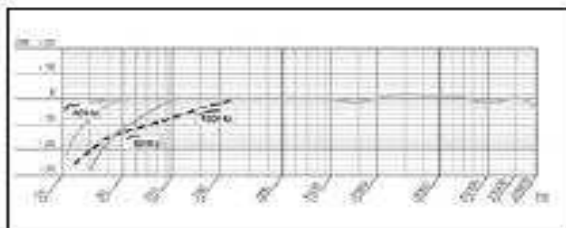
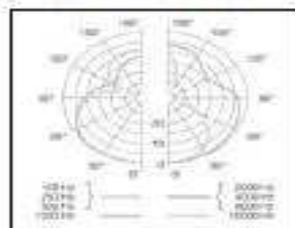
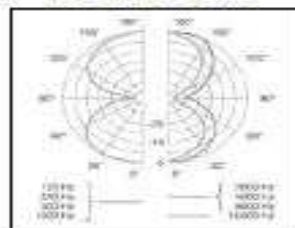


Figura de ocho



C.29. MICRÓFONO AKG D112

Datos técnicos:

Funcionamiento acústico:	transductor dinámico de gradiente de presión
Característica direccional:	cardioide
Gama de frecuencia:	20 – 17.000 Hz
Sensibilidad a 1000 Hz:	1,8 mV/Pa \triangleq 75 dBV re a 1 μ B
Impedancia eléctrica a 1000 Hz:	210 ohm
Impedancia de carga recomendada:	\geq 600 ohm
Presión acústica límite para un THD del 0,5%:	ya no es posible medirlo
Sensibilidad de zumbido a 50 Hz:	6 μ V/5 μ T \triangleq 30 V/Vs/m ²
Condiciones climáticas:	gama de temperatura: - 10°C ... + 70°C humedad relativa del aire a + 20°C: 90%
Tipo de conector:	conector XLR de 3 polos
Modo de conexión del conector:	espiga 1: masa, espiga 2: bobina móvil (en fase) espiga 3: bobina móvil
Material de la caja:	colada a presión de aluminio
Superficie:	de color metálico antracita, barnizado opaco
Dimensiones:	altura: 150 mm, ancho: 70 mm, profundidad: 115 mm
Peso:	380 g neto

Curva de frecuencia:

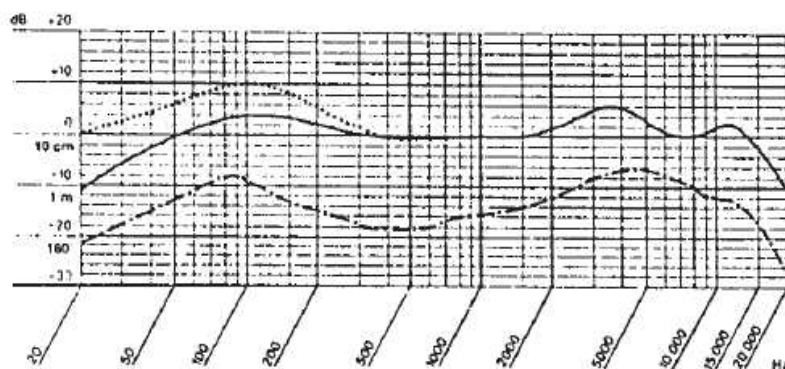
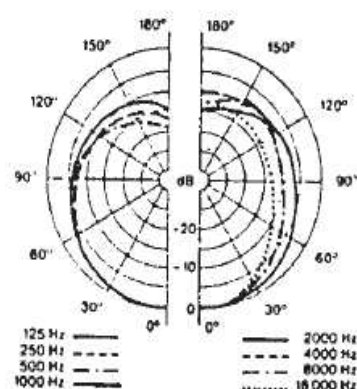
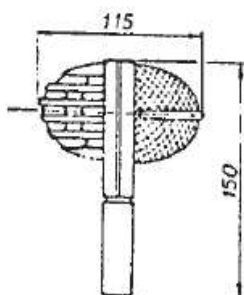


Diagrama polar:



Croquis de dimensiones:



C.30. MICRÓFONO AKG C 451 B

Característica direccional:	cardioide
Respuesta de frecuencia:	20-20.000 Hz +/- 1,5 dB de la curva de régimen
Sensibilidad:	9 mV/Pa / - 41 dBV referido a 1V/Pa
Impedancia:	< 200 ohmios
Impedancia de carga recomendada:	> 1000 ohmios
Presión sonora	112 Pa / 135 dB SPL (0 dB de atenuación)*
para 0,5% de factor de distorsión no lineal:	355 Pa / 145 dB SPL (10 dB de atenuación)* 1120 Pa / 155 dB SPL (20 dB de atenuación)*
Nivel de presión sonora equivalente según IEC 60268-4 (pond. en A):	18 dB-A
Campo dinámico:	117 dB máx. (pond. en A)*
Preatenuación:	regulable en 0, -10, -20 dB
Atenuación de bajos:	12 dB/octava, regulable en lineal, 75 Hz ó 150 Hz
Tensión de alimentación:	9-52 V alimentación fantasma según IEC 61938
Temperatura de régimen:	-20° C hasta +60° C
Enchufe:	conector XLR de 3 polos
Superficie de la caja:	niquelada y satinada
Dimensiones:	19 mm Ø x 16 mm
Peso (neto/bruto):	125 g / 760 g

*) Estos valores rigen para la alimentación fantasma de 48 V y deben reducirse en 2 dB para la de 24 V y en 8 dB para la de 12 V.

Este aparato corresponde a las normas citadas en la declaración de conformidad. Esta última está disponible en el sitio <http://www.ake.com> o puede ser solicitada al correo electrónico sales@ake.com.

Respuesta de frecuencia

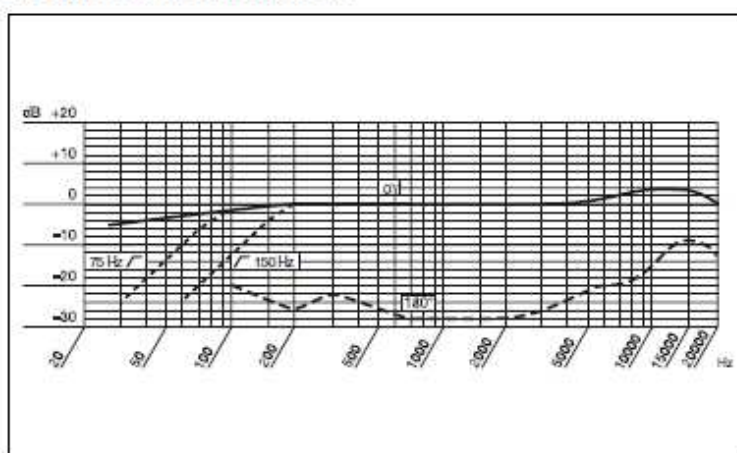
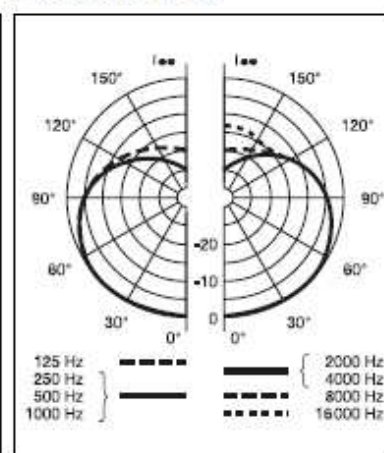
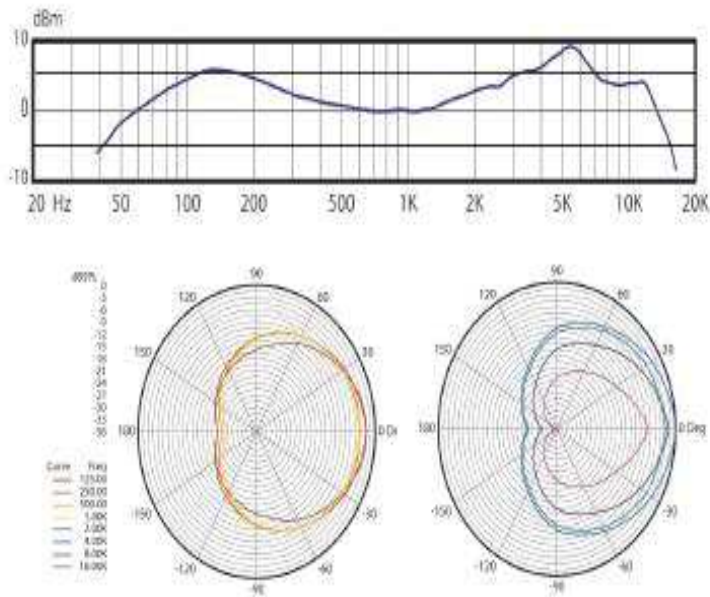


Diagrama polar

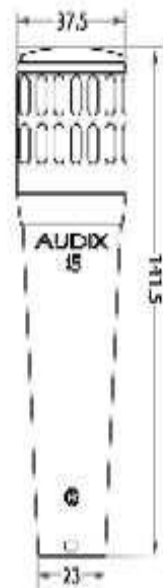


C.31. MICRÓFONO AUDIX i5

FREQUENCY / POLARS:



DIMENSIONS (mm):



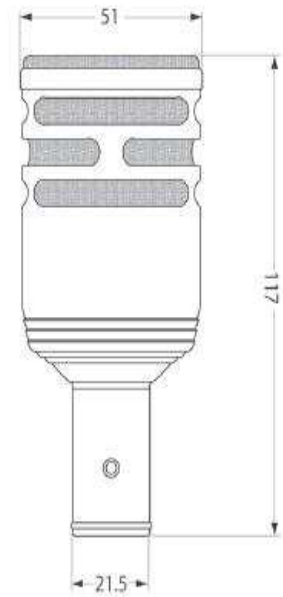
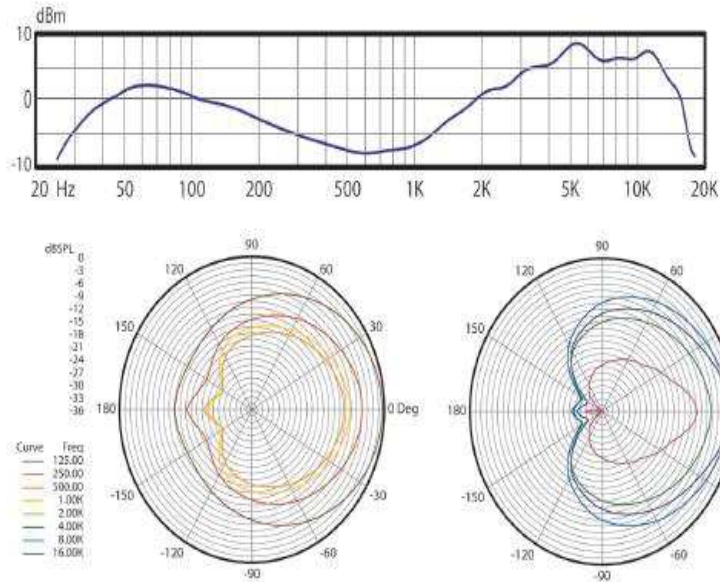
SPECIFICATIONS:

Transducer Type	Dynamic
Frequency Response	50 Hz - 16 kHz
Polar Pattern	Cardioid
Output Impedance	150 ohms
Sensitivity	1.5 mV / Pa @ 1k
Capsule Technology	VLM Type B
Off Axis Rejection	> 23 dB
Maximum SPL	≥ 140 dB
Power Requirements	None
Connector	Switchcraft® male XLR connector
Polarity	Positive voltage on pin 2 relative to pin 3 of output XLR connector
Housing / Finish	Die cast Zinc Alloy / Black E-coat
Weight	183 g / 6.5 ounces
Length	141.5 mm / 5.6 inches

C.32. MICRÓFONO AUDIX D6

DIMENSIONS (mm):

FREQUENCY / POLARS:

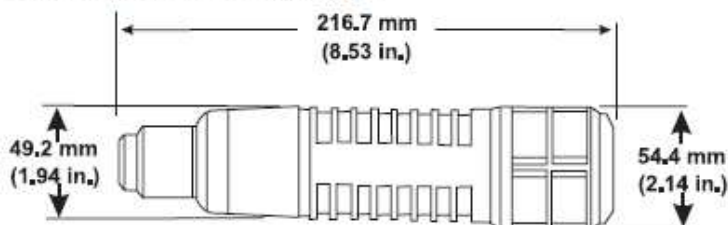


SPECIFICATIONS:

Transducer Type	Dynamic
Frequency Response	30 Hz - 15 kHz
Polar Pattern	Cardioid
Output Impedance	200 ohms
Sensitivity	0.8 mV / Pa @ 80 Hz
Capsule Technology	VLM Type E
Off Axis Rejection	>20 dB
Maximum SPL	144 dB
Power Requirements	None
Connector	Switchcraft® male XLR connector
Polarity	Positive voltage on pin 2 relative to pin 3 of output XLR connector
Housing / Finish	Machined Aluminum / Black Hard Coat
Weight	217 g / 7.7 ounces
Length	117 mm / 4.6 inches

C.33. MICRÓFONO ELECTROVOICE RE-20

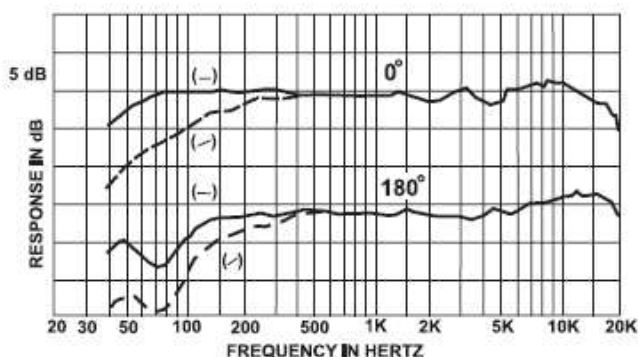
Dimension Drawing:



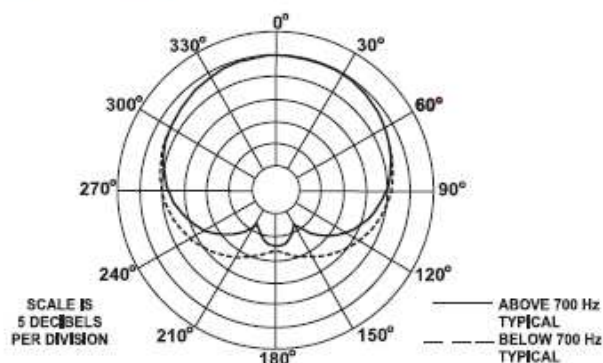
Technical Specifications:

Generating Element:	Dynamic
Frequency Response:	45 - 18,000 Hz
Polar Pattern:	Cardioid
Impedance:	150 ohms balanced
Sensitivity, Open Circuit Voltage, 1 kHz:	1.5 mV/pascal
Hum Pickup Level, typical (60 Hz/ 1 millioersted field):	-130 dBm
Polarity:	Pin 2 will be positive referenced to Pin 3 with positive pressure on diaphragm
Case Material:	Steel
Dimensions:	
Length:	216.7 mm (8.53 in.)
Widest Diameter:	54.4 mm (2.14 in.)
Body Diameter:	49.2 mm (1.94 in.)
Finish:	Fawn Beige
Net Weight:	737 g (1 lb, 10 oz)
Shipping Weight:	1,474 g (3 lb, 4 oz)
Accessories Furnished:	81715 stand clamp
Optional Accessories:	309A shock-mounted stand adapter for use with floor stand or recording boom

Frequency Response:



Polar Response:



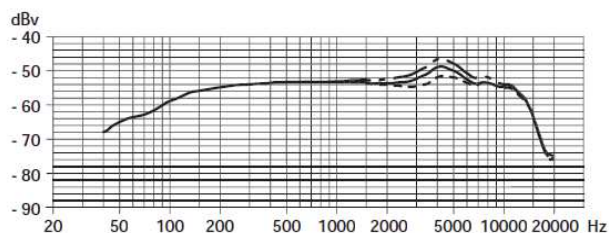
C.34. MICRÓFONO SENNHEISER e906



Datos técnicos

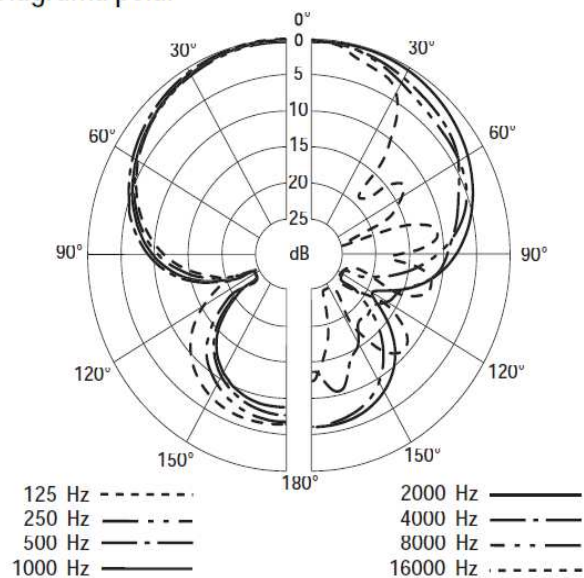
Principio transductor	dinámico
Respuesta	40 – 18.000 Hz
Característica direccional	extra-ovalada
Factor de transmisión neutro (con 1 kHz)	2,2 mV/Pa
Impedancia nominal (con 1 kHz)	350 Ω
Impedancia terminal mín.	1 kΩ
Conector	XLR-3
Peso	140 g
Medidas	55 mm x 34 mm x 134 mm

Respuesta de frecuencia

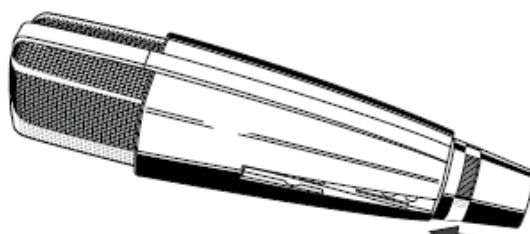


Posición del interruptor  (0°, 1 m)

Diagrama polar

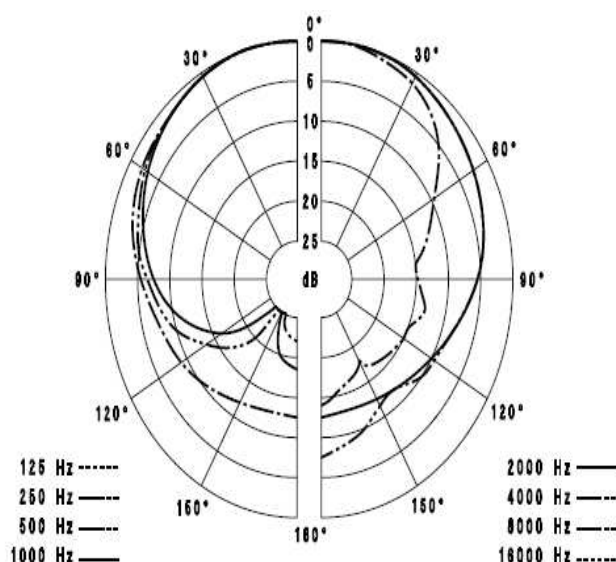
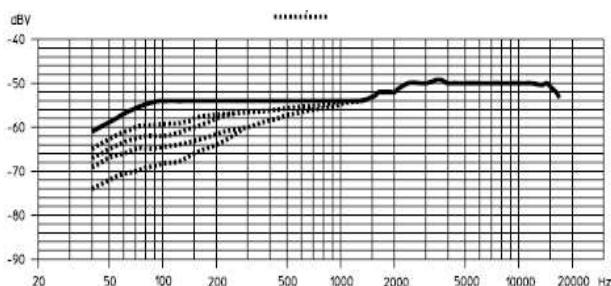


C.35. MICRÓFONO SENNHEISER MD421 II



DATOS TÉCNICOS

Respuesta	30 - 17 000 Hz
Funcionamiento acustico	receptor de gradiente de presión
Característica direccional	cardioide
Atenuación máxima 180°	18 dB - 2 dB
Factor de transmisión de campo an circuito abierto	2 mV / Pa (= -54 dBV) ± 2,5 dB
Impedancia eléctrica	200 Ω
Impedancia terminal	200 Ω
Factor de interferencia magnética a 50 Hz	< 5 μV / 5 μT
Dimensiones en mm	215 x 46 x 49
Peso	unos 385 g
Extensión del suministro	1 Micrófono, 1 soporte para tripode 1 adaptador 3/8" → 5/8"



C.36. MICRÓFONO SENNHEISER e835



Datos técnicos

Principio transductor	dinámico
Margen de transmisión	40.....16.000 Hz
Característica direccional	cardioide
Actor de transmisión en campo acústico libre en vacío (1 kHz)	2,7 mV/Pa
Impedancia nominal	350 Ω
Impedancia terminal mín.	1 K Ω
Conector	XLR-3
Peso	330 g
Medidas	Ø 48 x L 180 mm

Respuesta de frecuencia

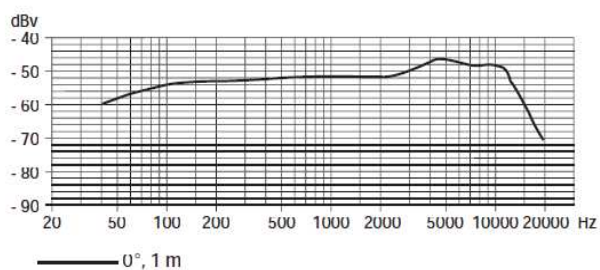
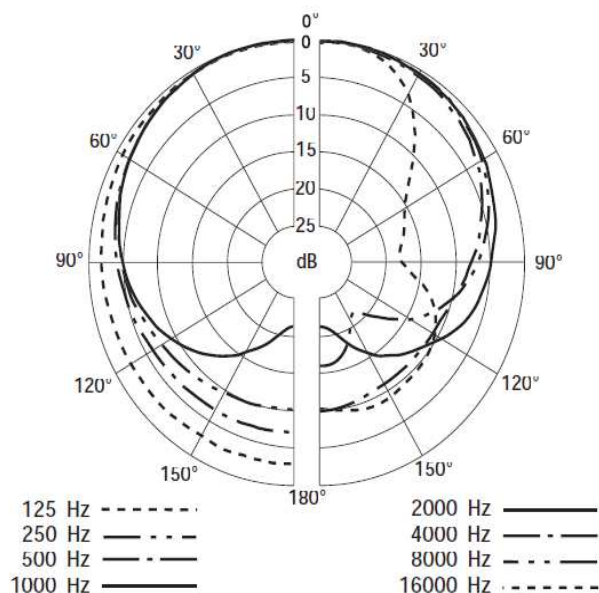


Diagrama polar



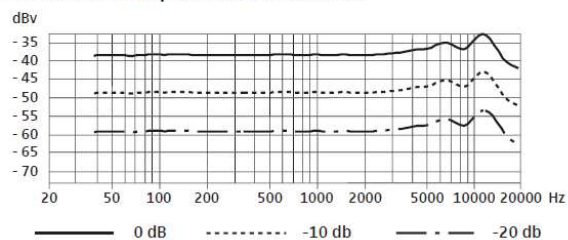
C.37. MICRÓFONO SENNHEISER e914



Datos técnicos

Principio transductor	Micrófono de condensador con polarización permanente
Margen de transmisión	20 - 20.000 Hz
Característica direccional	forma ovalada
Alimentación fantasma	48 V/2,2 mA
Factor de transmisión de campo acústico libre en vacío (1 kHz)	7 mV/Pa; 2,3 mV/Pa / 0,7 mV/Pa (con atenuación previa)
Nivel acústico de sustitución Ponderación A (DIN IEC 651)	19 dB
Ponderación CCIR (CCIR 468-3)	30 dB
Atenuación previa	0, -10, -20 dB
Filtro de bajos	lineal Roll-off 130 Hz, 6 dB/oct. Cut-off 85 Hz, 18 dB/oct.
Límite de presión acústica con 1 kHz	137/147/157 dB SPL (en función de la atenuación previa)
Impedancia nominal	100 Ω
Impedancia terminal mín.	1 kΩ
Conector	XLR-3
Medidas	Ø 24 mm Longitud 157 mm
Peso	198 g (sin pinza ni cable)

Atenuación respuesta de frecuencia



Respuesta de frecuencia filtro

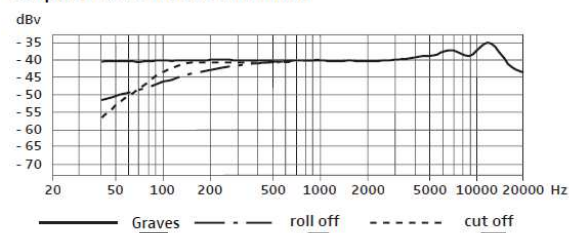
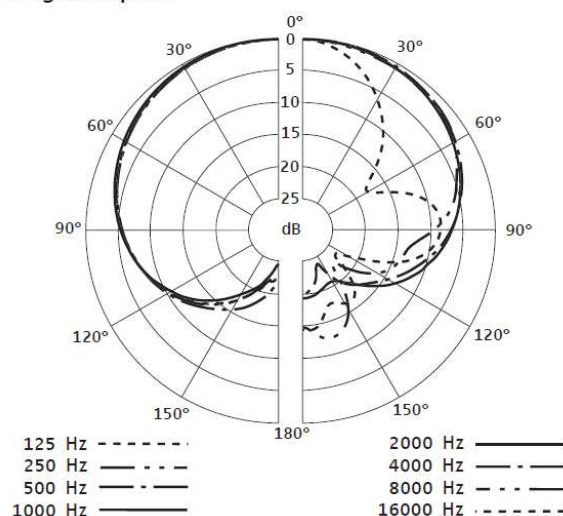
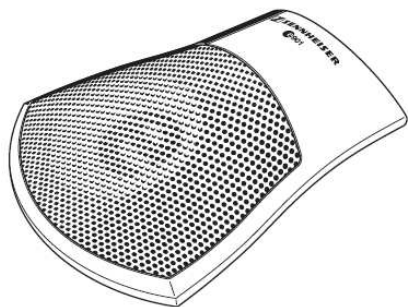


Diagrama polar



C.38. MICRÓFONO SENNHEISER e901



Datos técnicos

Principio transductor	Micrófono de condensador con polarización permanente
Margen de transmisión	20 - 20.000 Hz
Característica direccional	Semi-ovalada
Factor de transmisión en campo acústico libre en vacío (1 kHz)	0,5 mV/Pa
Impedancia nominal (con 1 kHz)	<100 Ω
Impedancia terminal min.	1 kΩ
Alimentación fantasma	48 V / 1,1 mA
Límite de presión acústica con 1kHz	154 dB SPL
Conector	XLR -3
Peso	550 g
Medidas	Largo 126,5 mm Ancho 105 mm Alto 26,5 mm

Respuesta de frecuencia

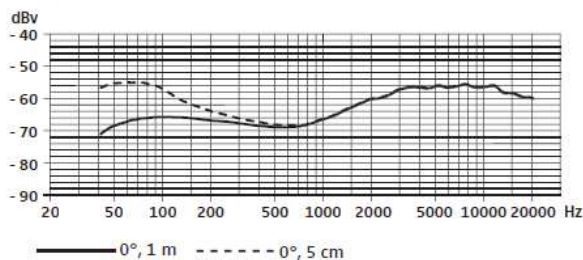
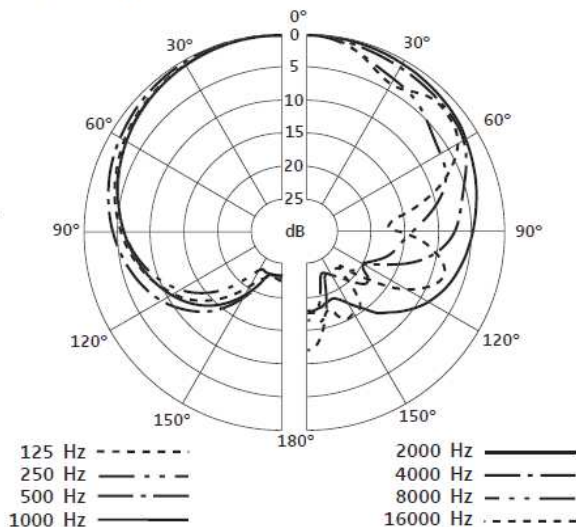


Diagrama polar



C.39. MICRÓFONO SENNHEISER MD 441U



Datos técnicos

Respuesta	30 – 20.000 Hz
Funcionamiento acústico	receptor de gradiente de presión
Característica direccional	supercardiode
Atenuación máxima a 130°	20 dB – 3 dB
Factor de transmisión de campo en circuito abierto a 1000 Hz	1,8 mV/Pa ± 3 dB (▲ – 55 dBV)
Impedancia eléctrica a 1000 Hz	200 Ohm
Impedancia terminal	1000 Ohm
Clavija	MD 441 N: DIN de 3 polos, atornillable MD 441 U: XLR-3 de 3 polos
Factor de interferencia magnética	5 µV/5 µT
Dimensiones en mm	MD 441 N: 257 x 33 x 36 MD 441 U: 270 x 33 x 36
Peso	aprox. 450 g
Extensión del suministro	1 micrófono 1 soporte para tripode

Reservado del derecho a modificaciones.

RESPUESTA EN FRECUENCIA

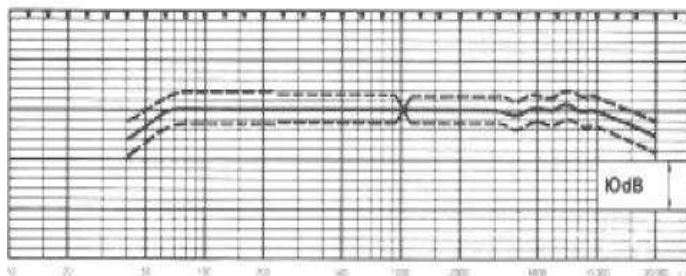
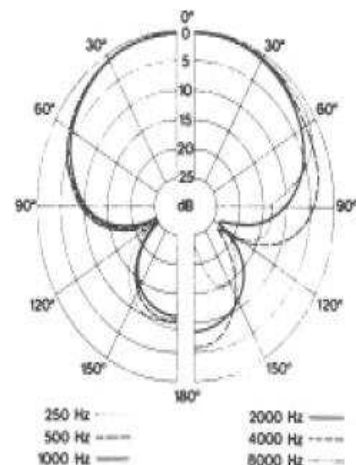
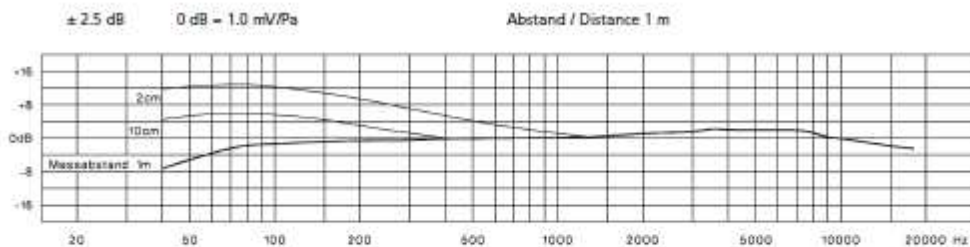


DIAGRAMA DE LA DIRECTIVIDAD

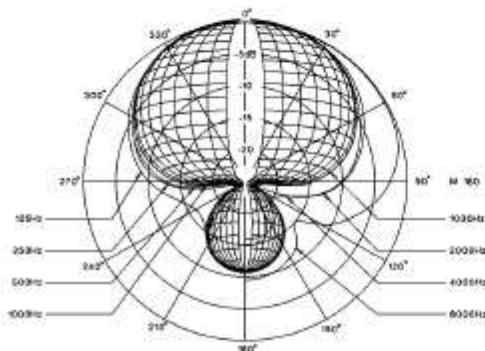


C.40. MICRÓFONO BEYERDYNAMIC M 160

Frequenzkurve / Frequency response curve



Richtdiagramm / Polar pattern

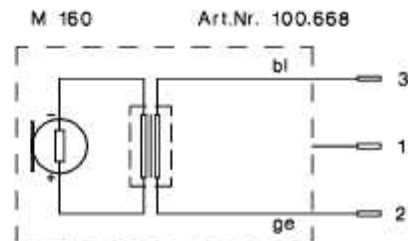


Schaltbild

Polarität: Ein positiver Schalldruck erzeugt eine positive Spannung am gelben Kabel (Anschl. 2).

Wiring diagram

Positive pressure produces positive voltage on yellow lead (pin 2).



Technische Daten

Wandlerprinzip	Dynamisch
Arbeitsprinzip	Druckgradienten-empfangen
Übertragungsbereich	40 - 18.000 Hz
Richtcharakteristik	Hyperniere
Rückwärtsdämpfung	
bei 1 kHz	> 25 dB bei 110 Grad
Feldleiterlaufübertragungsfaktor	
bei 1 kHz (0 dB = 1 V/Pa)	1,0 mV/Pa = -60 dBV
Nennimpedanz	200 Ω
Nennabschlussimpedanz	≥ 1000 Ω
Membrane	Reinaluminium
Gehäuse	Messing
Anschlussstecker	3-pol. XLR
Abmessungen	
Länge	156 mm
Schaftdurchmesser	23 mm
Kopfdurchmesser	38 mm
Gewicht ohne Kabel	156 g

Technical Specifications

Transducer type	Dynamic
Operating principle	Pressure gradient
Frequency response	40 - 18,000 Hz
Polar pattern	Hypercardioid
Rear attenuation at 1 kHz	> 25 dB at 110°
Open circuit voltage	
at 1 kHz (0 dB = 1 V/Pa)	1.0 mV/Pa = -60 dBV
Nominal impedance	200 Ω
Load impedance	≥ 1000 Ω
Diaphragm	Pure aluminium
Case/finish	Brass
Connection	3-pin XLR
Dimensions	
Length	156 mm
Shaft diameter	23 mm
Head diameter	38 mm
Weight without cable	156 g

C.42. MICRÓFONO NEUMANN KM 184



Technical Specifications

Acoustical op. principle Pressure/Pressure gradient transducer

Polar pattern Omnidirectional/Cardioid Hypercardioid

Frequency range 20 Hz...20 kHz

Sensitivity¹⁾ 12/15/10 mV/Pa ± 1 dB

Rated impedance 50 ohms

Rated load impedance 1000 ohms

Signal-to-noise ratio²⁾,
CCIR³⁾ 70/72/70 dB

Signal-to-noise ratio²⁾,
A-weighted³⁾ 81/81/79 dB

Equivalent noise level,
CCIR³⁾ 24/22/24 dB

Equivalent noise level,
A-weighted³⁾ 13/13/15 dB-A

Maximum SPL
for less than 0.5 % THD⁴⁾ 140/138/142 dB

Max. output voltage 10 dBu

Supply voltage⁵⁾ 48 V ± 4 V

Current consumption⁵⁾ 3.2 mA

Matching connector XLR 3F

Weight approx. 80 g

Dimensions Ø 22 mm x 107 mm

94 dB SPL ≙ 1 Pa = 10 µbar
0 dB ≙ 20 µPa

