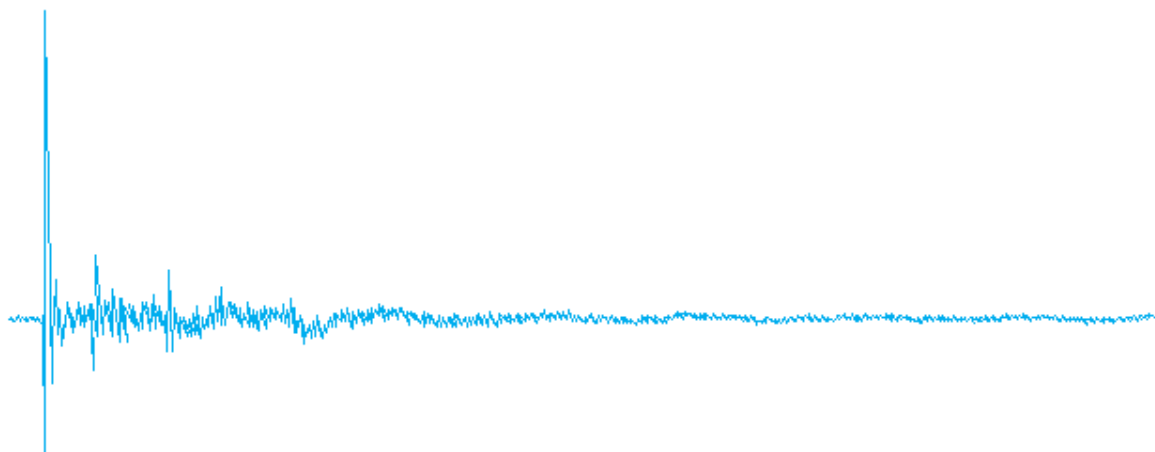




UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE ARQUITECTURA



DISEÑO ELECTROACÚSTICO

PARA EL AUDITORIO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

TESIS

para obtener el grado de:
ARQUITECTO

presenta:
Alumno: Armando Federico Priego Silva

Asesora: Arq. Rosa María Zavala Huitzacua

Morelia, Michoacán, Agosto de 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A mi Madre y a mi Padre

Meyersound

Meyersound México

Smaart live

INTRODUCCIÓN	A
PLANTEAMIENTO	
Definición del tema	I
Justificación	2
Objetivos	3
Expectativas	4
MORELIA EN LA ACTUALIDAD	
Morelia	5
Clima	6
HISTÓRICO	
Historia de la acústica	7
Historia del audio	8
OÍDO HUMANO	
Volumen	II
Sonar humano	12
Memoria auditiva	16
PRINCIPIOS TEÓRICOS	
Sonido	17
Acústica	21
Audio	28
Electroacústica	32
TÉCNICO-NORMATIVO	
Transductores	47
Procesadores	51
Medición	51
Predicción	54
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	56
CASOS ANÁLOGOS	
Teatro Morelos	57
Teatro de las Artes	66
Teatro Municipal de las Condes	69
Logomo Hall	71
MARCO FUNCIONAL	
Auditorio Facultad de Arquitectura	73
Programa general propuesto	81
Programa operativo propuesto	81
Perfil operadores	82
Diseño electroacústico	82
MARCO FORMAL	
Diseño electroacústico	93
Criterios de instalación	105
Criterios de operación	109
Equipo de apoyo	110
CONCLUSIONES	
Conclusiones	117
ANEXOS	
De la teoría a la medición	B
Bibliografía	C
Glosario	D
Índice de imágenes	E

La necesidad de comunicación es vital para el ser humano, el código más usado es el lingüístico, se da en todos los espacios y ámbitos de la sociedad como educación, deporte, política, religión, arte y entretenimiento; los lugares más comunes del lenguaje oral son escuelas, auditorios, iglesias, teatros, museos, cines, salas de espera en general, centros de convenciones así como parques, plazas y calles. La arquitectura y la voz se encuentran en el plano de la dimensión acústica que es esencial para la música, es perfil del diseño arquitectónico, propiedad física de los materiales que no se ve pero se oye y llega a niveles subjetivos tales que puede determinar el éxito de la actividad en el lugar hasta nuestro gusto por tal o cual espacio arquitectónico.

Existe la acústica especializada como el caso de una sala de conciertos, a otro nivel de exigencia esta la acústica de salas de cine y auditorios deportivos, pero no debe discriminarse a las salas de juntas, de espera o pasillos por ejemplo: de un hospital; basta con ir a un café o centro comercial para detectar a oído las impresiones acústicas y niveles que se llegan a sufrir. Desde la invención del teléfono y la radio los locales arquitectónicos han venido adaptando sus instalaciones para recibir bocinas, cables y equipo de control, otro enfoque de esta tesis es: como se diseña una instalación de audio y como interactúa con la acústica del local usando la técnica de medición de audio para medir acústica arquitectónica, no se pretende al término de esta tesis tener la capacidad o autoridad para lograr una acústica de conciertos sinfónicos pero sí interesa aproximar al estudiante que no ha tenido conocimiento en la materia; todo edificio que se remodele o construya con la función de voz y música llevará obligadamente una instalación de audio, es materia de especialistas pero debemos entender sus necesidades para conciliarlas con las del diseño arquitectónico.

El Auditorio de la Facultad de Arquitectura deberá cumplir con todas las características de la electroacústica para voz y permitirá ocasionales intervenciones musicales, es importante darle mayor utilidad al espacio, mientras más se use se mejora el inmueble. El diseño acústico ha sido un tema separado del diseño arquitectónico pero con la ayuda de medios digitales y entrenamiento adecuado es posible hacer pruebas de propiedades acústicas a materiales tradicionales de la construcción y a los de tratamientos acústicos, al hacer este ejercicio dentro de la Facultad de Arquitectura se logra llegar a los alumnos que vienen de provincia para que se lleven los principios teóricos y prácticos de la acústica arquitectónica y los apliquen desde la conceptualización del proyecto o en una remodelación con acondicionamiento, aislamiento acústico y sistemas de audio.

PLANTEAMIENTO

DEFINICIÓN DEL TEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

EXPECTATIVAS

FUSIÓN



Fig 01, Auditorio de la Facultad de Arquitectura

El Auditorio Universitario de la Facultad de Arquitectura es un edificio destinado a realizar conferencias, seminarios, talleres llegando a ocasionales intervenciones musicales; también se usa para proyectar en video películas y documentales. La principal característica del edificio es el control de los ambientes exterior e interior ya que funciona como aislante de los elementos atmosféricos y dinámicas humanas, esto permite crear el clima que se desee para el evento. Electroacústica es el equilibrio entre Arquitectura, Acústica arquitectónica y Audio en el modo de refuerzo sonoro y hasta grabación.

ARQUITECTURA

Para que se dé la comunicación emisor y receptor se deben reunir en un espacio que cumpla con aspectos de función y seguridad, de acuerdo a la actividad se determina el tipo de escenario y partido arquitectónico; los edificios que logren mayor adaptabilidad de gradas e instalaciones son los edificios más eficientes.

ACÚSTICA

La Arquitectura también se escucha, si el ruido ambiental no es alto, si permite escuchar y hablar entonces se tiene una acústica que respeta la dimensión humana; sus aplicaciones directas a esta tesis son acondicionamiento y aislamiento.

AUDIO

Instalación especial del edificio de alto nivel tecnológico, sus partes son micrófono en escenario, procesadores en cabina y bocinas hacia sala y escenario; la sobre-exposición a niveles altos es daño permanente al oído.



Fig 02, Cabina de audio

USUARIO

El Auditorio atiende a toda la población universitaria y a la ciudad de Morelia siempre y cuando se trate de eventos académicos.

AUDITORIO

Estudiantes, Profesores, Académicos y público en general que se congrega para disfrutar de un espectáculo o atender un evento académico.

EXPONENTE

Profesor(a) o grupo de actores que exponen su tema en ocasiones de manera interactiva con el auditorio.

PERSONAL

Técnicos capacitados en la operación del sistema de audio.



Fig 03, Conferencia de audio

RELEVANCIA SOCIAL

El uso de técnicas de medición de acústica y audio permite hacer valer las leyes de ruido generando una cultura de sonido, un auditorio con audio adecuado mejora el proceso de aprender dando a los estudiantes el mensaje con mínima distorsión y mejorando su formación profesional.

RELEVANCIA INSTITUCIONAL

Proponer una instalación de audio completa, multiuso y de operación eficiente, que cubra todas los formatos de actividades posibles como video-conferencia vía internet resaltarán al Auditorio de la Facultad de Arquitectura como el primero en su tipo del resto de los campos universitarios de la ciudad.

RELEVANCIA ARQUITECTÓNICA

Un proceso de diseño electroacústico permitirá a otros arquitectos conocer y conciliar los trabajos de instalación de audio con los de acondicionamiento acústico y diseño arquitectónico; usar la nueva instalación como una referencia de audio y acústica arquitectónica permitirá detectar fallas de sonido natural y amplificado en otros edificios.

VIABILIDAD Y FACTIBILIDAD

La dirección de la Facultad de Arquitectura está interesada en un equipamiento de sonido y acondicionamiento acústico; debido al costo del proyecto se requiere de un apoyo federal con tiempos de entrega promedio de 2 años.

ORIGINALIDAD

De todos los espacios disponibles para la actividad protocolaria y de escena artística en el estado, el teatro Morelos es el más solicitado, sin embargo no cuenta con el tratamiento de acústica variable ni con el mejor sistema de audio que se pudo lograr, esa es nuestra referencia auditiva en la capital. Esta tesis es el primer documento que aborda el tema de manera práctica e integral, con fundamentos teóricos básicos y una técnica de medición coherente y objetiva. Aproximar a Arquitectos, Acústicos y Diseñadores de sistemas de audio con los inspectores acústicos y la sociedad en general es el inicio a un proceso correctivo de todos los espacios y leyes dedicadas a la voz y música.

Muestra de cultura es una ciudad con un ambiente auditivo o acústico por debajo de los niveles máximos permitidos, los oídos son los transductores naturales del ser humano, nos permiten conocer el mundo en que vivimos y la arquitectura es parte.



Fig. 04, Olimpiadas Beijing 2008



Fig. 05, El Zócalo 15 de Septiembre



Fig. 06, Auditorio Nacional



Fig. 07, Cabina de audio y video

OBJETIVO GENERAL

Proyectar una solución electroacústica para el Auditorio de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con capacidad para video-conferencias, presentaciones musicales, cine y video-cine, que sirva como laboratorio de acústica y audio para estudiantes y sociedad en general.

OBJETIVOS PARTICULARES

Mostrar una nueva técnica de medición para la optimización de instalaciones de audio y acústica en espacios arquitectónicos.

Demostrar las propiedades acústicas de los materiales de la construcción y de los acústicos.

Dar a conocer los equipos actuales de refuerzo sonoro de nuestra época y sus aplicaciones.

Conciliar los diseños de audio con acústica y arquitectónicos.



Fig. 08, Montaje de sistema de audioSound

Ampliará la visión y sensibilidad acústica de los estudiantes de Arquitectura con aplicación directa a sus proyectos futuros desde la conceptualización.

Mejoría electroacústica atraerá más eventos al Auditorio, actividad que forma y pule a la Facultad de Arquitectura.

Abrirá el debate en el terreno de la acústica arquitectónica, con un nuevo método en diseño de acondicionamiento y aislamiento acústico para arquitectura.

Generará de una a dos plazas de trabajo de técnicos operadores del equipo instalado.

Se capturará mejor referencia de audio para la edición de videos de eventos realizados en el Auditorio, con el proposito de armar un acervo con calidad de las actividades del Auditorio de la Facultad de Arquitectura.

Tener la primera sala con tratamiento electroacústico exprofeso de la Universidad Michoacana motivará el mejoramiento de los foros en el estado de Michoacán.



Fig. 09, Conferencia de autos

MORELIA EN LA ACTUALIDAD

MORELIA
CLIMA

Morelia, Patrimonio Cultural de la Humanidad. lleva en su nombre el tributo a la memoria del Ciervo de la Nación Don José María Morelos y Pavón. Es la capital del estado de Michoacán, se encuentra en un punto de fácil acceso de cualquier parte de la República. La distancia de la Ciudad de México a Morelia, es de 303 km, y de Guadalajara se encuentra a sólo 295 km. La Altura que tiene sobre el nivel del mar es de 1,951 metros.

En el último cuarto de siglo, Morelia ha tenido un repunte en población estudiantil y campos universitarios, la actividad educativa se ha convertido en factor económico; casi toda universidad de la ciudad tiene un gimnasio deportivo y un auditorio multiusos.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se ubica al sur de Ciudad Universitaria, tiene una población de 2,160 estudiantes, 190 profesores y 45 empleados; comparten la infraestructura con escuelas y facultades de la universidad, en caso necesario se rentan espacios de la ciudad como el teatro Morelos para llevar las actividades, es viable que funcione a la inversa que actividad de la población moreliana solicite los espacios de la Universidad.

A principios del año 2003 se estrenó el nuevo Auditorio de la Facultad de Arquitectura en donde se realizan diversas actividades educativas, protocolarias y de entretenimiento con una capacidad de 315 personas sentadas.



Fig. 10, Centro de Morelia

Morelia tiene un clima templado sub-húmedo con lluvias en verano e inviernos benignos. El comportamiento del sonido varía con los cambios climáticos, un sistema de audio no es la excepción, la combinación de humedad y temperatura provoca cambios drásticos pero también predecibles.

TEMPERATURA

El promedio anual es de 17.7 grados centígrados, la máxima registrada a la fecha es de 37.5° y la mínima de 2.4°.

HUMEDAD

Los porcentajes de humedad relativa media anual de 63.55% bajando en abril a 47.2% y subiendo en septiembre a 75.6%, la mínima anual de 8%.¹

CONCLUSIÓN APLICATIVA

Morelia y la comunidad Universitaria cuentan con los foros necesarios para la actividad diaria, sin embargo pocos edificios tienen una instalación de audio, de acústica, clima o de iluminación actuales y eficientes, la temperatura y humedad están en el rango de comodidad para el ser humano y las soluciones electroacústicas, si se tratara de un clima caluroso y seco se provocaría mayor consumo de energía y desgaste del equipo de audio.

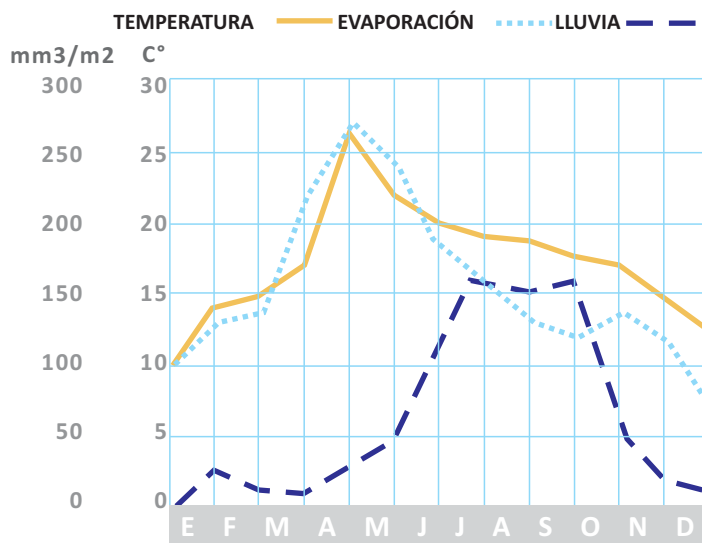


Fig. 11, Clima de Morelia

1. J. Fernando Ferreyra Zavala, *Escuela de Música para la Escuela Popular de Bellas Artes, Diseño y Cálculo Acústico de los Espacios*, tesis para obtener el título de Arquitecto, Morelia, Facultad de Arquitectura, UMSNH, 2008, p. 120.

HISTÓRICO

HISTORIA DE LA ACÚSTICA
HISTORIA DEL AUDIO



Fig.12, Coliseo Romano

Desde el principio de la civilización los espacios de reunión sea religión, política, o entretenimiento se han formado a partir de 2 tipologías: arena e italiano, en el modo arena un ejemplo típico sería el coliseo romano y para el italiano un modelo actual la ópera de Sidney. El Auditorio de la Facultad de Arquitectura sería italiano con accesos a 2 niveles lo que permitió una isóptica de cine.

HISTORIA DE LA ACÚSTICA



Fig. 13, Opera de Sydney

En la antigua Grecia **Aristóteles** (384-322 a. C.) comprobó que el sonido consistía en contracciones y expansiones del aire, otra forma de describir el movimiento de las ondas. Alrededor del año 20 a. C. el arquitecto e ingeniero romano **Vitruvio** escribió un tratado sobre las propiedades acústicas de los teatros, incluyendo temas como la interferencia, el eco y la reverberación; esto supone el inicio de la acústica arquitectónica.²



Fig. 14, Teatro de Epidauro

Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) matemático y físico francés analizó la transferencia de energía en su trabajo sobre la descomposición de funciones periódicas en series trigonométricas convergentes, llevando su nombre "Series de Fourier". Es una aplicación en muchas ramas de la ingeniería, acústica, óptica, proceso de imágenes y datos; en el año 1967 una computadora realizó por primera vez las series de Fourier a alta velocidad.³

El padre de la acústica arquitectónica moderna es **Wallace Clement Sabine** (1868-1919) físico de la universidad de Harvard, en el año 1865 por método de aproximación y comparación de acústicas aceptables se dio a la tarea de corregir la acústica de la sala Fogg Lecture Hall del Fogg Art Museum, su equipo de medición: material absorbente, un órgano, un cronometro, su departamento de física y muchas horas de experimentación determinó las bases de la acústica arquitectónica; su obra maestra fue el Boston Symphony Hall.⁴



Fig. 15, Boston Symphony Hall

2. Acústica, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%BAstica>, 06-05-13]

3. Serie de Fourier, [http://es.wikipedia.org/wiki/Serie_de_Fourier, 06-05-13]

4. Sabine, [http://es.wikipedia.org/wiki/Wallace_Clement_Sabine, 06-05-13]



Fig. 16, Teléfono de Meucci 1871



Fig. 17, Fonógrafo Edison 1876



Fig. 18, Radio de casa 1906



Fig. 19, Bulbo electrónico 1906



Fig. 20, Transistor electrónico 1947



Fig. 21, Microprocesador 1970

HISTORIA DEL AUDIO

Desde que se logró convertir energía acústica en eléctrica y viceversa se desarrollaron inventos útiles para la comunicación y el entretenimiento, al principio fue el **teléfono** de **Antonio Meucci** (1871)⁵ aparecen el primer micrófono y la primer bocina; luego llegó el **fonógrafo** de **Thomas Alva Edison** (1876)⁶ el cual transforma vibraciones mecánicas en ondas sonoras.

Otro momento importante fue la invención de **la radio**, la cual permite la transmisión y recepción de sonido mediante ondas electro-magnéticas descritas por primera vez por **James Clerk Maxwell** (1873)⁷ y fue hasta 1888 que **Heinrich Rudolf Hertz** validó esta teoría llevando su nombre "ondas hertzianas"; la primer transmisión pública fue en 1906 en la ciudad de Massachusetts, EU, todo esto gracias a la invención del **bulbo** de **Lee De Forest** (1906)⁸ basado en el estudio del efecto Edison; debido a la radio, a las guerras y a la industria discográfica se produjo toda una gama de micrófonos.

El bulbo evolucionó en **transistor** (1947)⁹ esto permitió que los aparatos se hicieran portátiles, los bulbos padres del **microprocesador** (1970)¹⁰ siguen siendo hasta la fecha el mejor procesador de audio en el mercado ya que provoca una menor distorsión que el transistor de estado sólido.

5. Teléfono, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Tel%C3%A9fono#Historia>, 06-05-13]

6. Fonógrafo, [http://es.wikipedia.org/wiki/Fon%C3%B3grafo#El_fon.C3.B3grafo_de_Edison, 06-05-13]

7. La radio, [[http://es.wikipedia.org/wiki/Radio_\(medio_de_comunicaci%C3%B3n\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Radio_(medio_de_comunicaci%C3%B3n)), 06-05-13]

8. Bulbo, [http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_termoi%C3%B3nica, 06-05-13]

9. Transistor, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>, 06-05-13]

10. Microprocesador, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador>, 06-05-13]

Antes de **Woodstock**, New York (1969) los sistemas de audio se usaban para mítines y eventos deportivos, eran equipos de poca capacidad y alto consumo, hasta que se dio este festival surgió una carrera vertiginosa en el desarrollo de sistemas de audio de mayor calidad y capacidad beneficiando a otras dinámicas de la sociedad; este avance tecnológico permitió que espacios como el palacio de los deportes recibiera eventos como “Harem” de Sarah Brightman (2004). La informática logró el proceso de millones de funciones por segundo en el manejo de audio, de hacer transportable señales en formatos de archivo con mínima pérdida y resistencia a los elementos, sin embargo cuando se usa un aparato digital en el mundo del audio siempre habrá una pérdida de calidad debido a la conversión de señal analógica a digital, se afecta la calidad con tal de obtener practicidad. Pero también se beneficia la Arquitectura porque un cálculo acústico requiere cierta capacidad matemática y de conceptos de física avanzados, gracias a la informática es posible usar programas de computadora para la medición de sistemas de audio y también de acústicas con coherencias mayores al 90% solo falta la interpretación adecuada a las gráficas generadas. El pionero en la aplicación de esta tecnología es **John Meyer** (1984)¹¹ quien midió la respuesta de un concierto usando un analizador de espectro HP 3582A, la música en vivo y la gente en sitio; no fue hasta 1987 que armó su primer equipo **sim system 1** a la venta.



Fig. 22, 'Sim System 1' 1987

CONCLUSIÓN APLICATIVA

Los griegos dejaron testamento de su capacidad científica y técnica en edificios como el teatro de Epidauro del siglo IV a. de C. donde sus asientos, que constituyen una superficie acanalada, sirven como un filtro acústico del sonido que viene del escenario, sirve como difusor de frecuencias agudas y transmisor frecuencias graves.

Fue hasta la revolución francesa que apareció Jean-Baptiste-Joseph Fourier (1830) con el análisis matemático de la transferencia de energía y hasta 1865 que se fundó la acústica moderna con el trabajo de Wallace Clement Sabine (1919). Con la revolución industrial y figuras clave como Heinrich Rudolf Hertz (1888) y Thomas Alva Edison (1870) se logró la comunicación alámbrica y radial; es de resaltar que fueron las investigaciones de Fourier las que permitieron la creación del microprocesador para computadora y de los programas aplicativos como son: Smart live de Rational Acoustics, Sim3 y mapp on line de Meyersound.



Fig. 23, Festival de Woodstock 1969

OÍDO HUMANO

VOLUMEN
SONAR HUMANO
MEMORIA AUDITIVA

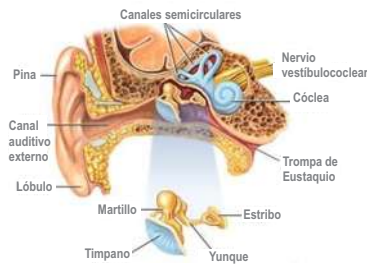


Fig. 24, Oído humano

El oído humano es el punto final de llegada para todos los sonidos y constituye el sistema mecánico más complejo y delicado del organismo. En conjunto el oído tiene una sensibilidad, rango dinámico y rango de frecuencias; puede percibir presiones tan bajas como 0.0002 microbares y puede soportar presiones hasta 200 microbares (un millón de veces mayor). Los sonidos más débiles producen desplazamientos en el tímpano de 10^{-9} cms equivalentes a menos de un décimo del diámetro de una molécula de hidrógeno. El sistema auditivo percibe vibraciones entre 20 y 20 000 hz aproximadamente cubriendo un rango de casi 10 octavas. No solo se comporta como un micrófono altamente sensitivo sino que también funciona como un analizador de frecuencias esto permite detectar sonidos aún en presencia de ruido de fondo. El fenómeno auditivo es sumamente complejo debido a que en él interviene el sistema formado por el oído y el cerebro, esto implica que la percepción subjetiva de las variables acústicas es de naturaleza psicológica y está determinada por las condiciones ambientales, historial clínico, edad, actitud, así como el estado de ánimo del que escucha también por el orden, la duración y la repetición de los estímulos sonoros empleados en la experimentación auditiva.¹²

VOLUMEN

La percepción de volumen es una combinación de presión sonora (SPL) con la duración de 100 milisegundos de presencia en el oído, la experiencia de volumen depende de la duración, señales cortas con mayor presión se perciben igual que señales de larga duración con menor presión. Los sonidos vocales a, e, i, o, u son sonidos de larga duración (continuo) las consonantes b, c, d, f, etc. son sonidos de corta duración (pico). Un sonido continuo tiene una variación de presión sonora (factor de cresta) más baja de 3 dB, durante un concierto de música popular se rebasa una variación de 12 dB.

El oído tiene un sistema de protección cuando el sonido alcanza niveles peligrosos el tímpano se tensa reduciendo su sensibilidad haciendo una percepción reducida de volumen, hasta que el nivel se reduce este se relaja y vuelve la sensibilidad normal. La sensibilidad por frecuencia del oído humano varía con la presión sonora, a niveles bajos el rango de frecuencias medias se vuelve más sensible que los graves o agudos y tiende a ser lineal al aumentar la presión sonora, esto es un aspecto natural de nuestra percepción. La intensidad de los sonidos se mide en una escala logarítmica, la unidad usada es el decibel (dB), la razón por la que se usa es porque el oído humano interpreta las variaciones de presión de dicha manera, una relación de volumen de 2:1 se define por una diferencia de 10dB, la escala de Bell se divide de 0 mínimo a 10 bells máximos, 1 dB es una décima de bell.¹³

12. Ing. Velasco, "El oído humano" en *Revista Sound Check México*, No. 1 México, 1998, pp. 7 y 8.

13. Bob McCarthy, "Reception" en *Libro Sound Systems: Design and Optimización*, Segunda edición, Canada, Focal Press, 2010, pp. 145.

Estas curvas muestran como el oído humano cambia su sensibilidad a distintos niveles de presión sonora. Robinson & Dadson, 1956.

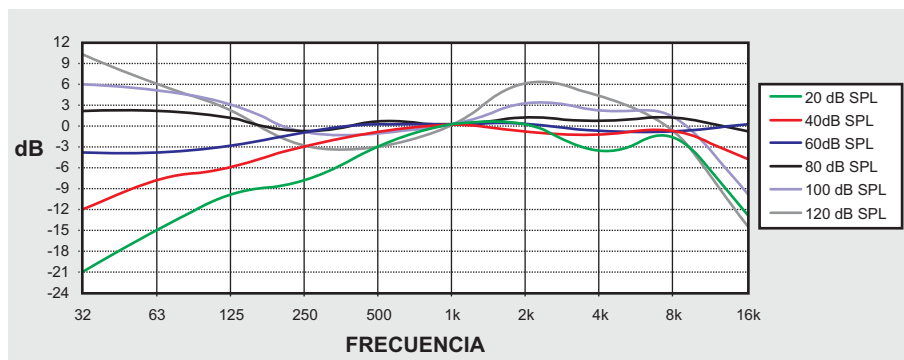


Fig. 25, Contornos de audición por presión sonora

SONAR HUMANO

Existe un decodificador de localización dentro de la anatomía del oído que junto con el cerebro nos guía en la dirección del sonido, gracias al sonar humano podemos ubicar la dirección de la fuente, en caso de que viniera de otra dirección seríamos atrapados, atropellados, caeríamos a un precipicio, etc. En muchos auditorios la fuente física no empata con la imagen sonora, algo parecido es la ventriloquia: un avión con turbina aparece lejos de la imagen visual, un auditorio con planos de acústica cóncavos crea ecos procedente de otra dirección con una imagen sonora alejada de la fuente visual; cuando la imagen sonora y visual convergen genera una sensación de confort no hay duda de la autenticidad del mensaje o personaje. En el audio se pide que la imagen aparente ser originada por los actores en escenario aún cuando su contribución sonora sea superada por el altavoz, por lo tanto apuntar la imagen sonora a la posición deseada dependerá de la ubicación de los altavoces y sus niveles relativos, en la mayoría de los casos el punto deseado como fuente de la imagen sonora corresponde al punto de origen (exponente), la ubicación del punto de origen es ayudado por el arribo de *sonido natural* que viene desde el escenario, si el sonido natural es más fuerte que el altavoz el cerebro tiende a ubicar la fuente en la fuente natural, en el caso que el altavoz suene más fuerte es cuando el reto de posicionar la imagen sonora cuesta trabajo; el plan es entender el mecanismo de sonar del ser humano y tratar de engañarlo con el manejo de localización de bocinas, niveles y tiempos de arribo de las señales.

VERTICAL

El sistema de sonar de ubicación vertical (codificador vertical) se encuentra en el oído externo, su forma en espiral crea reflexiones hacia el oído interno, estos reflejos crean coloración tonal la cual el cerebro lo codifica como un mapa de ubicación vertical; el sistema oídos-ojos-cerebro ha aprendido con el tiempo a correlacionar la imagen visual con la imagen auditiva. Si dos fuentes sonoras separadas verticalmente con la misma señal arriban en niveles idénticos el oído-cerebro alcanza una ubicación central entre ellas pero la imagen sonora es percibida como dispersa en el espacio entre las fuentes. Si los niveles se desajustan la fuente dominante se vuelve el origen de la imagen sonora por lo tanto el oído favorece a la fuente dominante. Otro efecto sonoro que se da entre dos fuentes de mismo nivel es el desfase en tiempos de arribo, mientras la fuente temprana domine sobre la tardía la percepción le favorecerá, cuando las señales se separen el tiempo suficiente se percibe la separación entre fuentes también conocida como eco.

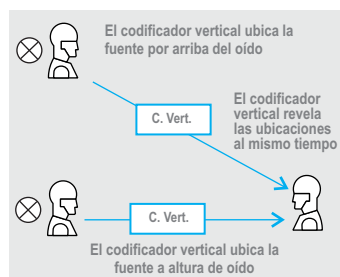


Fig. 26, Localización vertical

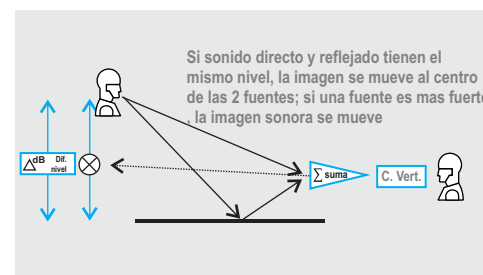


Fig. 27, Localización vertical con reflejos

HORIZONTAL

El oído externo es capaz de proveer ubicación en el plano frente-atrás gracias a una direccionalidad de frecuencias agudas, percibimos mejor las FA al frente que a la espalda. Los tiempos de arribo y nivel son más sensibles para el sonar horizontal, gracias a la separación entre oídos provee un sensor espacial, cualquier ubicación en el horizonte es ubicada por triangulación, este mecanismo es conocido como localizador aural dual.

El tiempo relativo entre fuentes sonoras se llama Diferencia de Tiempo Aural (DTA), el nivel relativo entre fuentes se llama Diferencia de Nivel Aural (DNA), el DTA es el factor dominante en la localización de las frecuencias graves FG porque las longitudes de onda son lo suficientemente largas para librar nuestra cabeza y arribar a la misma potencia entre oídos pero ligeramente fuera de tiempo. El DNA es el factor dominante en las frecuencias agudas FA debido a la gran pérdida de energía causada por tratar de pasar a través de nuestra cabeza, esto se debe a la longitud de las FA ya que son más pequeñas que la separación entre oídos, por lo tanto con la diferencia de nivel es suficiente para detectar la fuente dominante.

Tanto la DTA y la DNA trabajan en conjunto para confirmar la dirección de una fuente sonora, así una fuente ubicada al frente en el plano horizontal en el espacio entre oídos genera los mismos valores para DTA y DNA por lo tanto el cerebro detecta la señal a centro; si la fuente se mueve en la línea de horizonte arribará más fuerte y más temprano al oído más cercano, en esta instancia DTA y DNA confirman los valores de la nueva localización.

Con el ingreso de una fuente sonora distinta que no empate los criterios de DNA y DTA la localización sucederá separada para cada fuente, por ejemplo conversaciones en una mesa de conferencias con múltiples oradores. Si la segunda fuente empata los criterios de DTA y DNA la detección se vuelve más compleja, reflexiones tempranas, altavoces de refuerzo con distinta ubicación, cada uno con sus respectivos valores de DTA y DNA pueden confirmar o entrar en conflicto con el DTA y DNA de la fuente original. En el caso de reflexiones tempranas hay una predecible relación con el sonido directo este llegará más fuerte y temprano que el reflejado, el sistema oído-cerebro ha aprendido a esperar dichas adiciones con una sensación de cambio de tono o de espacio amplio por ejemplo la sensación de que el sonido proviene de una área general en vez de un solo punto.

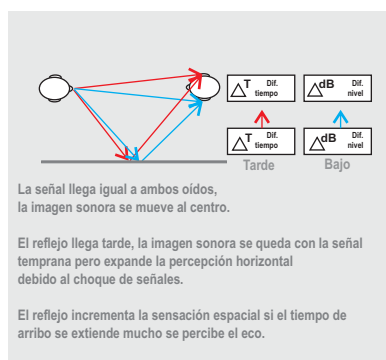


Fig. 28, Localización horizontal con reflejos

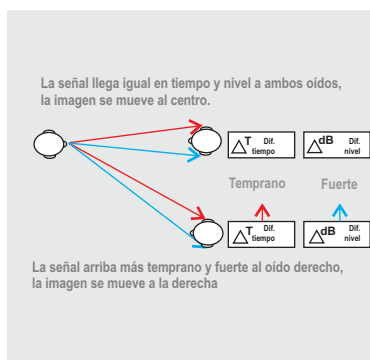


Fig. 29, Localización horizontal al eje y fuera de eje

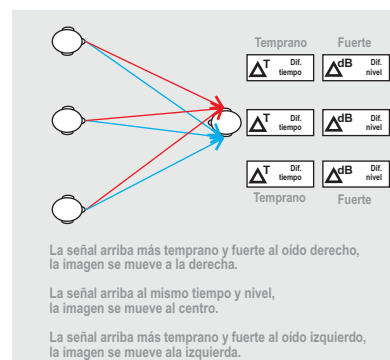


Fig. 30, Localización horizontal varias fuentes

Cuando el sonido directo es menos fuerte y tardío que el reflejado la situación se invierte, el oído asume que el arribo más temprano y fuerte es la verdadera ubicación y los demás reflejos, esto puede ocurrir cuando hay un obstáculo para el sonido directo pero no para el reflejado. Con control de nivel y de tiempo de arribo del sistema de audio podemos poner la imagen sonora en cualquier ubicación horizontal entre las dos fuentes, este fenómeno auditivo es conocido como *efecto Haas*. El control sobre el efecto tiene un límite de tiempo de 5 milisegundos y un nivel de 10 decibeles entre las dos fuentes y la consecuencia negativa de ubicar la imagen sonora es la variación de rizo (ripple variance), es una cuestión de equilibrar la imagen sonora con la distorsión de rizo.

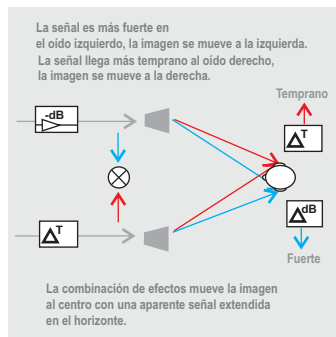


Fig. 31, Efecto Haas

PERCEPCIÓN ESTÉREO

Música estéreo se esparce por el horizonte con cada instrumento con un lugar específico en el panorama, claro sólo si estamos ubicados en el área donde el efecto se puede percibir, para aquellos oyentes que estén fuera de área el sistema de audio monoaural es tan bueno o mejor que el estéreo. Estéreo es un estado mental, sucede en nuestras cabezas es un derivado de nuestro sistema de localización y de la confluencia de nuestro sistema dual de escucha; la percepción estéreo se basa en la DNA al centro del arreglo, cuando nos recorremos fuera de eje el efecto disminuye, regresando al eje si nos acercamos al escenario, el panorama estéreo se expande y se cierra al alejarnos.

Es una aceptación general que el panorama estero óptimo se consigue con una relación audio escucha de 30° desde centro a cada bocina, esto es fácil de conseguir en casa o en un estudio pero en una arena o sala de conciertos es una proporción de imagen estéreo de muy baja cantidad de butacas. Una persona ubicada frente a la bocina izquierda recibe una imagen centro y derecha pero no izq. Y el movimiento de la imagen es abrupto hacia la derecha.

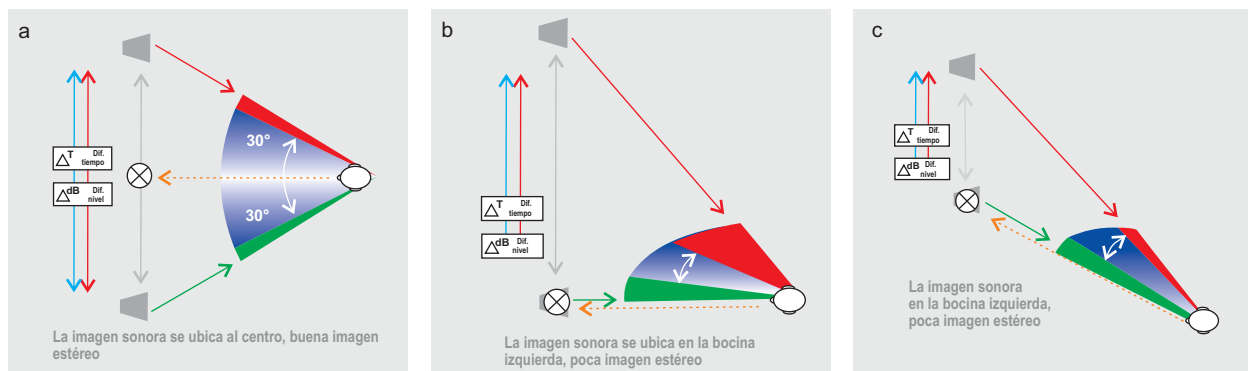


Fig. 33, Imagen estéreo

Para determinar si un montaje estéreo vale la pena es necesario analizar unos efectos secundarios: si el efecto realza para unos y no degrada para otros, adelante, pero para los que estén cerca y a centro la percepción será con variaciones tonales provocadas por el filtro de peine y los que estén cerca pero a los lados estarán sujetos a ecos.

En un montaje estéreo en una habitación de 5 x 8 metros la distancia cada vez mayor sobre el eje es factor de pérdida de percepción de la imagen estéreo debido a la reducción de la separación entre bocinas; la forma del campo de cobertura de la imagen estéreo es una cuña que se expande con la distancia sobre el eje, la anchura del área se determina por la separación entre bocinas, conforme la separación aumenta la cobertura disminuye, si la separación disminuye la cobertura aumenta pero la percepción estéreo disminuye.¹⁵

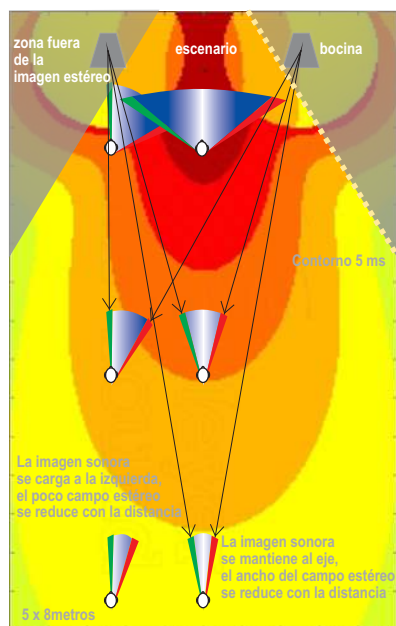


Fig. 34, Imagen estéreo Auditorio largo

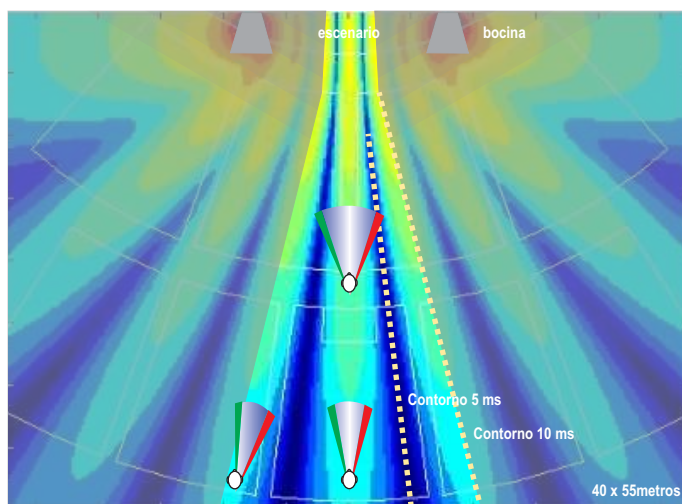


Fig. 35, Imagen estéreo Auditorio amplio

MEMORIA AUDITIVA

Con el paso del tiempo se van acumulando sonidos en el cerebro, esto genera mapas de referencia de cómo debe o puede sonar tal o cual voz, instrumento; cuando asistimos a un evento llevamos expectativas sonoras, una memoria volátil guarda sonidos recién escuchados y los compara con la memoria auditiva, es así como podemos calificar el sonido de cualquier fuente incluso de acústicas arquitectónicas.

CONCLUSIÓN APLICATIVA

La percepción de volumen y su sistema de seguridad nos dice cuánto volumen es sano y el cuidado que se debe tener en un sistema de refuerzo sonoro, sea natural o artificial (acústico o amplificado). Debido al funcionamiento del sonar humano se debe tener cuidado en la ubicación tanto de planos reflejantes en diseños acústicos como de la ubicación de bocinas en uno amplificado, distinta es la realidad electroacústica de una sala de cine ya que de manera artificial se trabaja la imagen sonora.

15. ibidem, pp. 164.

PRINCIPIOS TEÓRICOS

SONIDO
ACÚSTICA
AUDIO
ELECTROACÚSTICA



Fig. 36, Sonido

Se desglosan los temas en: **Sonido** como fenómeno físico y principios teóricos relativos al tema de tesis; **Acústica** empezamos por los principios arquitectónicos básicos poniendo énfasis en la percepción tonal, espacial y eco ya que aquí se haya la clave en la interpretación acústica; **Audio** se hablará de sus características generales, cálculo de potencia y rango dinámico relevantes en la eficiencia y presupuesto del equipo; por último **Electroacústica**, fusión de arquitectura con acústica y audio, se revisan aproximaciones subjetivas, se comparan objetivos y se termina con conceptos de aplicaciones reales en el mundo.

SONIDO

El sonido son oscilaciones de la presión atmosférica transformadas en ondas mecánicas por el oído medio llegando al cerebro en impulsos eléctricos transducidos por el oído interno, el sonido es transporte de energía a través del aire.

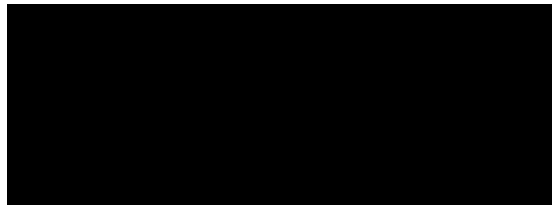


Fig. 37, Onda senoidal 100 hertz

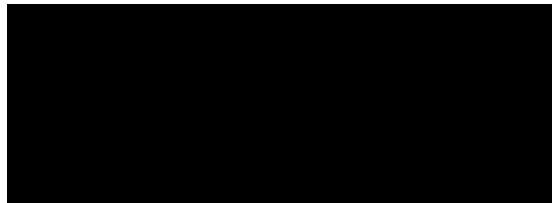


Fig. 38, Onda senoidal 1000 hertz

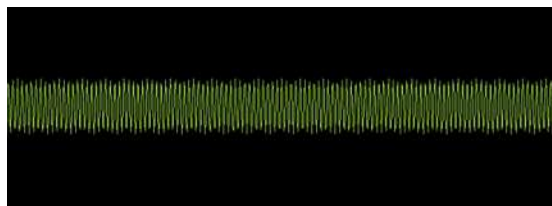


Fig. 39, Onda senoidal 10000 hertz

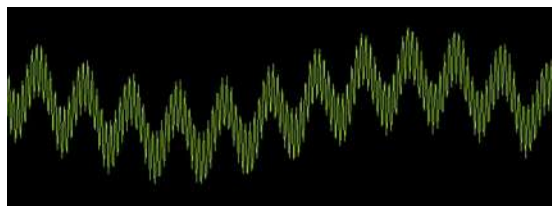


Fig. 40, Onda senoidal 100hz, 1khz, 10khz juntas

ONDA SENOIDAL

La onda senoidal es la representación directa de un ciclo de sonido en un espacio de tiempo, su componente vertical: amplitud o presión sonora (dB), horizontal: tiempo (ms) o longitud de onda (mts).

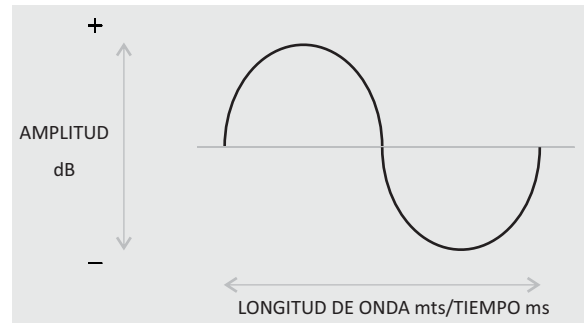


Fig. 41, Onda senoidal 1 ciclo

El tiempo es relativo a la frecuencia: $1/T$ ($1/0.001\text{seg.}=1000\text{hz}$)

La frecuencia es relativa al tiempo: $1/F$ ($1/1000\text{hz}=0.001\text{seg.}$)

La distancia que cubre la longitud de onda varía con la temperatura:

vel. del sonido (metros sobre segundo)/Frecuencia

para 20°C ($343.54/1000\text{hz}=0.343\text{metros}$)

para 25°C ($346.57/1000\text{hz}=0.346\text{metros}$)

Cada grado centigrado que la temperatura aumenta, la velocidad aumenta 0.607 m/seg.

INTERACCIÓN DE 2 ONDAS

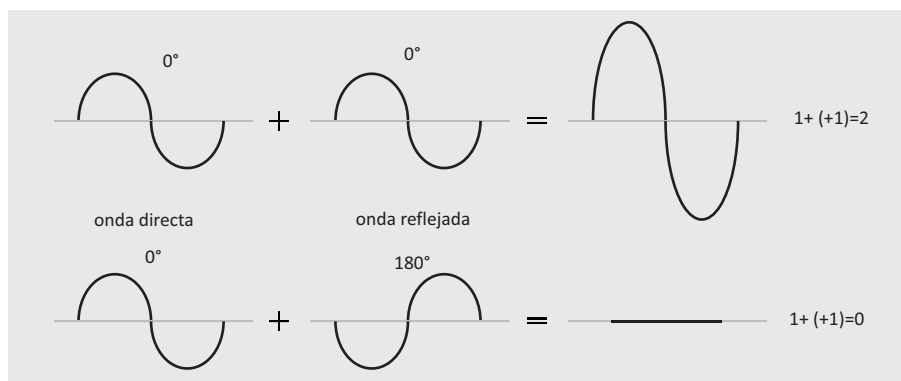


Fig. 42, Onda senoidal 1 ciclo, suma y cancelación

Si el sonido directo y el reflejado arriban al oyente en misma fase se suman, si la copia llega en momento opuesto se cancelan.

FASE ONDA SENOIDAL

Se recomienda ver la onda senoidal en modo de circunferencia, esto simplifica la interpretación de la clave en la medición acústica con sim 3 o smart live.

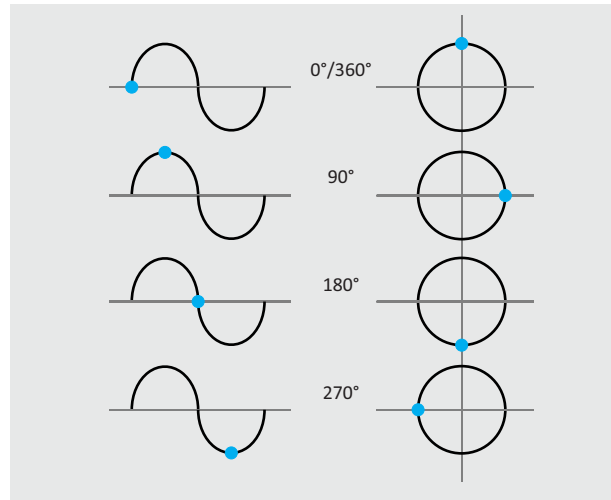


Fig. 43, Forma circular, fase onda senoidal

Las ondas directa y reflejada pueden sumarse o cancelarse dependiendo del grado en que arribe la onda reflejada. El umbral de 0 suma se da a los 120° de desfase de la onda reflejada.

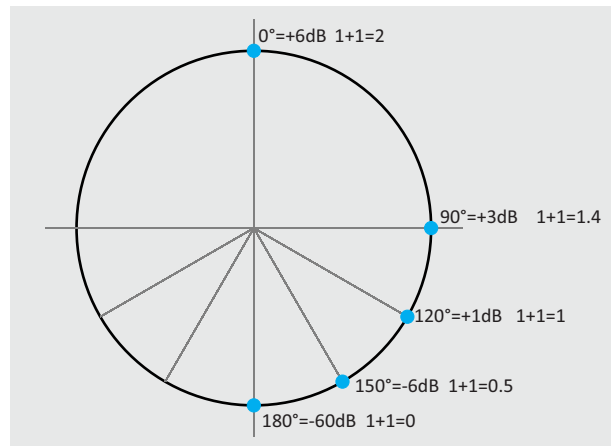


Fig. 44, Fase, suma y cancelación

LEY INVERSO AL CUADRADO

Cada vez que se cubre el doble de distancia inicial la presión sonora cae 6dB, debido a que tiene que cubrir 4 veces la superficie de inicio.

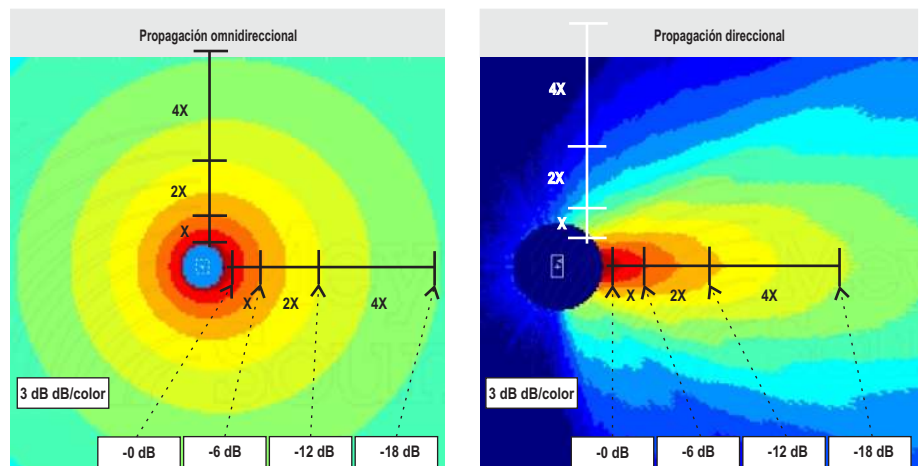


Fig. 45, Ley inverso al cuadrado

CLIMA Y SUS EFECTOS



Fig. 46, Gradiente

El sonido a exteriores se encuentra relativamente libre de obstáculos lo que hace predecible el volumen, sin embargo existen otros factores que logran hacer cambios en el comportamiento del sonido, estos efectos resaltan en eventos de gran escala como son estadios y explanadas, en una arena y en un teatro a intemperie el efecto impacta en un menor rango de frecuencias debido a las longitudes de onda que cambian de acuerdo a la frecuencia.

HUMEDAD

Cuando el porcentaje de humedad aumenta en el aire la transmisión del sonido mejora especialmente en el rango de las frecuencias agudas y disminuye con el aire seco, la temperatura no genera cambios en este fenómeno solo que a 20°C al cambiar la humedad se llega a manifestar un comportamiento errático.

TEMPERATURA

Temperatura es determinante en la velocidad del sonido, si a 0° centígrados la vel es de 331.4 metros/segundo, a 20°C aumenta a 343.54 m/s, el público es un factor de temperatura y humedad provocando cambios abruptos al clima en el área de escucha, esto genera efectos en la acústica.

VIENTO

Los cambios de temperatura en el día y la noche, la evaporación frecuente provocan efectos de gradiente en el aire, cambios en la dirección y velocidad del viento crean estas capas a distintas alturas capaces de cambiar la dirección del sonido, (refracción); en un evento masivo como sería un concierto en el foro sol de la ciudad de México los gradientes pueden provocar que el sonido solo llegue a las gradas del fondo y no a las primeras filas o puede hacer el efecto inverso.

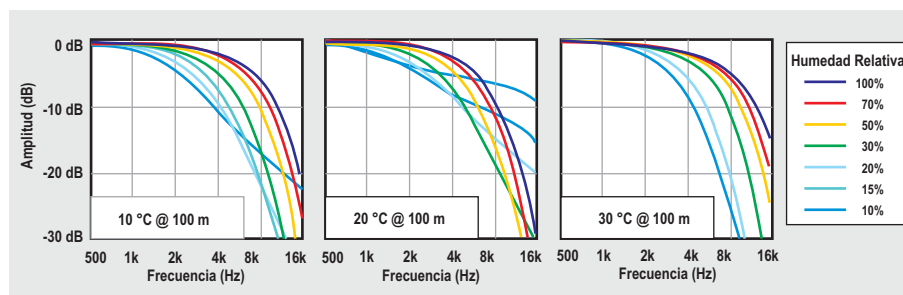


Fig. 47, Efecto de humedad y temperatura al sonido

PERCEPCIÓN TONAL, ESPACIAL Y ECO

Las características de nuestra experiencia acústica se compone de tres partes: la *onda directa*, copias de la onda que arriban dentro del tiempo de suma estable y copias que arriban fuera de ese tiempo, esto hace que cada vez que se agrega una copia la complejidad de la experiencia sonora aumenta. Esto se conoce como percepción **Tonal, Espacial y Eco**; los tres pueden existir en el mismo espacio y uno puede dominar, todo depende de la onda original con los niveles y tiempos de arribos tardíos; es preferible ver la continuidad entre tonal, espacial y eco que analizarlos por separado.

Se entiende eco como dos señales separadas por un silencio, pocos son los casos claros ya que la longitud de onda de una FG (hasta 17.0 m/ciclo de 20hz) es suficiente para una suma estable evitando los silencios entre sonido directo y reflejado. **Duración** es la clave, si el sonido es infinito nunca detectaremos el eco, para hacerlo se necesita una onda con cambios dinámicos abruptos (consonantes); un impulso puro de un solo ciclo en distintas frecuencias es la señal más efectiva para discernir ecos pero la más difícil para discernir tonos, la experiencia acústica se mueve entre los tres caracteres sonoros incluso en el mismo asiento en el mismo edificio por lo tanto la meta es discernir los **umbrales de percepción** sin controlar la fuente sonora, la clave es la **frecuencia**.



Fig. 48, Opera de Sydney, interior

El camino a la percepción del eco empieza en FA y gradualmente separa mayores porciones del espectro audible; los cambios se dan por la diferencia de tiempo de arribo entre sonido directo y reflejado. Para los acústicos la diferencia de tonal a espacial se da a los 30 milisegundos y de espacial a eco hasta los 60 ms, esto para la frecuencia de 400 hz en referencia a la voz humana, pero no son números absolutos; 30 ms permite un ciclo de 33 hertz o 400 ciclos de 12 khz, si se generan 200 ciclos de dicha frecuencia habrá un silencio de 200 ciclos por lo tanto se perciben como dos señales aisladas por un silencio: eco

La calidad tonal es la combinación del sonido directo con la suma de reflejos en el tiempo de duración del sonido directo, en el programa de medición (en el modo de transferencia) se observa la línea de *respuesta de frecuencia* afectada por las copias tardías generando cancelaciones y sumas en forma de un rizo, conforme el rizo aumenta el efecto es más perceptible, al aumentar la cantidad de filtros cada vez más cerrados el oído no puede distinguir un cambio tonal, es cuando aparece el carácter espacial y eventualmente el eco.

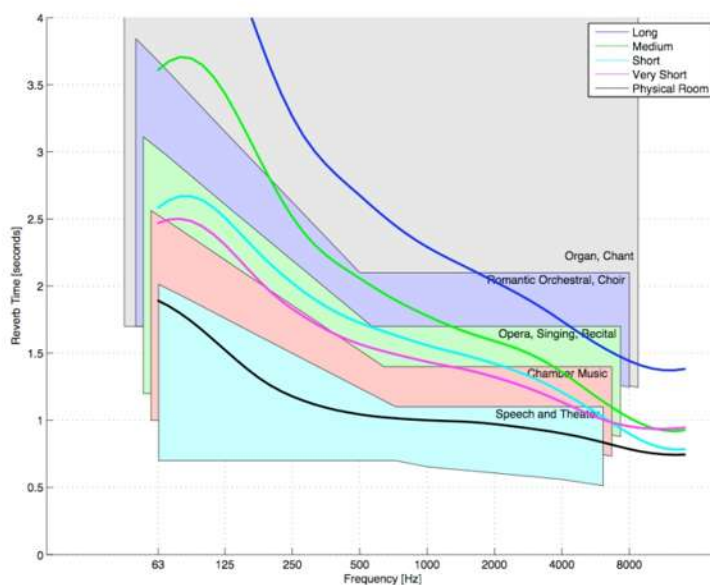


Fig. 49, Tiempos de reverberación

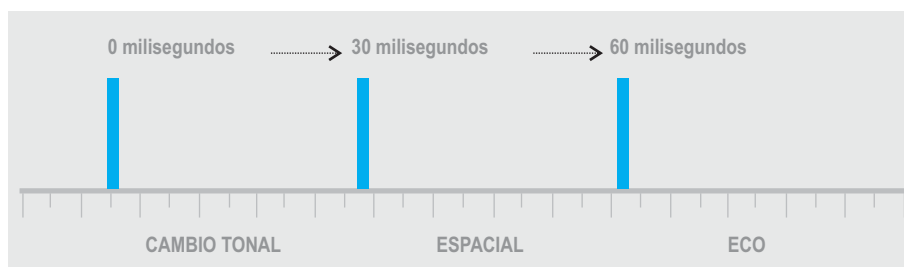


Fig. 50, Percepción tonal espacial y eco en tiempo

El carácter tonal viene de las sumas tempranas, el carácter espacial de las sumas de mediana duración y el carácter eco de las sumas tardías. Desde que las frecuencias agudas tienen la longitud de onda más corta serán los primeros en cruzar el umbral de eco; para definir eco es necesario un tiempo de arribo de 60 milisegundos, esto crearía un filtro de 1/24 de octava en el rango de los 400 hz, esta frecuencia está en el corazón de la voz humana pero para un bajo eléctrico la mayoría del su rango de frecuencias está por debajo de los 400 hz y el contratiempo kilómetros arriba; por lo tanto si se cambia la referencia de 60ms a 1/24 de octava (24 longitudes de onda) esto representa un retraso de 2ms para 12khz y 240ms para 100hz de esta manera obtenemos un solo umbral para discernir entre carácter espacial y eco. Para determinar el umbral de tonal a espacial 30ms el filtro es 1/6 de octava (6 longitudes de onda). El umbral de 30 y 60ms está definido para el uso de voz pero deja afuera de análisis a la música.

La percepción entre tonal y eco se llama espacial un mundo gris que significa que el oído está percibiendo información conflictiva de duración y ubicación, con una señal de audio cambiante como la música las referencias espaciales están en constante movimiento y diferentes rangos de frecuencia disfrutan su momento de claridad; la percepción espacial es el área donde el tiempo de desfase entre onda directa y reflejadas es suficiente para mover la imagen sonora a algunas frecuencias sin ser percibidas como eco, señales con alto contenido transitorio tienen la ventana pequeña entre tono y eco.¹⁶

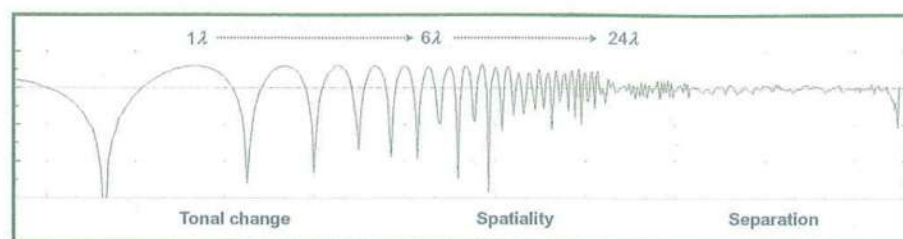


Fig. 51, Percepción tonal espacial y eco en longitud de onda

- A tonal
- B espacial
- C eco

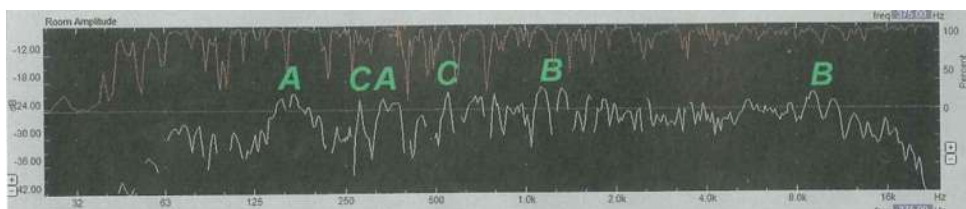


Fig. 52, Medición acústica

PRINCIPIOS DE LA ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA

De acuerdo a la frecuencia es la longitud de onda, al comparar con la distancia de un espacio o barrera acústica es posible saber si se tiene carácter tonal, espacial o de eco; por último representaciones gráficas de los conceptos básicos de la acústica arquitectónica.

REFLEJO

Reflejo la onda directa rebota en el mismo ángulo de incidencia, si hay absorción el reflejo pierde intensidad puede variar de acuerdo a la frecuencia.

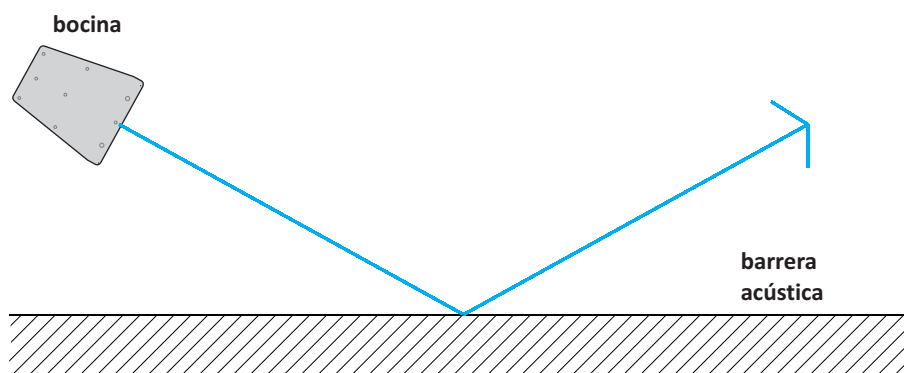


Fig. 57, Reflejo acústico

DIFUSIÓN

Difusión superficies irregulares como la de sierra distribuyen la energía acústica según el ángulo de incidencia, según la longitud de la sierra se define el umbral de frecuencias a distribuir o a reflejar sin difusión.

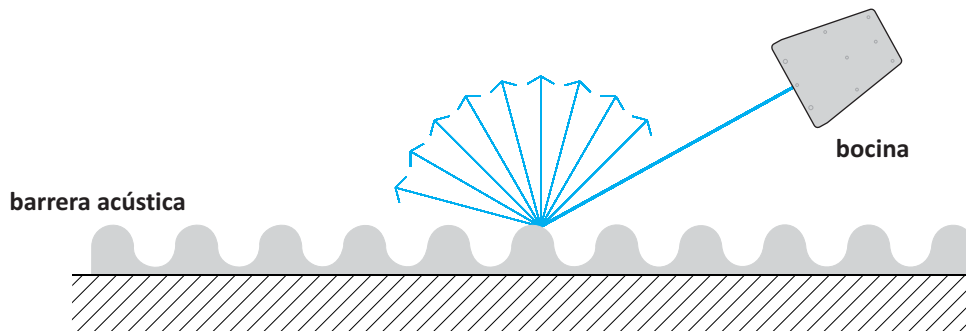


Fig. 58, Difusión acústica

TRANSMISIÓN

Transmisión, el aire, el agua y los sólidos transmiten energía sonora, de acuerdo a la densidad, porosidad y flexibilidad de los elementos se transmite y absorbe sonido.

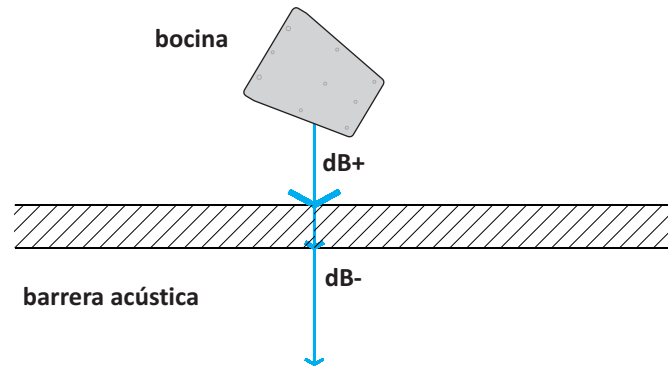


Fig. 59, Transmisión acústica

DIFRACCIÓN

Difracción, una ventana funciona como un elemento acústico de difracción, sólo cuando asomamos la cabeza podemos ubicar la fuente sonora; otra forma de difracción es cuando la longitud de onda es mayor que las dimensiones de la barrera acústica.

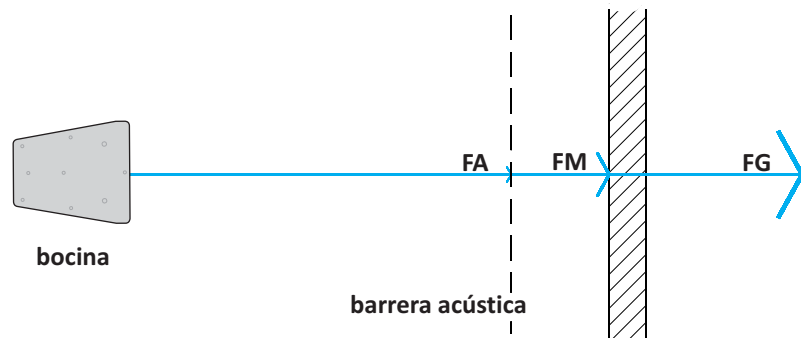


Fig. 60, Difracción acústica

REFRACCIÓN

Refracción, los cambios de temperatura en el aire al ganar altitud generan capas gradientes, los cambios de dirección y velocidad del viento de una capa a otra funcionan como una barrera acústica provocando el cambio de dirección en el sonido.¹⁷

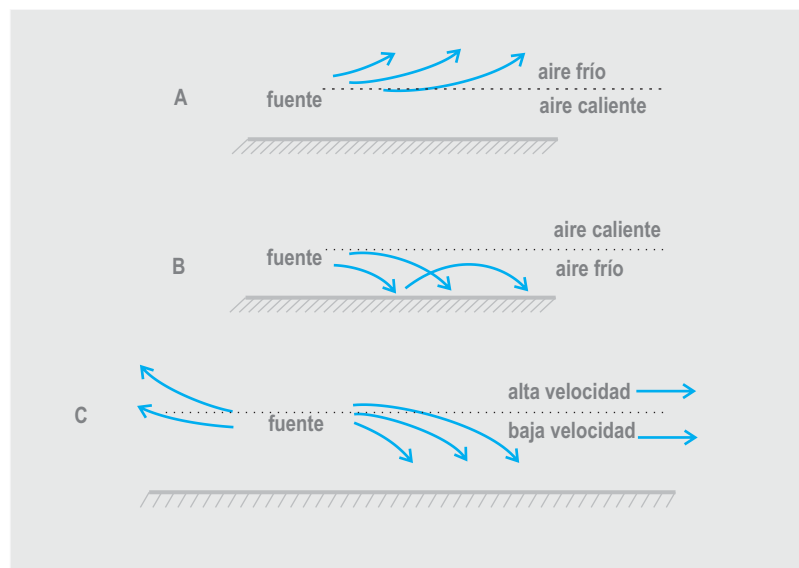


Fig. 61, Refracción acústica

UMBRAL TONAL ESPACIAL

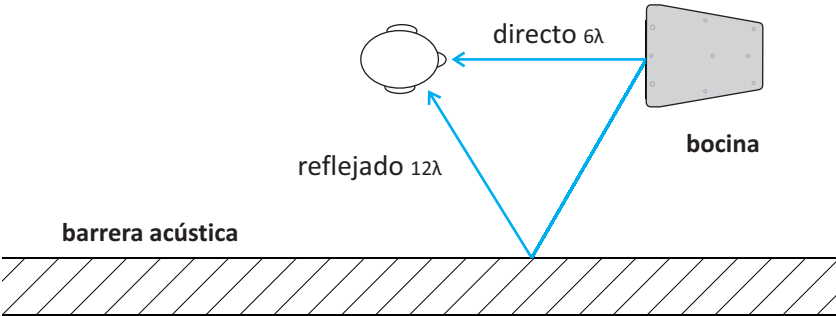


Fig. 62, Umbral tonal-espacial distancia

Las frecuencias de referencia 100hz, 1khz, 10khz, con respecto a la velocidad del sonido y la temperatura promedio anual, se multiplica dicha distancia por los umbrales tonal/espacial 6λ y espacial/eco 24λ se obtienen las distancias relativas a los umbrales, es posible predecir que percepción habrá en un local real o en proceso de diseño.

FRECUENCIA HZ	1λ metros	6λ metros	24λ metros
100	3.421	20.528	82.114
1000	0.342	2.052	8.211
10000	0.034	0.205	0.821

Fig. 63, Umbrales acústicos, frecuencias 100hz, 1khz, 10khz

UMBRAL ESPACIAL ECO

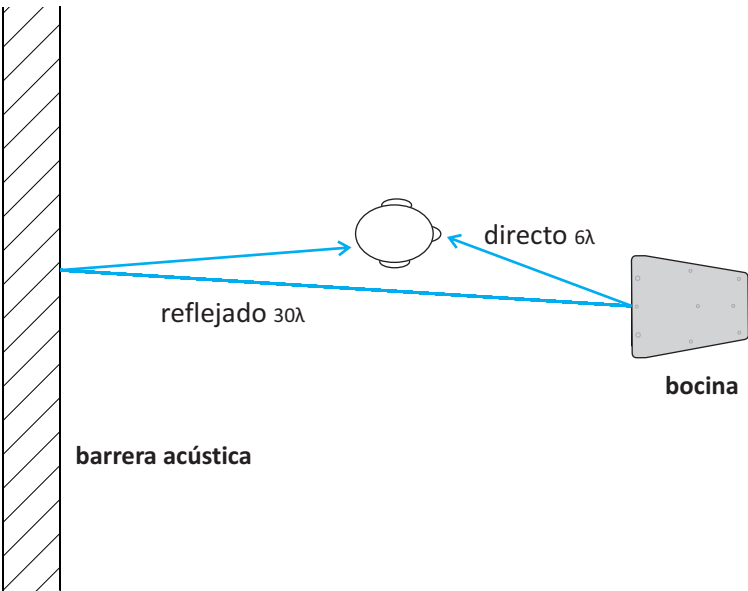


Fig. 64, Umbral espacial-eco, distancia

MATERIALES ACÚSTICOS



Fig. 53, Material acústico, difusor colgante con absorción

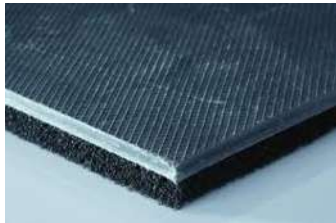


Fig. 54, Material acústico, piso

Todos los materiales para la construcción tienen relativa porosidad y flexibilidad, para algunos de ellos se publican tablas de coeficientes de absorción a una resolución de una octava con frecuencias centradas a 125 hz, 250 hz, 500 hz, 1 khz y 4 khz. Los coeficientes varían en una escala de 1 a 0, establecido por Sabine donde **1= 100%** de **absorción** con 0% de reflejo y **0= 0%** absorción con 100% de reflejo, esta escala se basa en pies o metros cuadrados de superficie total entre paredes, plafón y piso (las 2 unidades de medida funcionan igual); por lo tanto un material con un coeficiente de 0.1 *sabines* en una habitación de 100 metros cuadrados tendrá un coeficiente total de 10 sabines. Es posible usar 2 o más materiales de coeficiente de absorción distinto y calcular el porcentaje final. Al usar coeficientes publicados se debe considerar un margen de error de +/- 10%. Un coeficiente de .2 sabines significa 20% de energía acústica que se absorbe, el resto .8 se refleja. Es posible convertir sabines en decibeles mediante la siguiente fórmula:

$$10 \log .8 = -9.7 \text{ dB}$$

la energía reflejada será 1 dB menos fuerte que si rebotara en una superficie con 0 sabines de absorción. Si queremos reducir 3 dB el material deberá tener un coeficiente de .5 sabines y para 10 dB menos .9 sabines.¹⁸

CONCLUSIONES

Música y voz crean constantes cambios de tono y son comparados con la memoria auditiva, por lo tanto se espera que el cambio tonal sea con la señal y no independiente de ella; si la solución electroacústica es transparente el mensaje pasa a través con mínima modificación, si tiene un pico en su respuesta ese pico afecta a la señal todo el tiempo.

Diseños de acústica para salas de concierto requieren maestría en el manejo de los arribos tardíos para que tengan menor contenido de FA. El objetivo es maximizar la experiencia espacial del oyente y minimizar la percepción de eco. 1/6 y 1/24 de octava como umbrales de la percepción sonora: tonal-espacial-eco y usando un analizador con una resolución logarítmica de la respuesta de frecuencia veremos picos anchos "lomas" acompañadas de cancelaciones fuertes: Tonal, cancelaciones superfina: Eco; la idea es empatar lo que oímos con lo que vemos en los analizadores de sonido y traducirlo en acciones de optimización acústica.

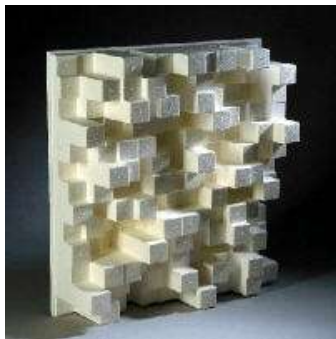


Fig. 53, Material acústico, difusor



Fig. 54, Material acústico, difusor absorbente

18. ibidem, capítulo 5.



Fig. 65, Distribuidor eléctrico para audio, portable

Es el estudio, análisis y diseño de dispositivos que convierten la energía eléctrica en acústica y viceversa, esto surge de la necesidad de hacer llegar el mensaje al receptor (Auditorio) con inteligibilidad y volumen adecuados.

PARTE ELÉCTRICA

Es el consumo de energía necesarias para funcionar el equipo de audio, al estar en México se utiliza una tensión nominal de 115 voltios a 60 hertz; el consumo va de acuerdo a la capacidad de la instalación, todos los contactos para audio deben estar balanceados con tierra física separada, es preferible una subestación exclusiva ya que motores y balastras eléctricas provocan interferencias y caída de corriente que se reflejan en el sonido, al menos se debe tratar de conectar el audio a una fase sin motores.

PARTE ELECTRÓNICA

Es la etapa de proceso de la fuente acústica convertida en señal eléctrica, desde el micrófono hasta la bocina, el nivel de una señal de audio es de 0.775 voltios a valor nominal, con impedancia alta para la entrada e impedancia baja en cualquier etapa de proceso de señal electrónica.



Fig. 66, Proceso, sincronía y distribución de señal, Beijing 2008

PARTE DIGITAL

Es el equipo y programas de computo útiles para la medición y manejo de señales de audio; debido a la pérdida de calidad de señal por conversión A/D y D/A, se debe hacer digital en la entrada de micrófono y análogo hasta la entrada de señal de la bocina, haciendo del proceso de señal 100% digital.

CÁLCULO DE REFUERZO SONORO

Una aula en clase genera alrededor de 60 decibeles de presión sonora (SPL), pero no son suficientes para cubrir el Auditorio con sus 315 butacas, es cuando se hace un cálculo de refuerzo sonoro. Se debe tener en cuenta varios factores:

- Nivel máximo de presión sonora por tiempo de exposición.
- Nivel máximo de SPL por parte de los eventos a realizar.
- Conocer y si es posible atenuar el nivel de ruido de fondo (ambiente).
- Conocer el rango dinámico y de frecuencia del material de audio a reproducir.
- La distancia máxima a cubrir por el sistema de audio.



Fig. 67, Proceso de audio y medición electroacústica

Cuando se compara la distancia máxima a cubrir con el nivel máximo a usar, se compara con la pérdida provocada por la ley de inverso al cuadrado y después se selecciona la bocina con la capacidad necesaria sin que esta se queme o distorsione.

Esta pérdida se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{pérdida de dB SPL} = -20 \log (\text{distancia final/distancia parcial})$$

Por ejemplo una bocina que alcance 132 dB de SPL @ 1m, perderá 24.08dB @ 16m, también se puede restar 6 dB cada vez que se doble la distancia; alineando la pérdida de energía por distancia con la distancia a cubrir en el Auditorio se determina la capacidad de la bocina; se debe buscar una bocina con el perfil de dispersión vertical y horizontal que empate con el contorno de butacas, con el objetivo de mantener la mínima variación de volumen desde primera hasta última fila, cuando la presión sonora varía con el contorno de butacas, se arma lo que se conoce como: arreglo lineal de bocinas, para lograr una menor variación de SPL con la distancia en el área a cubrir.

RANGO DINÁMICO

Es la diferencia de nivel entre la parte baja y la parte alta de presión sonora durante la ejecución de voz o música. Este rango dinámico se coloca por encima del nivel de ruido de fondo, así se obtiene el valor del nivel requerido para el evento, si supera los niveles máximos (100 dB máx.) es necesario bajar el nivel de ruido de fondo con acondicionamiento acústico y/o pedirle al público que le baje a su ruido.

Una bocina también tiene una capacidad dinámica, por medio de su capacidad de potencia y sensibilidad de entrada se obtienen tres niveles de presión sonora, relativos a tres niveles de consumo en *watts*; **continuo**: mayor duración puede sonar por horas, menor consumo; **programa**: partes altas de un evento, sostenible por minutos y **pico**: que se logra solo en fracción de segundo, máximo consumo; permitir mayores tiempos o niveles de trabajo en sus respectivas capacidades significa distorsión, y daño irreversible a la bocina.

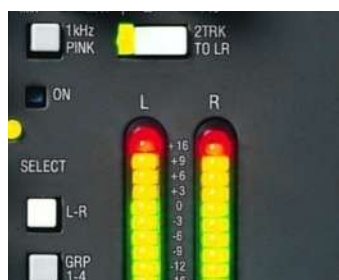


Fig. 68. Saturación de señal, medidor análogo

DETECCIÓN SONIDO AMPLIFICADO

Uno de los objetivos en diseño de audio es ocultar las pistas que rompan con la ilusión a los oyentes de estar en sonido directo de los actores, queremos que se enfoquen en el exponente y no en la bocina. Los síntomas más comunes son:

DISTORSIÓN

Distorsión armónica, intermodulación y distorsión digital, todos audibles a altos y bajos niveles; el clípeo sucede cuando una etapa electrónica ha superado sus límites de voltaje.

COMPRESIÓN

Dependiente del operador de audio, por un lado los compresores y limitadores se usan para prevenir daño a los altavoces y por otro para control de dinámica de instrumentos que saturen o distraigan la mezcla final, cuando se excede su uso se oye un sonido artificial además de pérdida de transitorios y armónicos.

COLORACIÓN DE RESPUESTA DE FRECUENCIA

Una respuesta de frecuencia con muchos picos y pozos atraerá la atención del oído. Tenemos expectativas sonoras, nuestra memoria traza mapas de instrumentos y voces como deberían sonar, otra memoria guarda muestras de sonidos de recientes, si el sonido es consistentemente no-natural o no-naturalmente inconsistente empezamos a sospechar del sistema de audio.

PERSPECTIVA FALSA

Un violín es un violín pero uno sobre mi hombro suena muy diferente a otro a 30 metros de distancia, la memoria auditiva también cuenta con perspectiva sónica cuando un violín distante suena cerca estamos enviando pistas de una falsa perspectiva. Cuando se amplifica una fuente sonora se distorsiona la perspectiva sónica natural, se hace porque acerca al auditorio con el exponente, en teatro el audio ha permitido más realismo, en música una canción puede llegar a niveles de susurro y aún ser audible. En sonido natural (acústico) los actores tienen que hablar de manera no-natural para proyectar hasta el fondo de la sala, con sonido artificial los actores pueden hablar de manera natural.



Fig. 69, Perspectiva falsa

Es importante crear una perspectiva de aproximación sin provocar una sensación de tenerlos en nuestros oídos, en un sonido natural los sonidos lejanos son bajos de nivel, tienen poco sonido directo y mucho reflejado, gran cantidad de FG por suma de copias y una pérdida de FA por absorción del aire. Los sonidos cercanos son de alto nivel, mayor sonido directo y menos reflejado, baja suma de FG y mínima pérdida de FA, por lo tanto debemos tener presentes las esperadas calidades de la transmisión de sonido natural para permanecer invisibles al mover la perspectiva en un sistema de audio, las bocinas deben alcanzar el fondo del auditorio con buen nivel de agudos sin saturar las primeras filas.

DOBLE PERSPECTIVA

No es posible estar cerca y lejos al mismo tiempo, si las FA aparentan llegar de una fuente cercana y las FG de lejos estamos en un caso de doble perspectiva, casos típicos bocinas bajo balcón, subwoofers colocados en suelo y el resto del equipo flotado.

DISTORSIÓN DE LA IMAGEN SONORA

Si el sonido aparenta venir de la bocina y no del exponente es una falsa perspectiva aún si el sonido es una copia idéntica de la fuente original, nuestras bocinas necesitan una nueva estrategia de ubicación con ajustes de tiempo y nivel para producir una mejor perspectiva con mínima distorsión.

SINCRONIZACIÓN

Muchos eventos requieren video proyección el mayor problema es una falla en los arribos entre señales de video y audio, uno de los dos requerirá retraso digital.¹⁹



Fig. 70, Distorsión imagen sonora

19. Bob McCarthy, "Reception" en *Libro Sound Systems: Design and Optimización*, Segunda edición, Canada, Focal Press, 2010, pp. 168.

En una sala de conciertos los acústicos proponen una solución: Una única fuente omnidireccional esto para simular la radiación desde el escenario, aún así los dueños montan un sistema de audio de 40 bocinas para música jazz y pop, esto sin reevaluar las interacciones del sistema con la acústica de la sala, ya había mostrado su eficiencia en los conciertos sinfónicos por lo tanto los problemas que surjan tienen que ser a causa del sistema de audio.

¿Cuál fue el resultado? *acople* y pobre *inteligibilidad* resultantes de una sola falla: descuadre entre los sistemas de emisión-transmisión del sistema acústico y del sistema amplificado hacia el área de recepción, la cual esta acondicionada y formada para actuar como transmisor del sistema de sonido natural; el modelo de transmisión de sonido amplificado trabaja mejor cuando la fuente esta desacoplada del área de recepción y cuando la acústica del área de recepción provee mínima modificación de la transmisión; un sistema artificial de transmisión en acústicas para sinfónicas es incompatible así como una orquesta sinfónica en las plazas públicas con una concha acústica.

Sonido natural sería la primera opción pero en la práctica sucede lo contrario, el mercado para sonido natural está limitado a Auditorios extremadamente cortos o en donde el sonido artificial está prohibido por tradición; sonido natural solo puede prosperar cuando el programa sonoro, la fuente sonora y el espacio acústico están en perfecta armonía por ejemplo: orquesta sinfónica en sala de conciertos sinfónicos, ópera en teatro para ópera, conferencia en pequeña sala de conferencias, tomen cualquiera de estas señales naturales fuera de su empatado escalado ambiente y su vulnerabilidad es aparente.²⁰

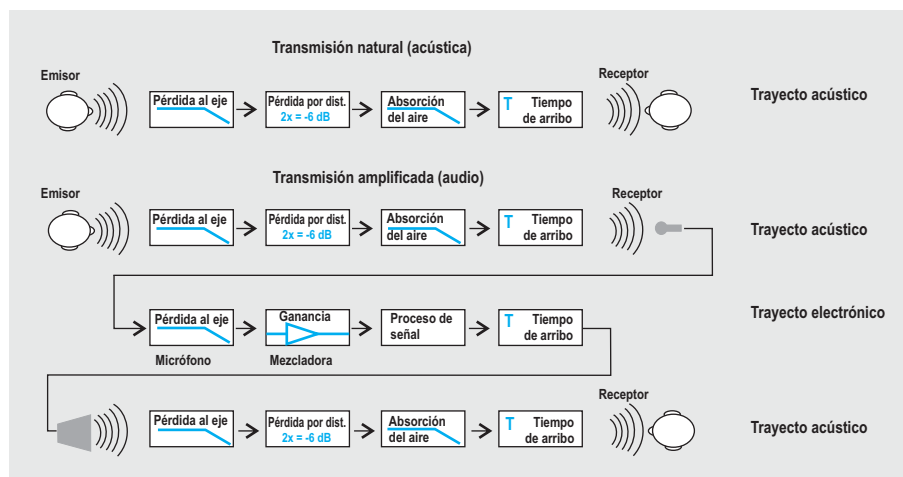


Fig. 71, Transmisión natural y amplificada

MODELO DE TRANSMISIÓN NATURAL (ACÚSTICO)

La transmisión de sonido natural requiere 3 aspectos en armonía: 1° Emisión de la fuente sonora, 2° Transmisión escenario y 3° Transmisión sala, sólo entonces los oyentes podrán obtener una recepción satisfactoria; el sonido empieza en cada instrumentista en el escenario y viaja directamente al área de recepción, es acompañada de reflejos desde el escenario y sala la cual mezcla todos los sonidos directos y reflejados generando realce tonal y amplificación; el soporte de transmisión de escenario y sala son totalmente requeridos por músicos y oyentes, esto es como si la audiencia estuviera en el escenario y los músicos en la sala no hay separación acústica entre ellos, toda recepción auditiva ocurre dentro del transmisor sonoro.²¹

- Señales individuales son mezcladas en escenario.
- La emisión de múltiples fuentes genera una sola fuente general desde el escenario
- El apoyo de transmisión de la sala es requerido
- Músicos escenario y sala son uno solo.
- Recepción es uniforme en nivel y tono con mínima separación.

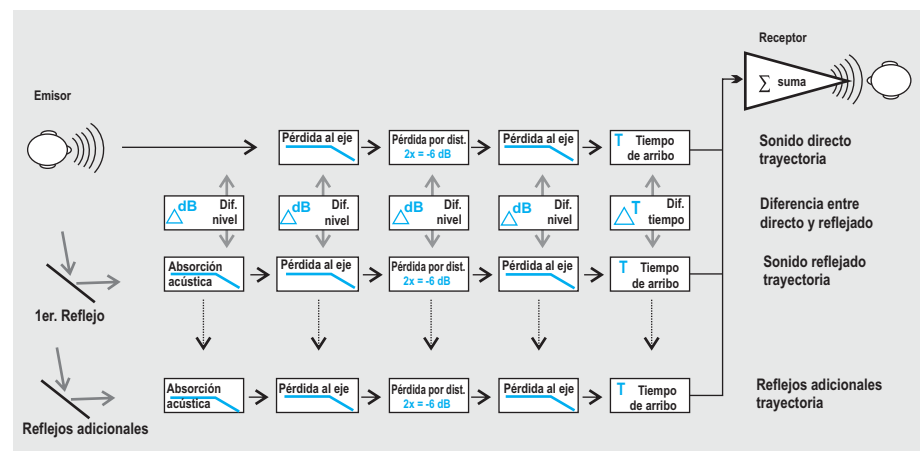


Fig. 72, Sonido directo y reflejado transmisión natural



Fig. 73, Concierto acústico

21. ibidem, pp. 179.

MODELO DE TRANSMISIÓN AMPLIFICADO (AUDIO)

La transmisión de sonido amplificado requiere igual 3 partes en equilibrio: 1° **Micrófonos**, cada parte musical emitida es capturada y transmitida electrónicamente a: 2° **La Mezcladora** combinaciones y carácter tonal se manejan, las mezclas de salida son enviadas a distintas localidades del área de recepción, algunas mezclas regresan al escenario en la forma conveniente para cada zona o músico, por último 3° **Bocina**, cada mezcla es amplificada y dirigida bajo control de cobertura y potencia, la separación por zonas para la transmisión permite a cada área de la audiencia tener sonido adecuado aún cuando tengan distintas distancias desde el escenario.²²

- Fuentes individuales son aisladas en escenario y el escenario es aislado del sistema de audio.
- La transmisión se origina en múltiples locaciones: escenario, monitores de escenario, bocinas de sala.
- Apoyo de transmisión de sala es opcional y no un requisito
- Separación entre emisión y transmisión es requerida. escenario y sala están separados
- Recepción es uniforme en nivel y tono por la máxima separación.

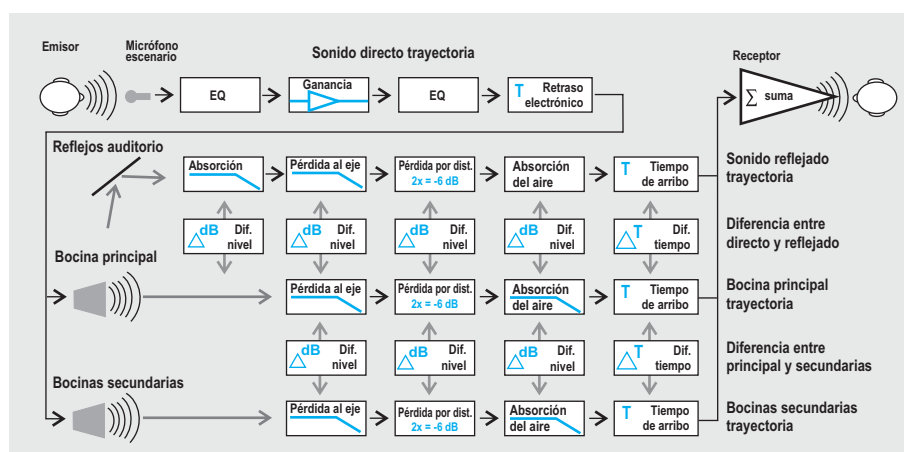


Fig. 74, Sonido directo y reflejado, transmisión amplificada



Fig. 75, Sistema amplificado (audio)

DIFERENCIAS DE TRANSMISIÓN

El sistema de transmisión de natural tiene un solo camino de suma, el amplificado tiene 5, que pueden repetirse según el montaje del evento. Se hará un recorrido de transmisión y suma, natural y amplificado para reconocer sus diferencias.

Se sigue la trayectoria de una sola fuente en escenario a una sola butaca, se ubica la fuente en exterior (puede ser voz o instrumento) y se amplifica en el interior mediante un sistema de audio de una bocina; en el modelo natural el sonido viaja directamente e indirectamente desde las paredes, le asignamos un número arbitrario de 100 reflejos en el lapso de tiempo necesario para una caída de SPL de 60 dB; aquí empieza lo interesante, se agrega la copia provocada por el suelo solo que empieza 6dB menos, se obtienen 90 nuevas reflexiones.

Si se acomoda otro micrófono a mayor distancia que el primero se capta el mismo sonido pero 12dB menos, así se consiguen 80 reflexiones extra en el mismo tiempo de reverberación; con 270 reflexiones logradas casi se triplica la cantidad de 100 reflejos creados por las paredes de la sala.

Ahora se percibe una sala más viva sin más elementos, regresamos la fuente original y sus micrófonos al escenario, se agrega la captura indirecta de las bocinas de sala a los micrófonos y también la captura cercana de los monitores de piso se tiene:

- Sonido directo natural
- Reflejo de piso
- Fuente duplicada por otro micrófono
- Repetición de bocinas de sala
- Repetición de bocinas de monitor

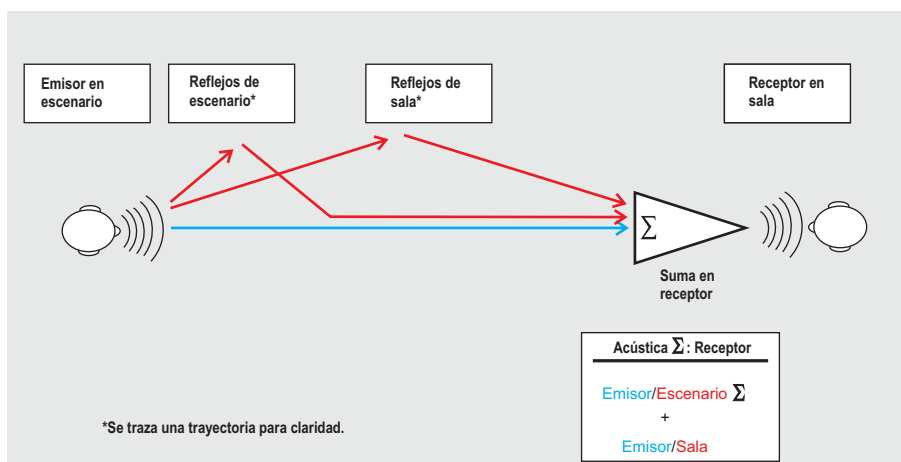


Fig. 76, Proceso de suma transmisión natural, acústica

¿Todavía no se marean? fácilmente se puede crear 5 por el número de reflexiones de la sala, agreguen más micrófonos, reflejos de plafón y se estarán ahogando en reverberación, lo único que falta es que el operador de audio agregue más efecto a la mezcla.

Las aberturas en la línea de transmisión amplificada cambian la perspectiva de lo que debe ser un tratamiento acústico. Cada reentrada y duplicación de señal servirá como un multiplicador del patrón de reflexiones de la sala, en sonido natural las reflexiones solo pueden conseguirse por adición, en sonido amplificado se consiguen por suma y multiplicación. Una reentrada o duplicación de suma a la mezcla es imposible eliminarse, la señal original será una vaga copia debido a la cantidad de reflexiones agregadas a la entrada de su micro.

Estos defectos de pre-transmisión en la señal del micrófono serán claros para los oyentes ya que están encajados en las zonas de cobertura de las bocinas; las implicaciones de esto deberían ser obvias reducir la contaminación de los micrófonos, aislar los sistemas de bocinas lo mejor posible del escenario y al final del día aún se tienen muchas fugas con potencial efecto audible. La conclusión es que el sistema amplificado requerirá mucho menos de las reflexiones del escenario y sala para poder crear la misma recepción que un sistema natural.²³

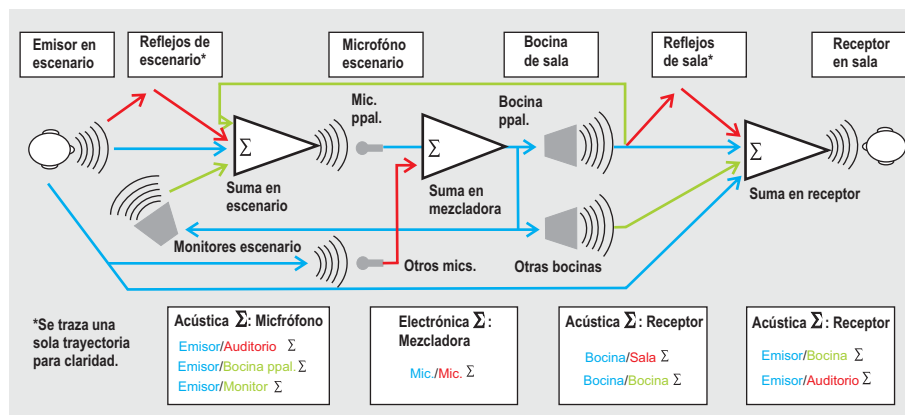


Fig. 77, Proceso de suma transmisión amplificada, audio

COMPARANDO OBJETIVOS DE ACÚSTICA Y AUDIO

Los ingenieros hacen conciertos de música pop en salas de conciertos y Pavarotti los inició en estadios de fútbol. Acústicos son muy respetados Ingenieros de sonido no, en realidad no se pueden llamar así desde que no existe tal grado o licenciatura; el respeto no es gratis se trabaja, los acústicos llevan al menos 400 años trabajando. Mientras las actividades están separadas los objetivos están unidos.

Los Acústicos tienen un lenguaje establecido para evaluar la experiencia sónica, una diferencia en la reverberación de 1.5 seg. A 1.7 seg. le dice al Acústico cuál de los dos salones es mejor para la ópera, esta distinción es sin significado para los Ingenieros de audio, solo busca el modo de mantener el sonido directo de las bocinas con la mínima interacción con la sala como sea posible. Es necesario traducir sus necesidades en términos que los Acústicos puedan encajar en sus estándares de trabajo en el lenguaje de los Ingenieros de audio.

El último evaluador es el escucha si suena mejor para el auditorio entonces se va en la dirección correcta. El set de objetivos fue elaborado por el Acústico Leo Beranek en su publicación *Music acoustics & architecture* (1962), la estadística fue compilada y estructurada en diferentes categorías, los factores clave fueron priorizados por grado de efecto ya que no existen dos salas idénticas. Este proceso está en constante perfeccionamiento incluso ahora; estas 18 categorías continúan vigentes para sonido natural.

Lo que primero a considerar en el cruce de percepciones de sonido natural con amplificado es la aplicabilidad de mediciones objetivas acústicas, salas son descritas en cifras individuales: volumen, área de superficie, coeficiente de absorción, tiempo de reverberación, porcentaje de resonancia de frecuencias graves, entre otras.

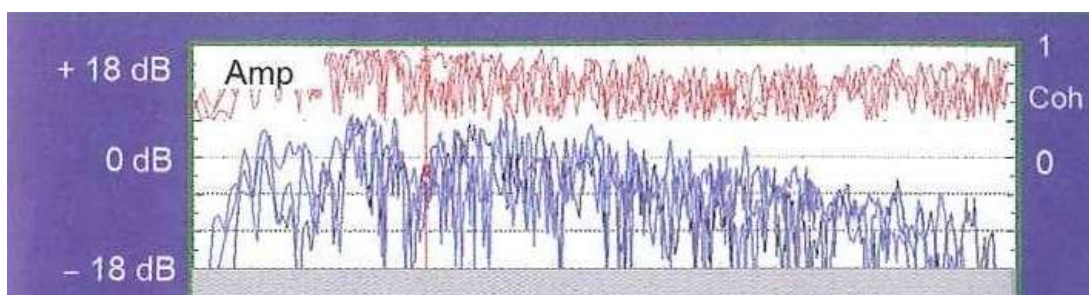


Fig. 78, Medición de sala para conciertos acústicos

El sistema de audio no se propaga omnidireccionalmente, no se coloca en el escenario y no se restringe a una sola posición; si se usan bocinas con alto grado de direccionalidad que enfocan el sonido directo al oyente y/o bocinas de retardo con posiciones cercanas al auditorio para aumentar la proximidad del escucha, se aumenta la proporción entre sonido directo y reflejado, esta técnica reduce el tiempo de - 60dB (reverberación) en el área que cubre su sonido directo, tendrá una mayor pendiente debido a que las partes más fuertes están ubicadas en el sonido directo y menos energía cae en las paredes reflexivas.

Es necesario evaluar cada relación bocina/sala porque cada bocina está asignada a diferentes secciones de la sala, se reparte la responsabilidad de cobertura en distintas zonas, gajos continuos que se analizan por separado. La cantidad, forma y locación de las partes son de las decisiones más importantes del diseño de audio. Como ejemplo una bocina que se coloca al borde del proscenio (frontfill speaker) esta bocina mira la sala desde la perspectiva del piso de escenario y es común su dispersión amplia, su sonido directo puede alcanzar cada butaca de la sala desde que todas las butacas tienen línea de vista hacia el borde del escenario aún así la reverberación de la sala tiene mínima relevancia a esta bocina ya que su transmisión no cubre más de cuatro filas de profundidad antes de entregar la responsabilidad de transmisión a las bocinas principales (main speakers). Los sistemas de bocinas para Auditorios deben ver la sala como una entidad particionada, para tener una experiencia de uniformidad total se dará con el resultado de empatar las partes divididas y minimizando la distorsión en zonas de transición. Este principio fundamental del diseño de sonido contrasta con el modelo a seguir en sonido natural.

Los modelos de sonido natural y amplificado buscan la uniformidad de la experiencia sónica, los medios para lograr dicha uniformidad son diametralmente opuestos.

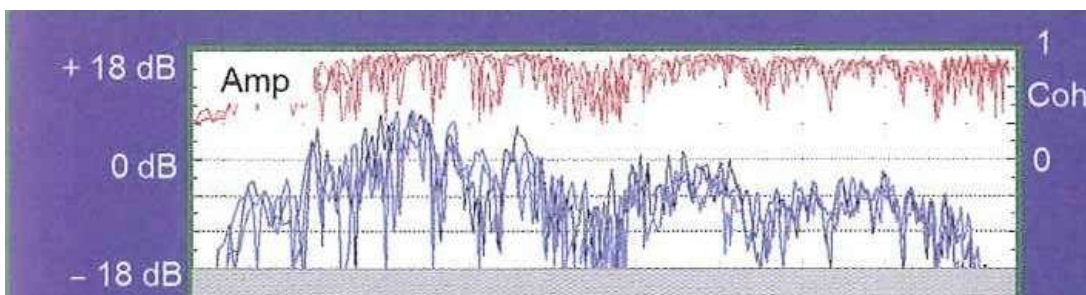


Fig. 79, Medición de sala con sistema de audio

ATRIBUTOS SUBJETIVOS DE LA CALIDAD ACÚSTICA MUSICAL:

1. Íntimo: se refiere a la perspectiva de los oyentes, el objetivo es tener un efecto de proximidad con la música sentir una sala con tiro corto a una con tiro largo.
2. Vivo: que la experiencia auditiva esté llena de tono en el rango de frecuencias medias y agudas.
3. Cálido: enriquecida en tono en el rango de graves.
4. Potente en sonido directo: que el volumen sonoro sea el apropiado.
5. Potente en sonido reverberante: que tenga la mezcla adecuada de nivel y duración para proveer potencia adicional a la señal directa.
6. Definición, claridad: sonido claro y distinguible.
7. Brillante: sonido con brillo resonante, rico en armónicos.
8. Difuso: es el aspecto espacial de la reverberación, sirve para crear la experiencia de sonido arribando de todas direcciones.
9. Balance: es la evaluación de los niveles relativos de instrumentos y voces, buen balance vincula los instrumentos en nivel y perspectiva mal balance se detecta cuando unos instrumentos son favorecidos sobre otros.
10. Mezcla, fusión: se percibe como una armoniosa mezcla de instrumentos.
11. Ensamble: esto es síntoma de lo bien que se escuchan los músicos a sí mismos.
12. Respuesta inmediata: esta medida la definen los músicos de que tan bien escuchan la respuesta del sonido, el objetivo es sentir el sonido y ser capaz de reaccionar lo suficientemente rápido a sus cambios en vez de irrumpirlos.
13. Textura: el grano fino de la experiencia sónica, música con textura fina tiene riqueza y complejidad en su superficie externa.
14. Libre de eco: nunca escuchar un eco separado.
15. Libre de ruido: mientras menos mejor es lo bien portado del auditorio y lo bien aislado de la sala con el exterior.
16. Rango dinámico: es el rango entre el máximo volumen y el ruido de fondo, el nivel máximo estará determinado por los niveles de confort y el mínimo por el ruido de fondo alcanzable.
17. Calidad tonal: es libre de picos y pozos en la respuesta de sonido, pobre calidad tonal puede provocar que notas se pierdan y otras se acentúen.
18. Uniformidad: que tan extensa es el área de sala con la misma calidad sonora.

COMPARANDO OBJETIVOS DE ACÚSTICA CON AUDIO:

Libre de ecos, ruido y máximo rango dinámico produce máximo acuerdo.

Difusión es una característica arquitectónica y su papel es idéntico en las dos perspectivas, máximo acuerdo.

Cálido y brillante cae en la categoría de ecualización, los procesos son muy distintos pero no opuestos.

Balance, mezcla, textura cae en la categoría del ingeniero de mezcla, los medios para conseguirlo son totalmente diferente pero no opuestos

La potencia del sonido directo cae en la categoría de ubicación de la fuente, los medios para alcanzar igual potencia son diferentes pero no opuestos.

Vivo, potente en reverberación y claro caen en la categoría de acústica arquitectónica. De alguna manera son opuestos ya que son indispensables para el sonido natural mientras que el amplificado tiene procesadores electrónicos, el conflicto se alcanza cuando los niveles de reflexión son demasiado altos para el sonido amplificado.

El ataque en la respuesta de la acústica en el escenario entra en conflicto, el resultado del sonido amplificado se verá en una posición comprometida determinada por el artista o ponente.

Ensamble en escenario de las fuentes es diametralmente opuesto, el sonido natural busca la máxima unión los sistemas amplificados requieren máximo aislamiento.

Intimidad es creada por medios opuestos, los reflejos más fuertes crean la sensación de intimidad en el modelo acústico y provocan lo contrario en sonido amplificado.

Libre de variación de tono también es en sentido opuesto, variación de tono es compensado por exceso de reflexiones mientras que en refuerzo sonoro provoca máxima variación de tono.

Uniformidad es la categoría de máxima oposición, la saturación de reflejos provoca la uniformidad en el sonido natural mientras que la separación de la sala en amplificado pide la mínima reflexión posible.²⁴

24. *ibidem*, pp. 185.

DISEÑOS ELECTROACÚSTICOS

La primer categoría en conflicto es ensamble en el escenario, hace mucho se trabaja en el área de monitoreo personal, quedan tres categorías: intimidad, variación de tono y uniformidad, si se soluciona una categoría se arreglan todas; el conflicto se da en las reflexiones, sonido natural las requiere, amplificado no las soporta; si se deja la mitad de las reflexiones que necesita se queda a mitad del camino, ambas partes estarán igual de inconformes.

ACÚSTICA VARIABLE

La solución es acústica variable, se diseña la sala con artefactos que modifican la estructura de reflejos para que se acomoden al evento programado, esta aproximación es el estándar para salas modernas, ya que permite una rápida reconfiguración para orquesta sinfónica o para sonido amplificado.



Fig. 80, Acústica variable

HÍBRIDO: TRANSMISIÓN NATURAL Y AMPLIFICADA

Es el terreno común; los músicos pueden crear una mezcla propia en el escenario, este es un balance delicado donde el sistema amplificado es el complemento; el sistema amplificado necesita unirse al sonido natural empatando tiempos de arribo y niveles con la sala.



Fig. 81, Sistema híbrido

SISTEMA ELECTROACÚSTICO DE REVERBERACIÓN VARIABLE

Reflexiones pueden ser modeladas como bocinas virtuales y exhibir efectos sónicos similares, también se puede hacer al inverso bocinas pueden ser modeladas como superficies virtuales creando un espacio reverberante.

El sistema de reverberación variable es mucho más avanzado que un procesador de efectos el cual sólo agrega efecto al sonido directo de las bocinas, esto es como si el cantante estuviera cantando bajo la lluvia y aún así sentir que estamos totalmente seco.

El sistema electroacústico requiere un sistema complejo de arreglos de micrófonos y bocinas los cuales crean una difusión multidireccional con el efecto de reverberación en sala. Los micrófonos reciben su señal de una fuente acústica digamos un cantante en el escenario, la señal circulará en la sala a través de bocinas distribuidas dedicadas a la reverberación, la señal regresa a los micrófonos y el proceso se repite, esto es reflejos multiplicados; hay multiplicaciones de reflejos adicionales en el procesador de señal que agrega más circulación de señal tardía haciendo incrementos controlados de densidad en el sonido. El proceso envía combinaciones únicas de señales capturadas por distintos micrófonos a diferentes bocinas lo cual provoca interacciones programadas entre bocinas en toda la sala, esto previene la suma estable y cíclica que pudiera provocar acople (feedback) creando el efecto de textura que se encuentra en las salas de conciertos.



Fig. 82, Electroacústica de reverberación variable

La reproducción de señales en electro-acústica permite crear el efecto de paredes reflexivas donde habría paredes absorbentes o ninguna pared. Conviene disimular la colocación de bocinas del sistema electroacústico y evitar dudar de su presencia. Hay otra manera de aplicarlo: usarlo como envolvente espacial del sistema de audio en un concierto de música popular, de esta manera se invoca el carácter tonal y espacial que se desee para el evento.²⁵

CONCLUSIONES APLICATIVAS

Es posible que un Acústico se complemente en estudios de diseño de audio y que un Ingeniero de audio aprenda de acústica, para los acústicos la música está íntimamente ligada a la sala, para los trabajadores del audio la música está ligada a las bocinas y proceso. El sistema de audio siempre sigue al diseño arquitectónico así que los arquitectos tienen un papel más que relevante “estamos todos en la sopa” va a convenir anticipar las necesidades y perspectivas de cada uno para encontrar la mejor solución, es mejor compartir el crédito a pasar la responsabilidad.

Arquitectos, Acústicos y Diseñadores de audio pueden trabajar juntos para obtener los mejores resultados, si todos los eventos son de audio entonces el tratamiento acústico deberá favorecerlo; si la sala requiere ambos sistemas de transmisión entonces requiere de acústica variable.

A continuación una base de calidades acústicas arquitectónicas necesarias en la sala:

25. *ibidem*, pp. 192.



Fig. 83, Forma a la función



Fig. 84, Imagen estéreo



Fig. 85, Espacios bajo-balcón



Fig. 86, Áreas laterales



Fig. 87, FG, absorción-difusión



Fig. 88, FM, absorción-difusión

FORMA A LA FUNCIÓN

El sonido es solo un factor en la definición de la forma del edificio, un gimnasio deportivo se define principalmente por su función y el sonido se ve forzado a seguir esa línea, todas las butacas requieren una línea de vista desde la butaca al filo de la cancha. En el sonido natural la línea de vista es la línea de sonido, en el sonido amplificado la línea de sonido es la bocina y no puede ir sobre la línea de vista. Es necesario hacer que la línea visual empate con la línea de sonido para obtener una plausible imagen sonora.

IMAGEN ESTÉREO

Si la imagen estéreo es el enfoque principal entonces la sala debe tomar la forma que permita la mayor cantidad de butacas en el área con imagen estéreo.

ESPACIOS BAJO-BALCÓN

Si tienen la suficiente altura en interior y no son demasiado profundos no hay la necesidad de bocinas de bajo-balcón, estas áreas son generadoras de resonancias de frecuencias graves.

ÁREAS LATERALES

Estas áreas requieren de bocinas de relleno (fill speakers) el peor de los casos es un diseño de nichos laterales con capacidad para dos a cuatro butacas toda intención de arreglar la imagen sonora para cada nicho esta fraguado de problemas, en otras palabras poca gente, muchas bocinas, mala imagen sonora y alto grado de sonido reflejado.

FRECUENCIAS GRAVES ABSORCIÓN/DIFUSIÓN

Es necesario que la caída en dB de FG sea lo suficientemente rápida para dar espacio al siguiente golpe de bombo, como pueden bailar si no pueden sentir el “beat”, el tono es función de calidez, con la cantidad de bocinas y ecualización se logra el tono; respuesta rápida en FG es función de respuesta transitoria, absorber energía de FG ayuda a la respuesta.

FRECUENCIAS MEDIAS ABSORCIÓN/DIFUSIÓN

Su patrón de dispersión es más manejable en las bocinas que las FG, la absorción de FM es bienvenida cerca del arreglo de bocinas y en eje al alcanzar la pared de fondo. Difusión es buena para lograr un realce acústico.



Fig. 89, FA, absorción-difusión



Fig. 90, Cubiertas



Fig. 91, Paredes



Fig. 92, Piso y área de butacas



Fig. 93, Ubicación bocinas ocultas



Fig. 94, Ubicación correcta

FRECUENCIAS AGUDAS ABSORCIÓN/DIFUSIÓN

Son las más fáciles de controlar en las bocinas, cualquier superficie lisa tiene la propiedad de reflejar frecuencias agudas, esto sería destructivo, si llegaran reflexiones al área del público y/o escenario con suficiente nivel y excesivo retraso provocando eco.

CUBIERTAS

Las superficies que están cerca al arreglo de bocinas y al final del recorrido del sonido directo deberán tener un ángulo abierto al trayecto del sonido directo debido a que los niveles de reflejo pueden ser iguales al sonido directo provocando ecos repetidos, la absorción en FA es requerida.

PAREDES

De nuevo nos beneficiamos si sus ángulos con respecto al sonido directo son abiertos.

PISO Y ÁREA DE BUTACAS

En sonido natural la fuente se ubica sobre el piso, en amplificado se ubica a 5-10 metros sobre el suelo, butacas de material absorbente, pasillos con alfombra u otro material absorbente de FA y una sala llena ayudan a corregir la acústica.

UBICACIÓN OCULTA PARA BOCINAS

Consideraciones estéticas no deben tener jerarquía sobre la calidad de sonido, los problemas comunes son obstrucción de la línea de sonido, resonancias que degradan la respuesta tonal, restricción al ángulo del sonido directo, etc.

UBICACIÓN DEL ARREGLO PRINCIPAL DE BOCINAS

Si en verdad queremos una imagen sonora creíble necesitamos ubicar las bocinas lo más bajas y centrada posible, para bajar la imagen se requieren de subsistemas de bocinas de relleno laterales y frontal (sidefill, frontfill)



Fig. 95, Bocinas bajo-balcón



Fig. 96, Bocinas frontales de relleno



Fig. 97, Ubicación mezcladora



Fig. 98, Escenario



Fig. 99, Superficies



Fig. 100, Balcones

BOCINAS BAJO-BALCÓN

Se deben colgar las bocinas bajo-balcón para poder dirigir las a la última fila, no se debe usar bocinas de plafón. La función de este tipo de bocina es corregir el porcentaje de sonido directo con reflejado, debemos checar las superficies cercanas a la bocina. Debido a la separación entre bocina ppal. y bocina de bajo-balcón se debe ajustar el tiempo de arribo para evitar parecer un reflejo tardío.

BOCINAS FRONTALES DE RELLENO

Estas bocinas se montan sobre el proscenio son de perfil bajo y sirven para bajar la imagen sonora y aumentar la el porcentaje de sonido directo, la profundidad de su cobertura es alrededor de 4 filas, se debe tener cuidado con la línea de vista.

UBICACIÓN DE LA MESA DE SONIDO

Se ocupa en el área de sala, donde está el escucha, se necesita ver al artista/exponente, el sonido cambia minuto a minuto, cambios de temperatura y cantidad de gente provocan cambios sensibles a la respuesta del sonido.

EL ESCENARIO

Se recomienda tener la absorción/difusión de acuerdo al tipo de evento, depende del tipo de transmisión natural o amplificado.

PROPIEDADES DE LAS SUPERFICIES

Es tolerable cierto grado de efecto tonal a espacial evitar ecos y mantener bajo perfil de reflejos de FA.

BALCONES PARA PÚBLICO

Ángulo de rebote fuera del espectador, máxima absorción acústica.²⁶

TÉCNICO NORMATIVO

TRANSDUCTORES
PROCESADORES
MEDICIÓN
PREDICCIÓN
SEMARNAT

Para la medición acústica como el sistema de audio los elementos básicos son: micrófonos y bocinas; los programas a utilizar son: Smaart Live para medición y Mapp on Line para predicción.

TRANSDUCTORES

MICRÓFONOS



Fig. 101, Micrófono dinámico SM-58



Fig. 102, Micrófono de condensador SM-81

Es un transductor que convierte energía acústica en eléctrica a valores de 1.85 a 4 mili voltios (es decir 0.00185 voltios), el tipo de micrófono más común es el dinámico, es un diafragma flexible atado a una bobina dentro de un campo magnético, al recibir sonido el diafragma vibra produciendo un impulso eléctrico a través de su campo magnético variable. El micrófono de condensador es un diafragma de kevlar bañado en oro cerca de un capacitor eléctrico, es alimentado por un voltaje escondido en el cable de 48 voltios, al recibir sonido el diafragma vibra haciendo que el condensador emita la señal eléctrica con la información del sonido recibido.

Los micrófonos se construyen para una gran variedad de usos: medición, voz e instrumento, su conducta se divide en omnidireccional, cardioide, supercardioide, entre otros; por su respuesta de sonido los hay de frecuencia plana y de respuesta curvada los cuales agregan sensibilidad al sonido y se usan de acuerdo al tipo de fuente.



Fig. 103, Patrones polares de sensibilidad

CAPTURA OMNIDIRECCIONAL

El patrón de cobertura omnidireccional tiene la misma sensibilidad por todos los ángulos de aproximación a la cápsula.

CAPTURA CARDIOIDE

Este patrón polar exhibe mayor sensibilidad por la parte delantera a eje del cuerpo del micrófono y nula por la parte del conector.

CAPTURA SUPERCARDIOIDE

El patrón polar es más estrecho que el cardioide, genera una doble burbuja a eje del micrófono con mayor sensibilidad al frente y menor atrás.²⁷

27. "patrón polar/lóbulo de captación" en *guía rápida de referencia. micrófonos. sistemas inalámbricos. sistemas de monitoreo*, EUA, 2009, pp. 9.

BOCINAS

Es un transductor que convierte energía eléctrica en acústica, hasta niveles superiores a los 145 dB de SPL @ 1m de distancia durante una fracción de segundo, se trata de un cono montado sobre una suspensión atado a una bobina eléctrica, se ubica dentro de un campo magnético fijo, al recibir la señal la bobina genera su propio campo magnético variable, esto genera el movimiento del cono creando variaciones de presión en el aire en frecuencias graves-medias, en algunos casos son capaces de reproducir todo el rango de frecuencias audibles; otro tipo de motor electroacústico es el de compresión, se trata de un domo típicamente de titanio atado a una bobina eléctrica ubicada dentro de un campo magnético, las ondas sonoras pasan a través de un ducto de compresión y su salida se une a un difusor fijo, su uso es la reproducción de frecuencias medias-agudas.



Fig. 104, Sección motor de FA



Fig. 105, Sección motor de FG

Estos dos componentes se montan en un gabinete o caja acústica formando el altavoz. La conducta de un altavoz se divide en: primer orden: bocinas que tienen una dispersión de sonido mayor a los 60° de dispersión sea vertical u horizontal, segundo orden: son de 20° a 60° y por último de tercer orden: son de 5° a 20°. La respuesta de frecuencia de los altavoces distingue otro modo de uso: de rango completo y los de refuerzo de frecuencias graves (subwoofers). Los altavoces pueden ser de tipo activo que incluya su etapa de amplificación o pasivo con amplificador separado. Por último hay dos tipos de cajas que más se usan en el mundo, la bocina convencional o punto de origen y la bocina de arreglo lineal, cada una tiene su propia lógica de acomodo, sin embargo es posible combinarlas según las necesidades del diseño de audio.



Fig. 106, Bocina amplificada UPA-1, punto de origen



Fig. 107, Arreglo de bocinas lineal

Cobertura horizontal es el trazado de un ángulo con vértice en la bocina, especifica su cobertura justo al perder 6dB SPL, hay bocinas de 30° y otras que llegan hasta 120° cobertura horizontal.

COBERTURA BOCINA

HORIZONTAL

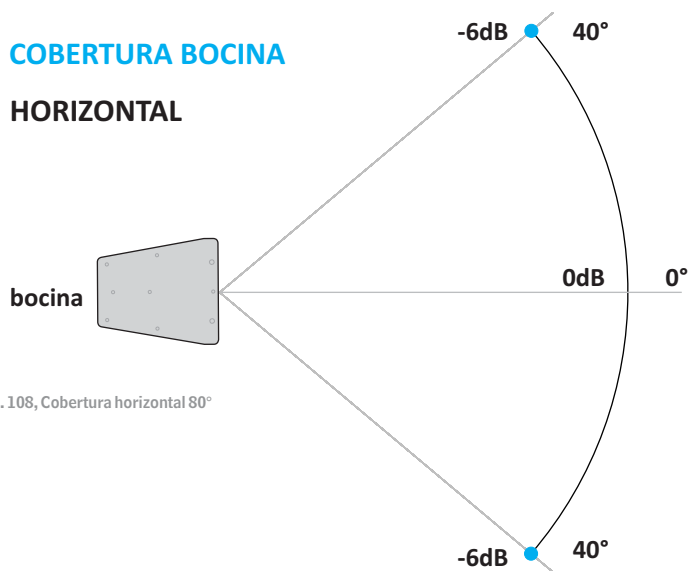


Fig. 108, Cobertura horizontal 80°

Cobertura vertical funciona de la misma manera que cobertura horizontal, hay bocinas desde 5° hasta 80°.

VERTICAL

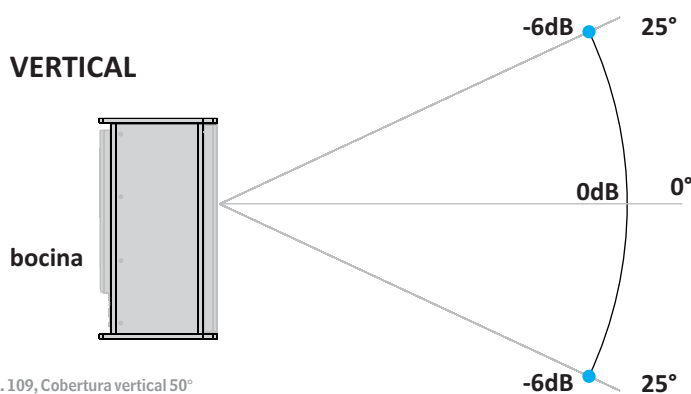
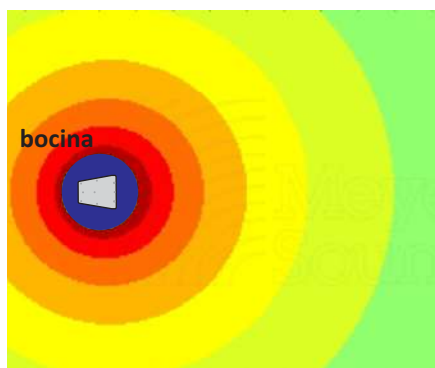


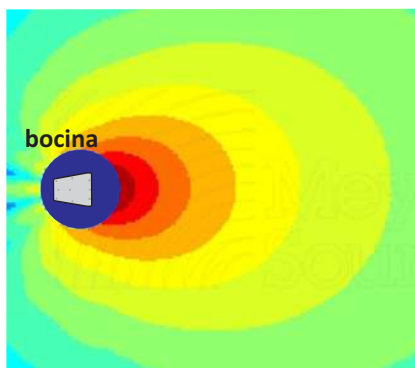
Fig. 109, Cobertura vertical 50°

COBERTURA REAL

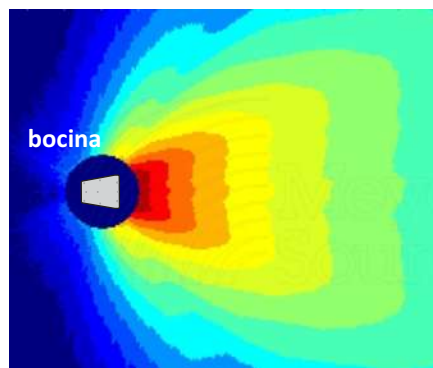
Cobertura real, gracias al programa de predicción Mapp on line de Meyersound se puede obtener un trazado a color de SPL de la cobertura real de una bocina, se observa la diferencia de una frecuencia grave (omnidireccional) a una aguda (direccional).



100 hz



1000 hz



10,000 hz

Fig. 110, cobertura real, Mapp on line

Método de trazo de cobertura "Protractor", para obtener un patrón de cobertura que se parezca más a la cobertura real de la bocina se traza un segmento de círculo hasta alcanzar el ángulo definido, se traza otro segmento de círculo a mitad del radio, se unen los puntos marcados con un arco y se obtiene el contorno de mínima variación de volumen.²⁸

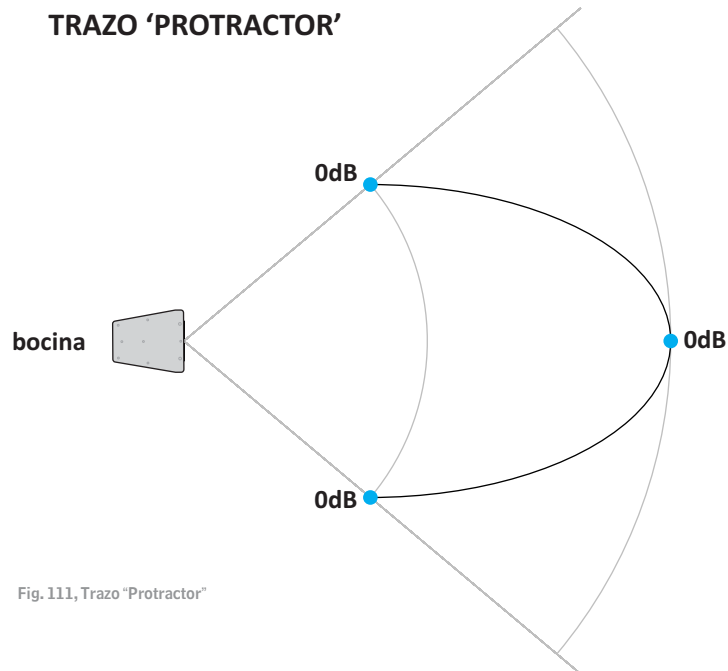


Fig. 111, Trazo "Protractor"

RELACIÓN DE ASPECTO

Método de relación de aspecto es una relación numérica de segmentos de cobertura sobre el trazado de predicción de la bocina, se pensó así para adaptarse a las formas arquitectónicas; hay bocinas con un factor de aspecto de 0.5 ó 360° hasta bocinas de 23.0 de aspecto ó 5° de cobertura.²⁹

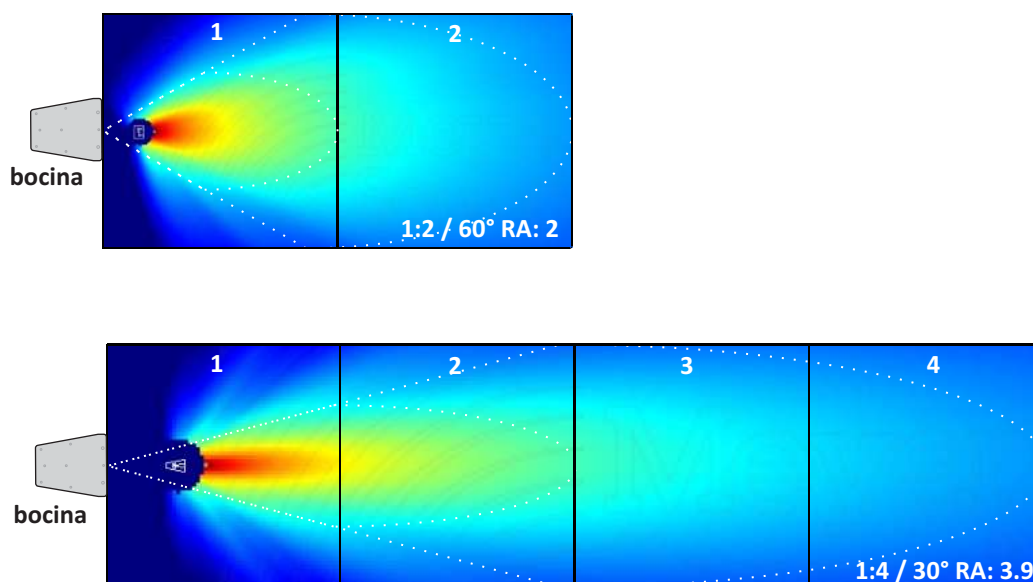


Fig. 112, Relación de aspecto

28. Bob McCarthy, "Reception" en *Libro Sound Systems: Designg and Optimización*, Segunda edición, Canada, Focal Press, 2010, pp. 168.

29. ibidem, pp. 240.

PROCESADORES



Fig. 113, Mezcladora digital



Fig. 114, Procesadores de señal digital



Fig. 115, Sim 3 para medición electroacústica



Fig. 116, Equipo armado para medición

Dentro del área de proceso de señal existen muchas aplicaciones útiles como: ecualizador, compresor, limitador, retraso digital, filtros “all pass” y proceso de efectos, estos sirven para manejar respuesta de frecuencia, rango dinámico, fase, volumen así como efectos tipo: reverb, delay, flanger, chorus, entre otros.

MEZCLADORA

Este aparato se localiza normalmente en la cabina de audio, sirve para recibir todas las señales que se generan en el evento para: preamplificarlas, mezclarlas y pasarlas a las bocinas, es probable que se grabe y/o se transmita el evento por radio o por internet. La mezcladora recibe señales de muy bajo voltaje (micrófono) y también alto (línea), las entrega a nivel de línea.

CONTROLADOR DE ALTAVOCES

Este aparato se coloca de preferencia en cabina, se utiliza para distribuir las señales de la mezcladora hacia los altavoces, el procesador trabaja a un voltaje de señal de 1.4V en entrada y salida, con él se logra uniformidad de presión sonora en toda la sala, contiene varias aplicaciones para ayudar en el calibrado del sistema de audio.

PROGRAMAS DE MEDICIÓN

Para la realización de mediciones electroacústicas por computadora se utiliza un equipo como lo es: Sim system 3 de meyersound, por otro lado es posible usar una computadora portátil que con los accesorios adecuados y la ayuda del programa Smaart Live de Rational Acoustics, descargable en internet; ambos utilizan los principios matemáticos del físico francés Fourier. Funcionan de la siguiente manera: el sistema recibe una señal de audio directa (referencia) y otra del micrófono en sala (de medición), se promedian las 2 señales y la resultante es la respuesta buscada; los resultados son gráficas de amplitud por frecuencia, de tiempo por amplitud, entre otras.

SMAART LIVE 5

RESPUESTA DE IMPULSO

Respuesta de Impulso, en acústica representa el tiempo de arribo de la primer onda sonora, conforme la gráfica muestra una caída de la energía es como se refleja la reverberación del local; impulso es una relación de amplitud por tiempo.



Fig. 117, Medición de reverberación, Smaart live

La línea verde representa el tiempo de arribo del sonido directo y las copias que se generan en sala, por medio de una liga el programa calcula el tiempo de reverberación con una caída de 60 dB.

RESPUESTA DE COHERENCIA

Respuesta de Coherencia muestra la estabilidad de la señal a medir con respecto a la señal de referencia. Coherencia es un porcentaje 0% (nula coherencia) a 100% (total coherencia).

La línea roja muestra la estabilidad de la señal capturada de sala con la señal de referencia.



Fig. 118, Medición de respuesta de frecuencia y coherencia, Smaart live

RESPUESTA DE FRECUENCIA

La línea a color es la respuesta de frecuencia de la bocina afectada por la acústica de la sala, varía con respecto a la ubicación del micrófono en el espacio, se debe tener en cuenta la línea de referencia generada con la bocina en un espacio libre de pocos reflejos de baja presión sonora, como un jardín sin muros cercanos.

Respuesta de Frecuencia muestra cancelaciones amplias, medianas y chicas, reflejo del carácter tonal-espacial-eco.

Frecuencia es una relación de energía por frecuencia.

PROGRAMA DE PREDICCIÓN

MAPP ON LINE

El programa de predicción genera mapas de color que representan los cambios de presión sonora en determinada frecuencia de un modelo de bocina Meyersound.

Estas gráficas se generan en un servidor localizado en Los Ángeles, California; desde cualquier computadora con acceso a internet se puede solicitar, es posible apoyar el mapa en un plano de planta o corte tipo .dxf de Autocad. Las gráficas son predicciones del rendimiento de las bocinas en 2 dimensiones, se logran gracias a las mediciones hechas en la cámara anecoica. Este programa ayuda en los diseños de audio buscando la mejor ubicación de bocinas con la mejor cobertura de espectadores; se busca la mínima variación de presión sonora, de respuesta de frecuencia e interacción de bocinas; puede generar mapas de acuerdo a datos únicos de presión atmosférica, temperatura, humedad y algunas barreras acústicas como el piso.

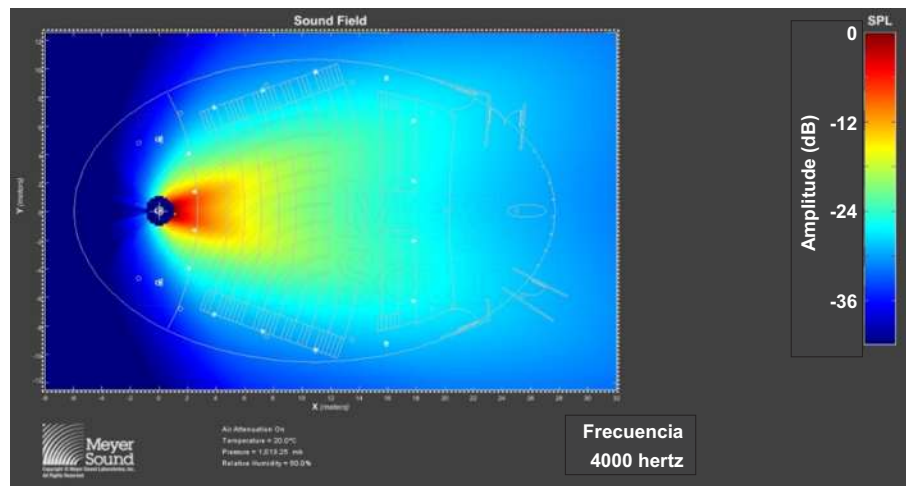


Fig. 119, Predicción horizontal, Mapp on line

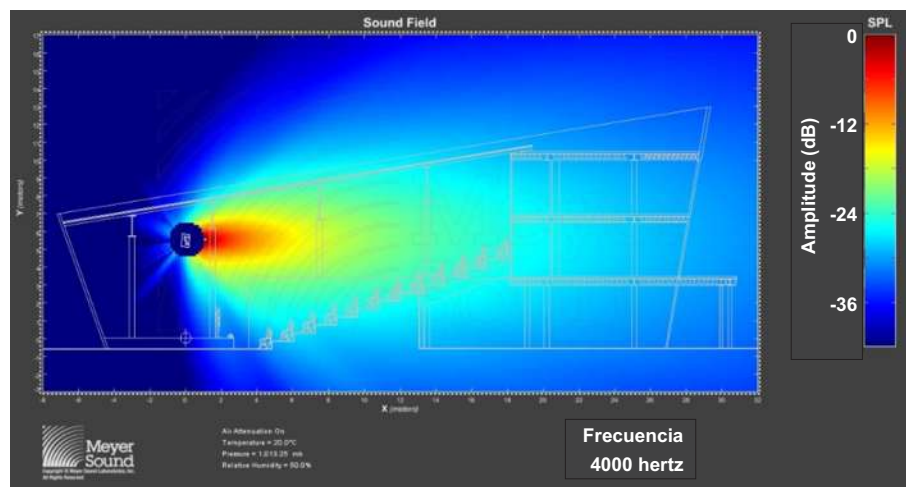


Fig. 120, Predicción vertical, Mapp on line

SIM 3 VIRTUAL

Esta es la pantalla secundaria de Mapp on line, aquí se simula una medición de función de transferencia para obtener gráficas como la de respuesta de frecuencia. Se obtiene insertando un micrófono virtual en el área de construcción de mapp on line, también es posible agregar aplicaciones que se encuentran en el procesador Galileo para así obtener una referencia directa a los objetivos de mínima variación de presión sonora y respuesta de frecuencia del sistema de audio.

Al tratarse de mediciones en 2 dimensiones se debe tener cuidado al seleccionar la gráfica de respuesta de frecuencia acorde a la ubicación del micrófono en sala.

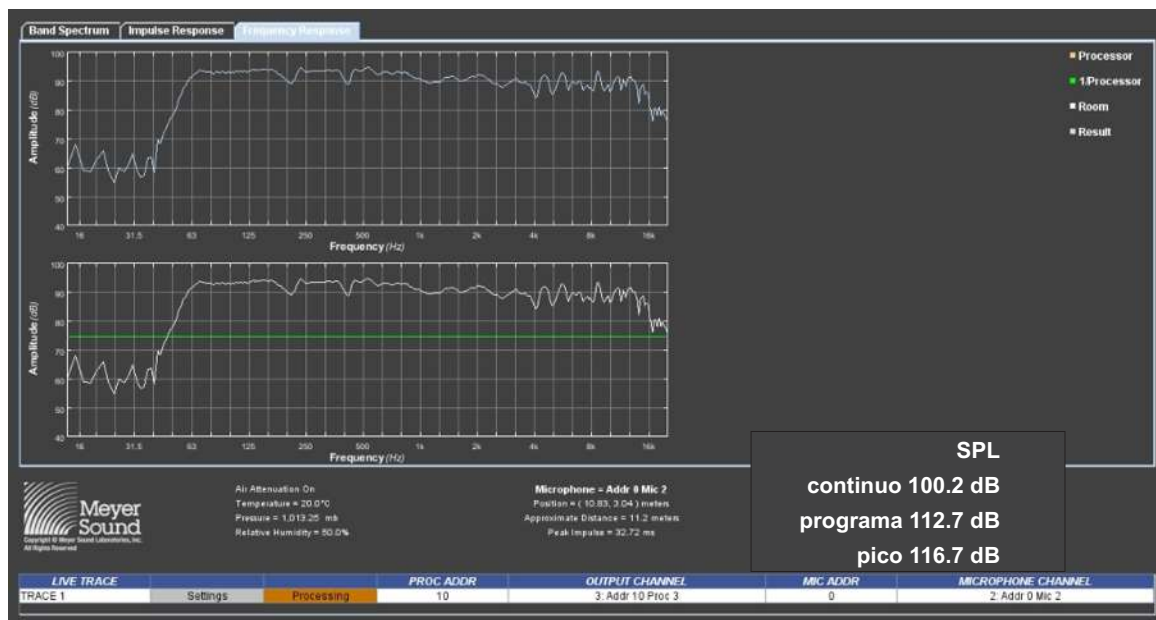


Fig. 121, Predicción respuesta de frecuencia, Sim3 virtual

Para marcar los lineamientos de este diseño fue necesario revisar los siguientes sistemas normativos y reglamentos vigentes, es de resaltar lo similar que son estos valores en otros países del mundo.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES

Norma oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994 para fuentes fijas

Artículo 5.4.- establee que el nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas es de 68 dB (A) de las seis a las veintidós horas, y de 65dB de las veintidós a seis horas. Estos niveles se medirán de forma continua o semicontinua en las colindancias del predio, durante un lapso no menor de quince minutos.³⁰

Pistola Colt .45 ACP @ 7.5 metros	140dB
Sirena 50 hp @ 30.5 metros	130dB
Umbral del dolor	
Música rock @ 3.0 metros	120dB
Marcas en película @ 6.0 metros	110dB
Música clásica fuerte	100dB
Tráfico pesado 1.5 metros	90dB
Cabina de avión en vuelo	80dB
Conversación @ 1 metro	65dB
Ambiente urbano de noche	45dB
Auditorio acondicionado	30dB
Estudio de grabación	20dB
Cámara anecoica	10dB
Umbral del oído	0dB

Fig. 122, Valores típicos de presión sonora SPL

30. Norma oficial mexicana, NOM-081-SEMARNAT-1994 que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición, México, 1994, tabla 1 [http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/081.pdf]

CASOS ANÁLOGOS

TEATRO MORELOS
TEATRO DE LAS ARTES
TEATRO MUNICIPAL DE LAS CONDES
LOGOMO HALL



Fig. 123, Croquis de localización teatro Morelos

UBICACIÓN

Avenida Ventura Puente S/N esquina con Av. Camelinas
Colonia Félix Ireta
Morelia, Michoacán.

El Teatro Morelos se ubica dentro del Centro de Convenciones y Exposiciones de Michoacán CECONEXPO, pertenece al gobierno del estado, se inauguró en 1981, sirve para el público en general, se caracteriza de los demás por ser el de mayor capacidad e integración de conjunto; aquí es donde se realizan la mayoría de las producciones teatrales y musicales locales, nacionales e internacionales.

CONTEXTO INMEDIATO

El centro de convenciones cuenta con hotel 5 estrellas, planetario, biblioteca, orquideario, centro de exposiciones, salón de usos múltiples y estacionamiento público.



Fig. 125, Hotel Fiesta Inn, vista noreste



Fig. 127, Expocentro, vista sur



Fig. 126, Plaza central Ceconexpo, vista este



Fig. 128, Patio de maniobras, Vista oeste



Fig. 124, Teatro Morelos

LEVANTAMIENTO

ARQUITECTÓNICO

El teatro Morelos se forma por un partido de teatro isabelino, construido en concreto armado, acero y mallas en concreto para cubiertas y muros exteriores. Cuenta con todos los accesos independientes para público, personal, actores, utileros y salidas de emergencia.

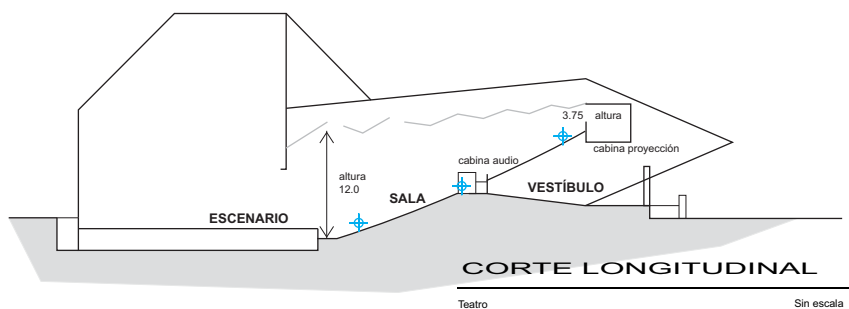


Fig. 129, Croquis teatro Morelos, corte longitudinal

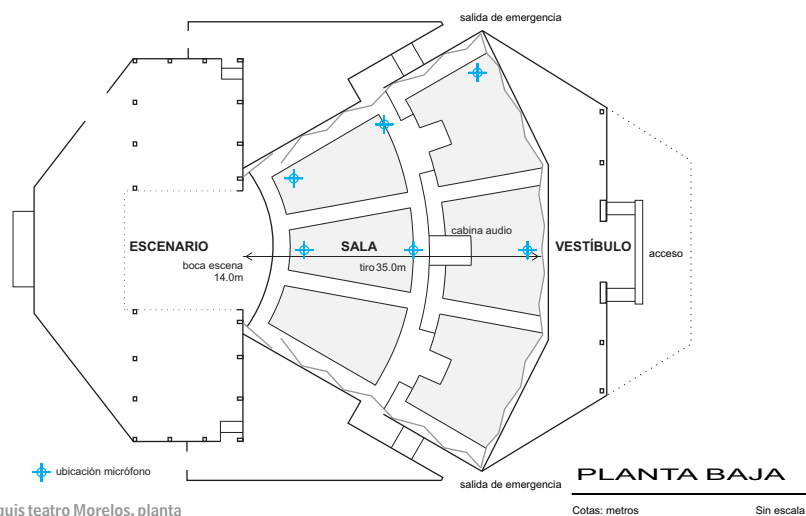


Fig. 130, Croquis teatro Morelos, planta



Fig. 131, Interior teatro Morelos

ACÚSTICA

La Sala es de 1338 personas sentadas, el tiro más lejano al escenario es de 35 metros la altura máxima es de 12m y la mínima de 3.75m la boca escena mide 14 metros de ancho por 7m de alto, tiene un tratamiento de acústica fija con paneles de lámina de cobre y tela en plafón, madera en paredes y alfombra en pasillos, las butacas son de tela; el tiempo de reverberación es de 1.25 segundos, el caracter tonal en frecuencias graves de bajo nivel y el eco perceptible (1 repetición) en cualquier butaca de la sala. La sala se beneficia del aislamiento que le da el conjunto de edificios de Ceconexpo del ambiente provocado por los centros comerciales y avenidas que lo circundan.

Reverberación

En el modo de impulso Smaart Live graba una fracción de tiempo de sonido, suficiente para cubrir el tiempo aproximado de reverberación, por medio de una liga se conecta el primer arribo con el nivel de fondo, de inmediato el programa desglosa valores para una caída de 60 dB.



Fig. 132, Reverberación, teatro Morelos, Smaart live

Referencia

La bocina que se usó tiene esta curva de respuesta de frecuencia, esta gráfica se vuelve a usar para comparar con la respuesta de sala.



Fig. 133, Respuesta de frecuencia de referencia, Smaart live

CERCA EJE**Tonal**

- Mayor coherencia, menor erradicidad.
- Menor nivel de reflejos.
- Ecos discretos por muros en sala.
- Resalta la cancelación a 100 hz.



Fig. 134, Medición cerca eje, Smaart live

MITAD EJE**Espacial**

- Menor coherencia, mediana erradicidad.
- Mayor nivel en reflejos.
- Ecos discretos por muros.
- Pierde caracter tonal, aumenta espacial.

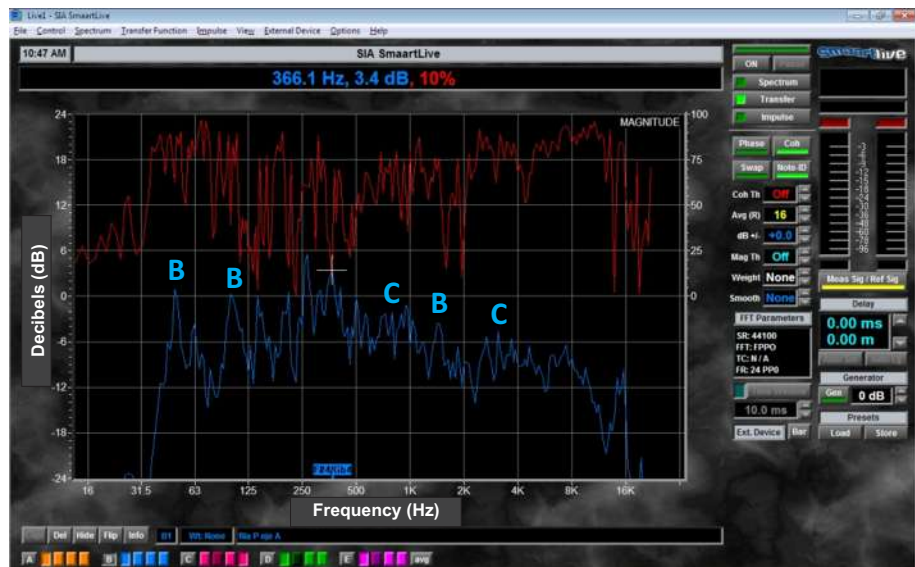


Fig. 135, Medición mitad eje, Smaart live

FONDO EJE**Tonal**

- Mediana coherencia, mayor erradicidad.
- Mediano nivel en reflejos.
- Ecos discretos por muros.
- Refuerzo de frecuencias graves por reflejos de planos acústicos cercanos.

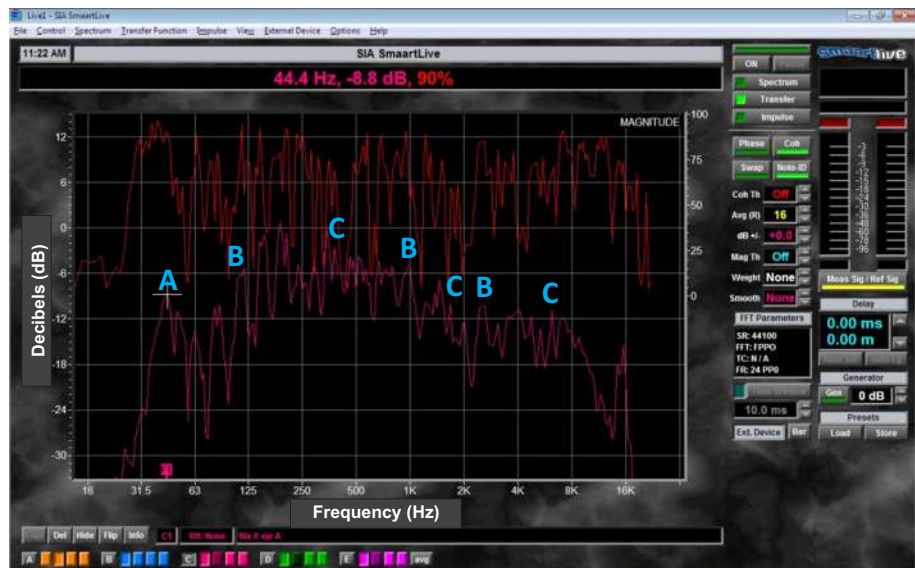


Fig. 136, Medición fondo eje, Smaart live

PROMEDIO EJE

- Tiempo de reverberación para teatro y narración
- Se detectan ecos discretos en el área de butacas
- Buen caracter tonal excepto al fondo de la sala por refuerzo de FG

Naranja cerca
Azul mitad
Magenta Fondo



Fig. 137, Medición promedio eje, Smaart live



Fig. 138, Medición referencia, Smaart live

CERCA PARED**Tonal**

- Mediana coherencia, mediana erraticidad.
- Mediano nivel en reflejos.
- Ecos discretos generados en el muro de fondo.
- Mayor absorción de FA.
- Resalta la cancelación a 160 hz.

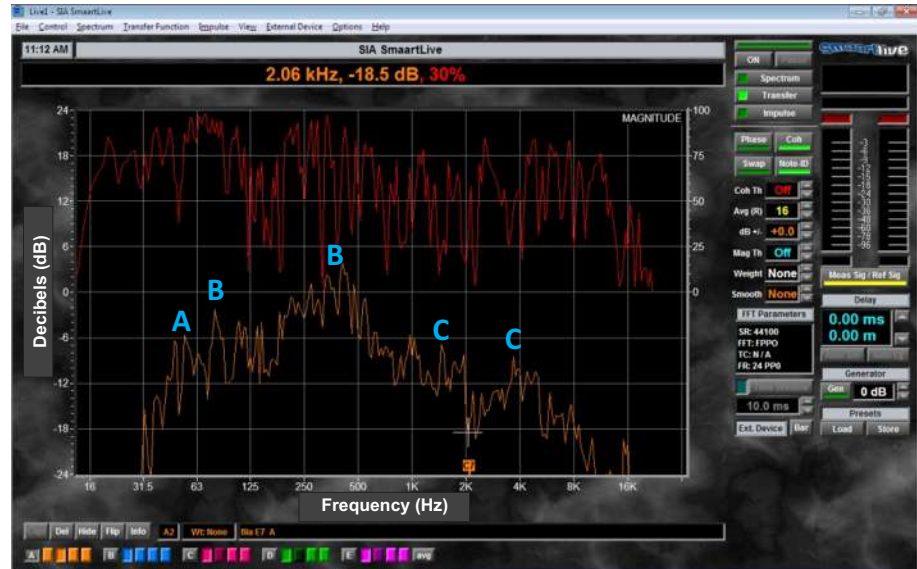


Fig. 139, Medición cerca pared, Smaart live

MITAD PARED**Tonal-Espacial**

- Menor coherencia, mayor erraticidad.
- Mayor nivel en reflejos.
- Ecos discretos por muros.
- Mayor caída de FA.

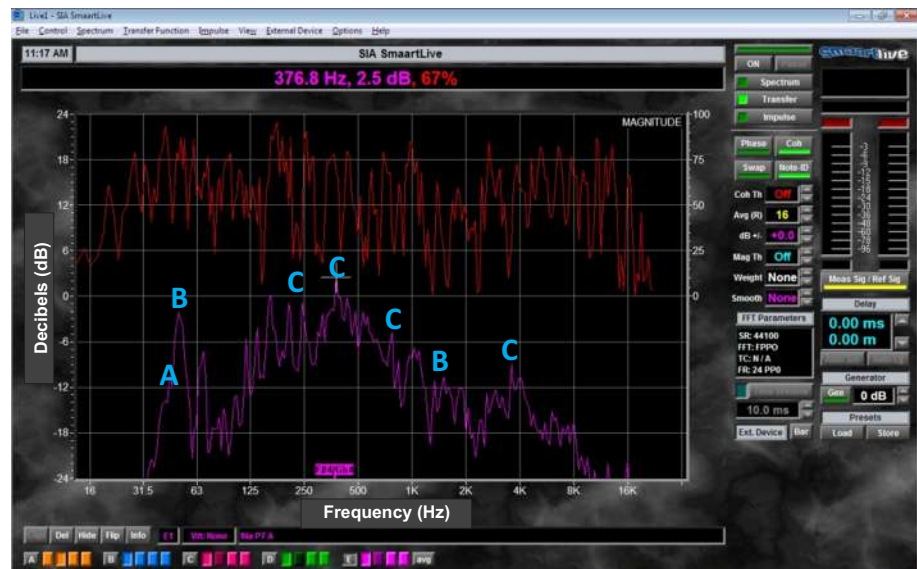


Fig. 140, Medición mitad pared, Smaart live

FONDO PARED**Tonal-Eco**

- Mayor coherencia, menor erraticidad.
- Menor nivel en reflejos.
- Ecos discretos por muros.
- Refuerzo sonoro en 40hz y en 4khz por reflejos tempranos

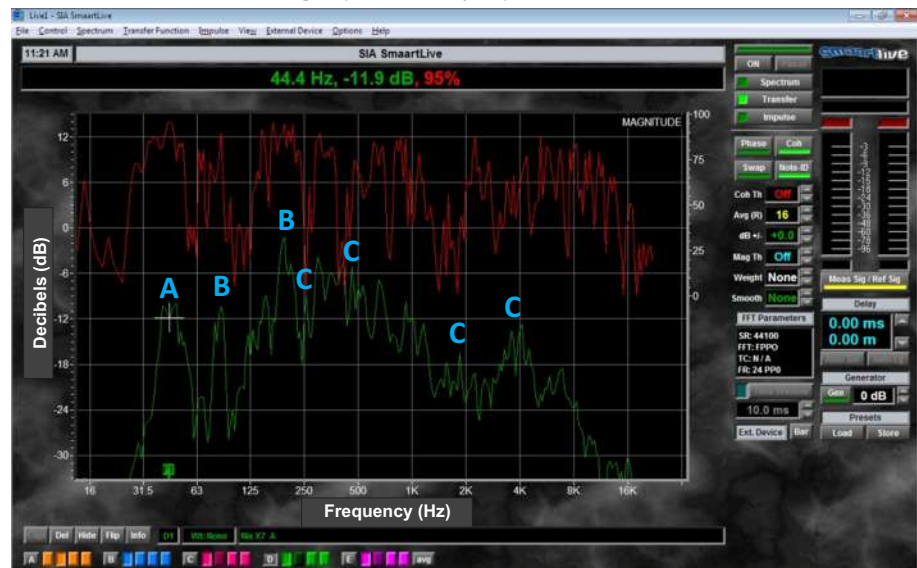


Fig. 141, Medición fondo pared, Smaart live

PROMEDIO PARED

- Fuertes cancelaciones a 90 hz debido a la interacción con pared
- Se realiza presencia de graves por la cercanía de pared

Naranja cerca
Magenta mitad
Verde Fondo



Fig. 142, Medición promedio pared, Smaart live



Fig. 143, Medición referencia, Smaart live



Fig. 144, Sistema de audio teatro Morelos

AUDIO

Su sistema de audio es un sistema lineal dual de 8 bocinas pasivas a dos vías de 8" modelo: LA208N, más 6 bocinas de refuerzo para frecuencias graves de 12" modelo: LAB-212, estas bocinas están ocultas a los lados de la boca-escena, son de la firma "eclipse" de la ciudad de Guadalajara, Jalisco; para escenario cuenta con 4 monitores activos de piso M-115A "eclipse", más 4 cajas pasivas de 4x12" modelo: Cabaret 4680B de la firma JBL de Estados Unidos; por último se tiene 2 cajas pasivas para refuerzo de sala para las últimas filas (bocina de retardo).

La capacidad máxima SPL en sala es: 88 dB SPL @ 0 dBu ó nivel unitario en mezcladora con una variación total medida de: 9 dB SPL en sala, una variación de frecuencia máxima medida de: +/-14.8 dB SPL. La mezcladora de audio maneja 29 canales de entrada por 5 mezclas de salida.

INSTALACIONES DE APOYO

Para su funcionamiento el teatro cuenta con subestación eléctrica de 500kv más un generador de emergencias a 50kv, una instalación para aire húmedificado.

Desde su inauguración el teatro cuenta con equipo de proyección para cine y pantalla, el mismo local del proyector sirve para el control de iluminación del escenario y sala, desde esta cabina es posible desplazarse al vestíbulo y al escenario directamente; un proyector de video se monta provisionalmente en el área de butacas. Para el manejo de sonido existe otra cabina a media sala sin cubierta, cuentan con 2 micrófonos de podio, 4 micrófonos inalámbricos, 6 alámbricos y 1 reproductor de CD con lector de mp3, cuando graban un evento lo hacen con una computadora portátil; cada local del área técnica tiene interfono; el teatro cuenta con concha acústica; el cuarto de dimmers sirve de bodega para cables bases y micrófonos también tienen área de escenografía y una oficina del jefe de técnicos, cada técnico carga su radio con manos libres.

SISTEMA OPERATIVO

Las oficinas se localizan en varios edificios, Ceconexpo cuenta con el siguiente personal especializado:

- 2 Audio
- 2 Iluminación
- 1 Proyección
- 2 Tramoya
- 2 Eléctricos

Ceconexpo opera en forma conjunta, el personal se distribuye según el plan de trabajo, de ser necesario contratan flotantes; cuentan con personal para seguridad, operativo y mantenimiento.

CONCLUSIÓN APLICATIVA

ASPECTOS POSITIVOS

- Buena isóptica sugiere buena línea audiovisual.
- Control de clima por medio de aire humidificado.
- Óptima ubicación de cabina de audio.
- Personal capacitado.

ASPECTOS NEGATIVOS

- Con la última remodelación acústica dejaron ecos.
- Se detecta mayor variación de respuesta de frecuencia al fondo en las esquinas.
- El sistema de audio tardó mucho en actualizarse, está oculto y eligieron el barato dejando de lado las necesidades de las producciones artísticas actuales locales nacionales e internacionales.



Fig. 145, Cabina de audio teatro Morelos



Fig. 146, Croquis de localización

UBICACIÓN

Avenida Río Churubusco # 79
Colonia Country Club, Coyoacán
Distrito Federal.

El Teatro de las Artes se encuentra dentro del CENTRO NACIONAL DE LAS ARTES fundado en 1994, impulsa programas artísticos y forma públicos para las artes capaces de entrar en contacto con la obra de artistas en formación, nacionales e internacionales de reconocida trayectoria.

CONTEXTO INMEDIATO

Lo rodean la escuela superior de música, la escuela nacional de pintura escultura y grabado, la torre de investigación y la avenida Río Churubusco para rápida inserción de utilería; aislado por pasillos y jardines obtiene el aislamiento acústico de las dinámicas a la sala.



Fig. 150, Avenida Río Churubusco



Fig. 148, Escuela nacional de pintura



Fig. 149, Escuela superior de música



Fig. 151, Torre de investigación, Cenart



Fig. 147, Teatro de las artes

LEVANTAMIENTO

ARQUITECTÓNICO

El teatro de la Artes es de tipo italiano construido en acero, cristal y concreto armado, ocupa una superficie de 1945 metros cuadrados, cuenta con todos los accesos independientes para público, personal, actores, utileros y salidas de emergencia.

ACÚSTICA

Las dimensiones de la boca-escena son 14 metros de ancho, 8.30m de alto; la sala da cabida a 607 espectadores sentados de los cuales 338 fijos en luneta, 173 en galería, 96 movibles sobre el área de orquesta; la acústica es variable de acuerdo al tipo de evento tanto en sala como en escenario, cuentan con buena isóptica. La acústica es natural y variable, se ajusta a la necesidad del evento.

AUDIO

Su sistema electroacústico es un multicanal de 15 bocinas que se pueden ocultar en un evento de acústico. Cuentan con mezcladora digital y analógica además de equipo de grabación y reproducción.



Fig. 152, Sala teatro de las artes

EQUIPO DE APOYO

El teatro tiene subestación eléctrica más un generador de emergencias, una instalación de aire humidificado con sistema de inyección silencioso y control de temperatura.

Cuenta con un proyector de video de un cañón para múltiples formatos de señal de entrada, otro para diapositivas y una pantalla de 7.0 metros por 5.0m. La cabina baja es de audio, le sigue la cabina de iluminación y por último de proyección; tiene concha acústica para escenario, bodegas independientes para equipo de apoyo y descanso de personal, todos portan radios, todos los locales cuentan con interfono.

SISTEMA OPERATIVO

Las oficinas se localizan en otro edificio, el teatro opera con el siguiente personal:

1 electro-acústico	1 traspunte
4 iluminadores	1 utileros
4 video	1 vestuarista
5 tramoyas	1 jefe de foro

CONCLUSIÓN APLICATIVA

ASPECTOS POSITIVOS

- Buena integración de conjunto, excelente aislamiento acústico.
- Instalaciones especiales con norma internacional.
- Acústica variable solución óptima para un teatro con múltiples actividades.
- Personal técnico completo y capacitado.
- Dirección técnica.
- Mínima contaminación sonora de las instalaciones de apoyo.

ASPECTOS NEGATIVOS

- Cabina de audio cerrada

UBICACIÓN

Apoquindo # 3300
Las Condes, Región Metropolitana
Santiago, Chile.

Para el Bicentenario de Chile, Las Condes construyó un teatro de excelencia, el Teatro Municipal de Las Condes se levanta para ser testigo y patrimonio de las artes, del crecimiento y devenir de la ciudad.

LEVANTAMIENTO

SALA

El escenario tiene un ancho de boca entre 14 y 18m una altura de 7m. y con fondo de 12.60m cuenta con tres plataformas mecánicas, dos en el fondo y una en el foso de orquesta de 19 por 4.75m.

AUDIO

Para eventos amplificados, cuenta con 12 altavoces M'elodie, 2 subwoofers 700-HP, diez monitores UM-1P, y un sistema para el control de altavoces Galileo. El sistema "Constellation" combina la acústica natural de un espacio, con la tecnología para crear características acústicas óptimas para conferencia, teatro, musical o concierto, engloba 41 altavoces UPM-1P y MM-4XP, seis subwoofers UMS-SM, 16 micrófonos, 3 procesadores Constellation, los cuales emplean algoritmos VRAS patentados de Meyersound.



Fig. 153, Teatro municipal de las Condes

EQUIPO DE APOYO

Cuenta con un proyector de video en múltiples formatos de señal y pantalla de 8.5 m por 6.4 m; la iluminación consiste en una consola ETC modelo Congo, cuentan con 270 luminarias y 192 canales dimmers; tiene concha acústica.³¹

CONCLUSIÓN APLICATIVA

ASPECTOS POSITIVOS

- Buena integración de conjunto, excelente aislamiento y acondicionamiento acústico.
- Instalaciones especiales con norma internacional y tecnología de punta.
- Electroacústica de reverberación variable.



Fig. 154, Interior teatro municipal de las Condes

UBICACIÓN

Köydenpunojankatu 14
20100 Turku, finland.

Es un complejo cultural en una abandonada estación de tren, bodegas y fábricas se unen bajo el mismo techo para incorporar eventos sociales y culturales, talleres artísticos y foro de negocios; este magno complejo que ya está en funcionamiento se terminará de construir para el año 2014.

LEVANTAMIENTO

SALA

Este espacio se puede configurar desde 1100 butacas en un concierto de orquesta hasta 3500 espectadores en un concierto de música popular en cuestión de horas .

INSTALACIONES Y AUDIO

El sistema de audio y de electroacústica de reverberación variable se configura de acuerdo al evento y capacidad del foro, se actualiza instantáneamente con el toque de un botón, consta de 76 micrófonos, 223 bocinas y 12 subwoofers compactos, también tiene un tratamiento acústico complementario. Para eventos amplificados cuenta con 16 bocinas Mica, 12 Mina, 4 JM-1P, 8 subwoofers 600-HP, 6 UM-100P, 2 UM-1P ³²



Fig. 155, Logomo hall Finland

32. Logomo hall, <http://en.logomo.fi/>

CONCLUSIÓN APLICATIVA

ASPECTOS POSITIVOS

- Buena integración de conjunto, excelente aislamiento y acondicionamiento acústico.
- Instalaciones especiales con norma internacional y tecnología de punta.
- Electroacústica de reverberación variable.
- No requiere concha acústica.

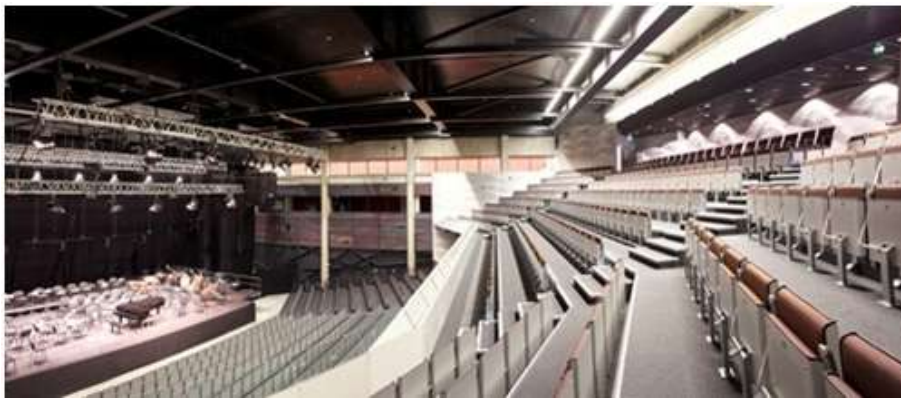


Fig. 156, Sala Logomo hall 1, 100 personas



Fig. 157, Sala Logomo hall capacidad 3,500 personas

MARCO FUNCIONAL

**AUDITORIO FACULTAD DE ARQUITECTURA
PROGRAMA GENERAL PROPUESTO
PROGRAMA OPERATIVO PROPUESTO
PERFIL OPERADORES
DISEÑO ELECTROACÚSTICO**



Fig. 158, Croquis de localización



Fig. 162, Vista norte



Fig. 161, Vista sur



Fig. 163, Vista este



Fig. 160, Vista oeste

UBICACIÓN

Facultad de Arquitectura
Ciudad Universitaria
Morelia, Michoacán.

El Auditorio sirve para la población universitaria y la sociedad en general, su principal política de uso es académico, se caracteriza de los demás foros de C.U. por tener una isóptica de grada; aquí es donde se realizan la mayoría de las actividades académicas y protocolarias de la Facultad de Arquitectura además de ocasionales eventos musicales y video-documentales.

CONTEXTO INMEDIATO

El Auditorio de la Facultad esta dentro del complejo principal de Arquitectura, le rodea un amplio margen de jardines y los edificios de: Escuela de Bellas Artes, Ingeniería Eléctrica, Tecnología de la Madera, Biblioteca central, Control Escolar y Planeación, Ingeniería Mecánica e Idiomas; existe un carril provisional de aproximación vehicular.



Fig. 159, Auditorio Facultad Arquitectura

ARQUITECTÓNICO

El Auditorio se forma por un partido de teatro italiano dentro del trazo de una elipse con paredes y cubiertas asimétricas, construido con acero y perfiles laminados para cubiertas y muros de exterior; en interior el acabado se da por un muro quebrado de tabla roca que sigue el trazado de la elipse. Cuenta con 2 accesos para público y 2 salidas de emergencia.



Fig. 164, Acceso principal

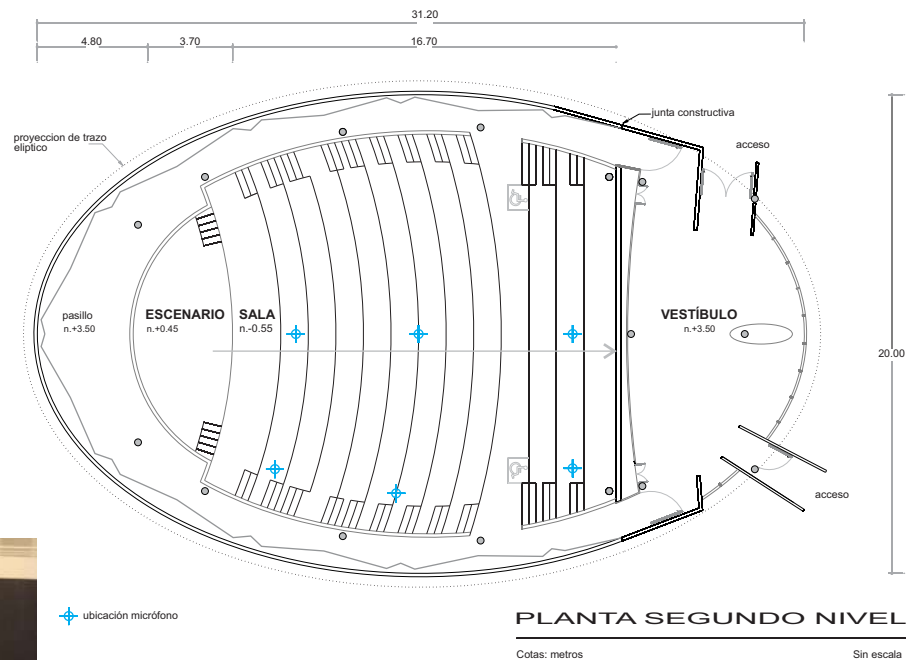


Fig. 167, Planta vestibulo, Auditorio Facultad Arquitectura



Fig. 165, Escenario



Fig. 166, Salida de emergencia

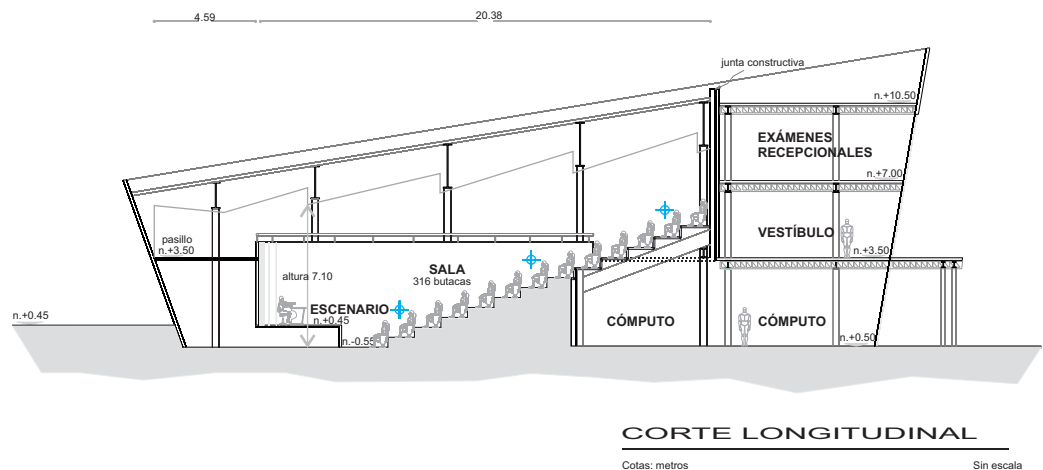


Fig. 168, Corte longitudinal, Auditorio Facultad Arquitectura

ACÚSTICA

El tiro más lejano desde el escenario es de 17m, la altura máxima en sala es de 7.10m y la mínima de 3m; el escenario mide 9.15m de ancho por 4.95m de fondo; el plafón tiene un trazado quebrado con lámina de yeso, el piso tiene un acabado de cemento requemado en pasillos, con alfombra en el área de butacas; el tiempo de reverberación es de: 2.99 segundos, el carácter tonal de la sala es de: 160hz y a 315hz con el ancho de una octava, el eco no se percibe por el alto nivel de reverberación.

La sala se beneficia del aislamiento que le da el conjunto de edificios y jardines Universitarios de las calles circundantes, así sus paredes pueden ser delgadas sin embargo cuando se logre la integración electroacústica será necesario medir la contaminación provocada por las actividades del Auditorio hacia el exterior.

Reverberación

En el modo de impulso de Smaart Live, se graba una fracción de tiempo, suficiente para cubrir el tiempo aproximado de reverberación, por medio de una liga se conecta el primer arribo con el nivel de fondo, de inmediato desglosa valores para una caída de 60 dB.

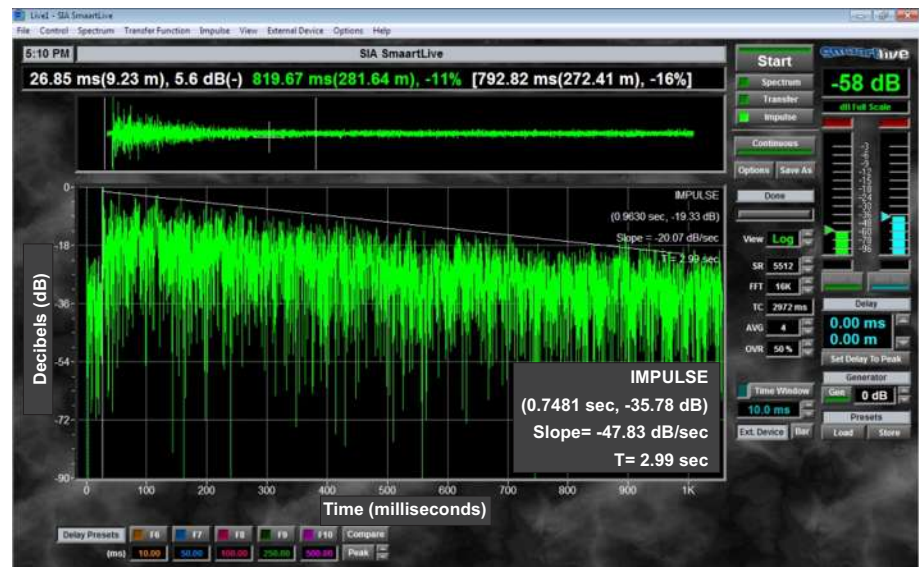


Fig. 169, Reverberación Auditorio, Smaart live

Referencia

La bocina que se usó tiene esta curva de respuesta de frecuencia, esta gráfica se vuelve a usar para comparar la respuesta de la sala.



Fig. 170, Respuesta de frecuencia de referencia, Smaart live

CERCA EJE**Tonal**

- Mayor coherencia, mediana erradicidad.
- Menor nivel de reflejos.
- Ecos ocultos en la reverberación.
- Erraticidad en FG.



Fig. 171, Medición cerca eje, Smaart live

MITAD EJE**Espacial**

- Mediana coherencia, menor erradicidad.
- Mediano nivel en reflejos.
- Amplificación de FG.



Fig. 172, Medición mitad eje, Smaart live

FONDO EJE**Tonal-Espacial**

- Menor coherencia, mayor erradicidad.
- Mayor nivel de reflejos.
- Refuerzo de frecuencias graves por reflejos tempranos.



Fig. 173, Medición fondo eje, Smaart live

PROMEDIO EJE

- Tiempo de reverberación para concierto de organo, (2.99 seg).
- Ecos ocultos en el nivel de reverberación.
- Carácter espacial sobrepasa la inteligibilidad de la voz.

Naranja cerca
Verde mitad
Magenta Fondo



Fig. 174, Medición promedio eje, Smart live



Fig. 175, Medición referencia, Smart live

CERCA EJE**Espacial**

- Mayor coherencia, mayor erradicidad.
- Menor nivel de reflejos.
- Ecos ocultos en la reverberación.
- Erraticidad en coherencia alcanza a las FM.



Fig. 176, Medición cerca pared, Smaart live

MITAD EJE**Espacial**

- Mediana coherencia, menor erradicidad.
- Mediano nivel en reflejos.

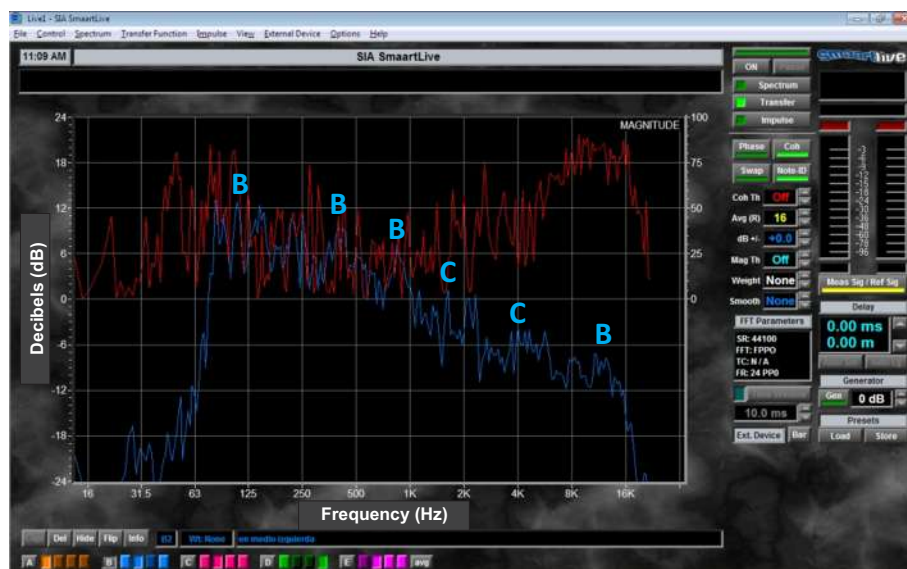


Fig. 177, Medición mitad pared, Smaart live

FONDO EJE**Espacial**

- Menor coherencia, mediana erradicidad.
- Mayor nivel de reflejos.
- Ecos ocultos en la reverberación.
- Máxima pérdida de FA.

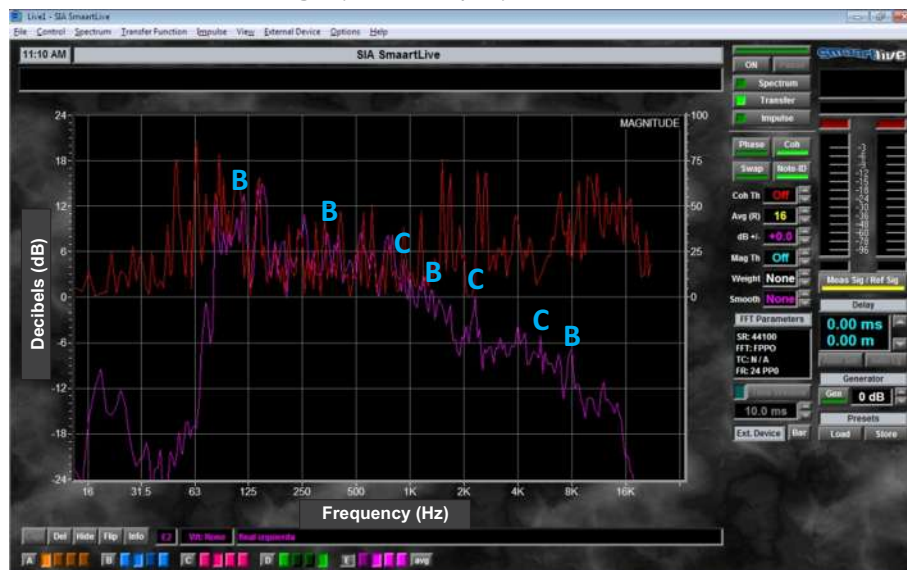


Fig. 178, Medición fondo pared, Smaart live

PROMEDIO PARED

- Tiempo de reverberación para concierto de organo 2.99 seg.
- Ecos ocultos en el nivel de reverberación.
- Caracter espacial sobrepasa la inteligibilidad de la voz.

Magenta cerca
Azul mitad
Lila Fondo



Fig. 179, Medición promedio pared, Smaart live



Fig. 180, Medición referencia, Smaart live



Fig. 181, Equipo de audio



Fig. 182, Detalle bocina plafón y salida aire



Fig. 183, Podio con micrófono

AUDIO

Su sistema de audio son 6 bocinas de plafón distribuidas en dos filas de 3 piezas. La mezcladora de audio maneja 4 canales de entrada por 2 de salida.

EQUIPO DE APOYO

El Auditorio tiene la capacidad eléctrica necesarias para el aire acondicionado e iluminación; cuenta con equipo de proyección para video, la pantalla es de 3.65m ancho, el control de iluminación es desde el tablero distribuidor, este se ubica en el vestíbulo. La cabina de audio está adaptada en la bodega de equipo de apoyo y utilería, para comunicación se usan radios con manos libres; la concha acústica es fija de mampostería.

SISTEMA OPERATIVO

Cuenta con un encargado de montaje, sonido, luces, clima y limpieza.

CONCLUSIÓN APLICATIVA

ASPECTOS POSITIVOS:

- Buena isóptica sugiere buena línea auditiva.

ASPECTOS NEGATIVOS:

- Se detectaron ecos en todo el rango de frecuencias audible.
- Reverberación para concierto de órgano y no para discurso.
- El sistema de audio no aplica para señales de audio distintas a la voz como canal de audio del video o música.
- Todo el perfil laminar que cubre la pared exterior crea vibraciones mecánicas audibles.
- El aire acondicionado no alcanza el nivel de butacas con Auditorio lleno.

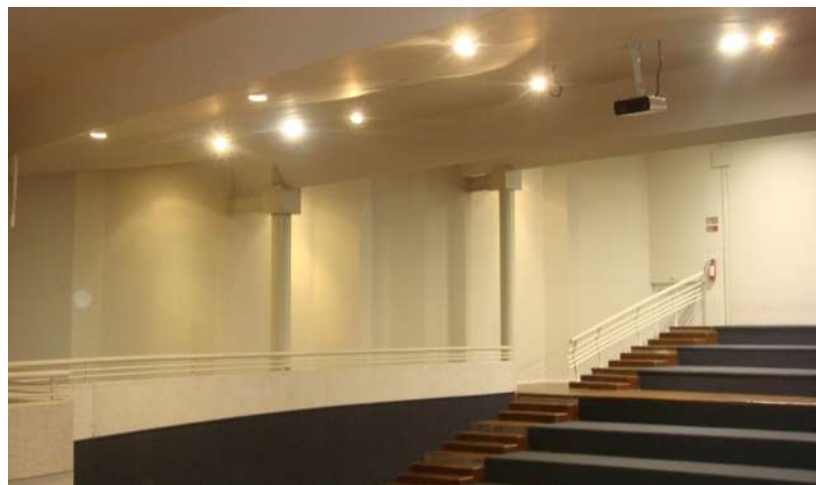


Fig. 184, Sala Auditorio Facultad Arquitectura

PROGRAMA GENERAL PROPUESTO



Fig. 185, Auditorio universitario

El Auditorio de la Facultad de Arquitectura tiene destinados todo tipo de eventos académicos, de protocolo así como ocasionales intervenciones musicales.

El diseño electroacústico deberá cubrir todas las necesidades que surjan, como pueden ser amplificación de voz, música y amplificación de señales de audio de un archivo de video de 7.1 canales, transmisión y/o recepción de eventos por frecuencia modulada o internet; cada evento tiene su propio requerimiento y podrá ser grabado en audio y video.

PROGRAMA OPERATIVO PROPUESTO

En un día de trabajo se reservará el Auditorio, esto en locales de la dirección, mientras en el Auditorio las actividades son de aseo, montaje y pruebas de audio como son: configuración del sistema de audio, captura de señales, grabación, transmisión y amplificación de señales en distintas mezclas en distintas zonas de la sala. A diferencia de una conferencia las pruebas de audio en un evento artístico aumentan en complejidad y tiempo, pero una conferencia con más de 20 micrófonos en tiempo real con señales por radio y/o internet más sincronía de video puede ser más complicada que una participación musical, esto es común en congresos.



Fig. 186, Festival internacional de guitarra

Las pruebas de audio y video deben anteceder al evento, sin prisa, cuando una señal no es revisada adecuadamente impactará durante el evento al grado de interrumpir la actividad. El montaje con supervisión debe anteceder a las pruebas, ya que aquí es donde se generan la mayoría de fallas técnicas posibles al evento.

A la hora de inicio (que debe contemplarse desde la recepción al Auditorio), el personal debe estar intercomunicado y sin tareas pendientes, listos para empezar; sincronía en todas las áreas involucradas: acceso, escenario y cabina, es la clave para el éxito en el evento.

Al final del evento es importante revisar cada canal de audio, video, de transmisión y captura, que se abrió para estar seguros que servirán la próxima fecha; se guarda toda parte de equipo ligero y delicado, se apaga el equipo en orden lógico primero altavoces seguido de periféricos y por último mezcladora, el encendido es en orden inverso primero mezcladora, segundo periféricos y por último bocinas; por último se tiene una junta de técnicos y encargado de Auditorio para analizar detalles que se hayan dado en el evento y planear el siguiente día de trabajo.



Fig. 187, Debate político

PERFIL OPERADORES

- 1 a 2 técnicos de audio
- 1 técnico de video e iluminación
- 1 jefe de técnicos (cualquiera de los anteriores)

Todo el personal debe apoyarse en mover utilería y aparatos de gran tamaño o peso, solo en la etapa de pruebas cada técnico es responsable de sus actividades, estar en sincronía con todas las partes que tienen que ver con el evento como coordinadores, expositores, artistas para recibir al público. El nivel escolar para los técnicos debe ser bachillerato técnico; además tener la capacitación como operador(es) del equipo armado.

DISEÑO ELECTROACÚSTICO

En un orden constructivo se describen primero los cambios arquitectónicos, seguido de los acústicos y por último el sistema de audio.

ARQUITECTÓNICO

Se ampliará el escenario para mejorar la profundidad de campo visual de todas las butacas, se bajará el nivel de piso hasta primer fila, de requerirse un montaje con niveles se trabajarán tarimas según diseño para el evento.

Se crearán bodega de equipo de apoyo y una más de utilería, el control de humedad y temperatura para las bodegas es vital para la durabilidad del equipo, se debe tener control de los accesos a bodegas debido al cuidado y costo del equipo.

Se crearán dos cabinas, una para audio en sala y otra para proyección en segundo piso, se recomienda tener acceso a cabinas desde control de bodegas y poder llegar hasta azotea con monta carga para mantenimiento de las instalaciones.

ACÚSTICO

En *aislamiento* de interior a exterior se deberá alcanzar un nivel de 40 a 45 dB SPL en el momento más alto del evento dentro del Auditorio, de exterior a interior deberá ser menor a 30dB SPL.

El *tiempo de reverberación* según Leo Beranek deberá ser: de 0.8 a 1.6 segundos y libre de ecos a cualquier frecuencia. Convertir el Auditorio en una cámara muerta acústicamente sería una impresión antinatural a todos los usuarios, se debe bajar la reverberación hasta que acomode con el sistema de audio.

La *respuesta de frecuencia* de la sala deberá tener una caída natural hacia las frecuencias agudas y el tono grave no deberá durar más que el tiempo máximo de reverberación, recordar que se trata de un Auditorio con el 95% de los eventos a realizar con micrófonos y bocinas.

AUDIO

Una imagen sonora que ubique al exponente en el lugar donde se encuentra físicamente, se tiene ventaja con la forma y proporción del Auditorio ya que se podrá tener una *imagen estéreo* en la mayoría de las butacas.

Máxima *presión sonora SPL* permitida para lograr las impresiones sonoras deseadas en el evento, pero sin dañar los oídos del espectador ni al equipo de sonido, por ley y salud no se debe rebasar los 100dB SPL ni exponer a ese nivel por más de 30 minutos.

La música en vivo y el cine alcanzan el rango dinámico más amplio, considerando que un declamador puede rebasar esa amplitud en volumen no tiene el mismo rango de frecuencias ni el tiempo de duración; es libertad artística del exponente manejar esa dinámica de volumen de acuerdo a su programa durante el evento y responsabilidad del operador de audio de que no rebase el límite ni lastime el equipo.

Multicanal, una voz requiere de un canal de amplificación, a veces 3 para ubicar la imagen sonora con la fuente, señales de audio grabado ocupan 2 canales más un refuerzo de FG, video documentales se están haciendo en formato de blu-ray y alcanzan 7.1 canales.



Fig. 188, Sala de cine flotante, Tailandia 2012

Respuesta de frecuencia del sistema de audio deberá ser plano en el rango de frecuencias de 1 khz hasta 4 khz debido a que ahí es donde detectamos a oído la diferencia entre “veo” y “creo” inteligibilidad, para el cuerpo de la voz que se da en el medio-grave se puede apoyar de la acústica del Auditorio; para un eficiente manejo del sonido es recomendable el aislamiento del escenario de las frecuencias subsónicas, esto evita la contaminación de micrófonos que provocan cancelación y acople (biseo), en este caso el ecualizador no ayuda.

ILUMINACIÓN

Se propone un control digital en cabina programable con capacidad de graduar la intensidad de cualquier luminaria en el auditorio, en otro aspecto se tendrán las luminarias típicas de un escenario de teatro sólo con el fin de resaltar a los exponentes acompañados de una escenografía alusiva al evento.

VIDEOPROYECCIÓN

Ampliando el escenario se mejora el campo visual, permitirá acomodar la imagen arriba, abajo o a la izquierda, derecha del escenario, mayor espacio dará mayor plasticidad y relajamiento de los elementos compuestos en la construcción del evento permitiendo al espectador una mejor percepción de la información auditiva y visual; con una cabina en segunda planta y un sistema electroacústico multicanal es posible la realización de eventos especiales como cine, los requerimientos especiales de proyector digital y pantalla están previstos en la modificación arquitectónica.



Fig. 189, Videoconferencia

DIAGRAMA DE CONEXIONES

Para empezar, en el escenario un micrófono capta una señal acústica y la convierte en eléctrica análoga, por medio de un cable se conecta al rack DiGiCo, aquí se convierte esa señal en digital, a través de un cable llegan todas las señales captadas en el escenario a la mezcladora ubicada en cabina, aquí se agregan otras señales y procesos de audio a distintas mezclas de salida, a través de otro rack en cabina se convierten las señales de digital a análogas para llegar a su respectiva bocina o se mantienen en digital para su siguiente etapa de proceso, aquí se ubican los procesadores Galileo 408 donde se realizaron los ajustes necesarios para la integración de las distintas bocinas del Auditorio, al salir del procesador las señales son análogas, los canales Central, Izquierdo, Derecho, Frontal y Subwoofer se distribuyen desde cabina a escenario por medio de la medusa para señales análogas, los canales Envoltente se conectan directamente a las fuentes de poder MPS-488HP, este aparato entrega señal y corriente directa por medio de un cable Belden de 5 hilos a través de un conector Phoenix 5 polos, se recomienda un calibre superior a 18awg para lograr distancias mayores a 100mts sin pérdida de señal.

Es en cabina donde se ubica el reproductor de blu-ray y se conectan sus 8 salidas de audio al MiNiRack así como micrófono de cabina, reproductor y grabador de audio.

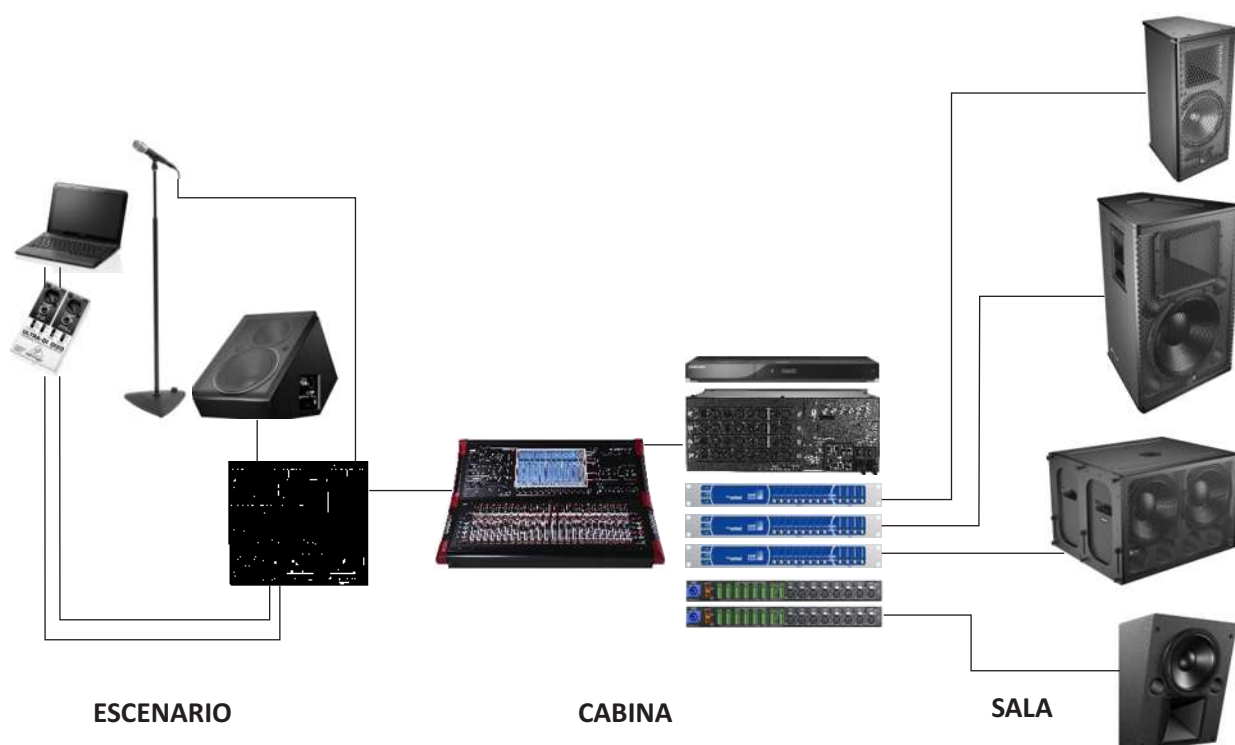


Fig. 190, Diagrama general de audio

LISTAS DE ENTRADA Y SALIDA DE SEÑALES

Entradas
(INPUTS)

Los canales de conexión directa son fijos y se ubican en cabina de audio, los canales variados son en escenario, por ejemplo una banda de jazz.

INPUT DIRECTO		
canal	nombre	puerto
1	LEFT blu-ray	MiNiRack
2	CENTER b-r	MiNiRack
3	RIGHT b-r	MiNiRack
4	SURROUND L b-r	MiNiRack
5	SURROUND R b-r	MiNiRack
6	BACK L b-r	MiNiRack
7	BACK R b-r	MiNiRack
8	SUBWOOFER b-r	MiNiRack
9	Micrófono Talk-back	Mezcladora
10	LEFT Lap-Top	Mezcladora
11	RIGHT Lap-Top	Mezcladora
12	LEFT reproductor	Mezcladora
13	RIGHT reproductor	Mezcladora

Fig. 191, Señales de entrada fija

INPUT VARIADO		
canal	nombre	puerto
1	BAJO ELÉCTRICO	DiGiRack
2	BOMBO	DiGiRack
3	TOM	DiGiRack
4	TAROLA	DiGiRack
5	CANTRATIEMPO	DiGiRack
6	OVER L	DiGiRack
7	OVER R	DiGiRack
8	VOZ	DiGiRack
9	GITARRA	DiGiRack
10	TUBA	DiGiRack
11	TECLADO L	DiGiRack
12	TECLADO r	DiGiRack

Fig. 192, Señales de entrada variada

Salidas (OUTPUT
VARIADO)

Los canales de conexión variado dependen del evento y se ubican en el escenario, el ejemplo es una banda de jazz de 4

OUTPUT VARIADO		
canal	nombre	puerto
1	CABINA Left	Mezcladora
2	CABINA Right	Mezcladora
3	MONITOR 1	DiGiRack
4	MONITOR 2	DiGiRack
5	MONITOR 3	DiGiRack
6	MONITOR 4	DiGiRack
7	MONITOR 5	DiGiRack
8	MONITOR 6	DiGiRack
9	OUT rec left	Mezcladora
10	OUT rec right	Mezcladora
11	OUT transmisión L	MiNiRack
12	OUT transmisión R	MiNiRack

Fig. 193, Señales de salida variada

Salidas (OUTPUT
DIRECTO)

Los canales de conexión directo son fijos, la asignación de cada canal de entrada a los de salida son asignables y

OUTPUT DIRECTO							
canal	nombre	puerto	GALILEO	MEDUSA	OUTPUTS	BOCINA	PIEZAS
1	LEFT	MiNiRack	sí	Análoga	1 UPQ-2		1
2	CENTER	MiNiRack	sí	Análoga	1 UPQ-1		1
3	RIGHT	MiNiRack	sí	Análoga	1 UPQ-2		1
4	FRONT FILL	MiNiRack	sí	Análoga	2 UP Junior		4
5	SUBWOOFER	MiNiRack	sí	Análoga	4 500-HP		8
6	SURROUND Left	MiNiRack	sí	Fuente poder	4 HMS-10		4
7	SURROUND Right	MiNiRack	sí	Fuente poder	4 HMS-10		4
8	BACK Left	MiNiRack	sí	Fuente poder	2 HMS-10		2
9	BACK Right	MiNiRack	sí	Fuente poder	2 HMS-10		2

Fig. 194, Señales de salida fija

DIAGRAMA DE CONEXIONES

SISTEMA RANGO COMPLETO

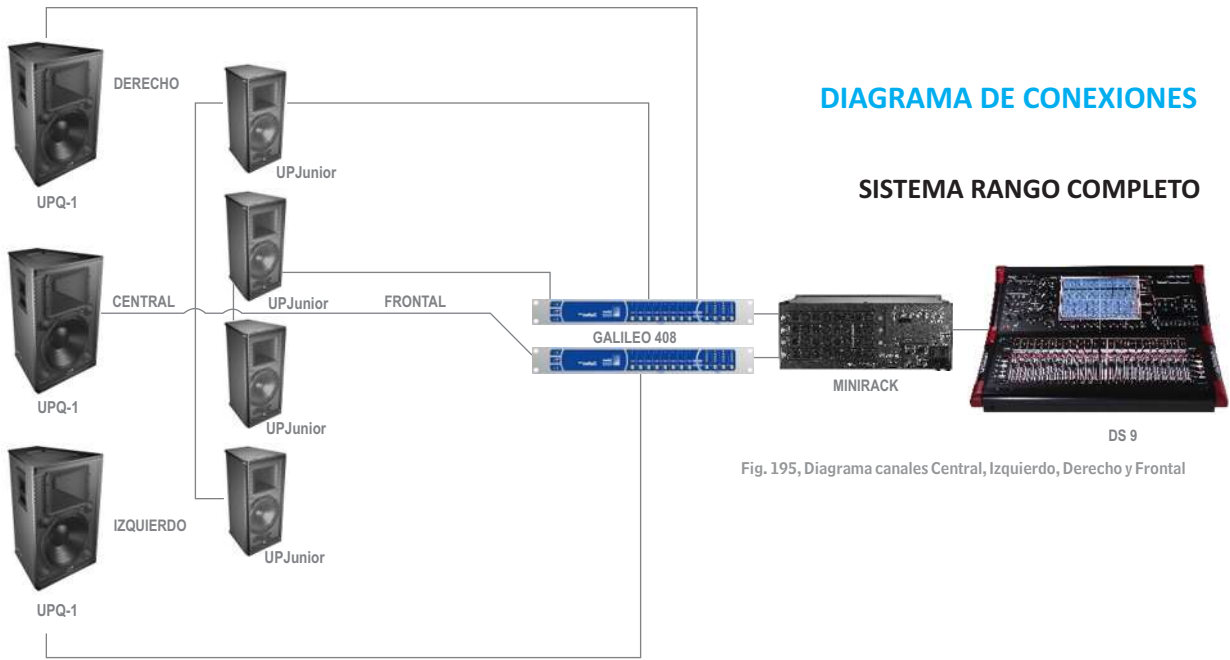


Fig. 195, Diagrama canales Central, Izquierdo, Derecho y Frontal

SISTEMA SUBWOOFER



Fig. 196, Diagrama canal Subwoofer

SISTEMA ENVOLVENTE

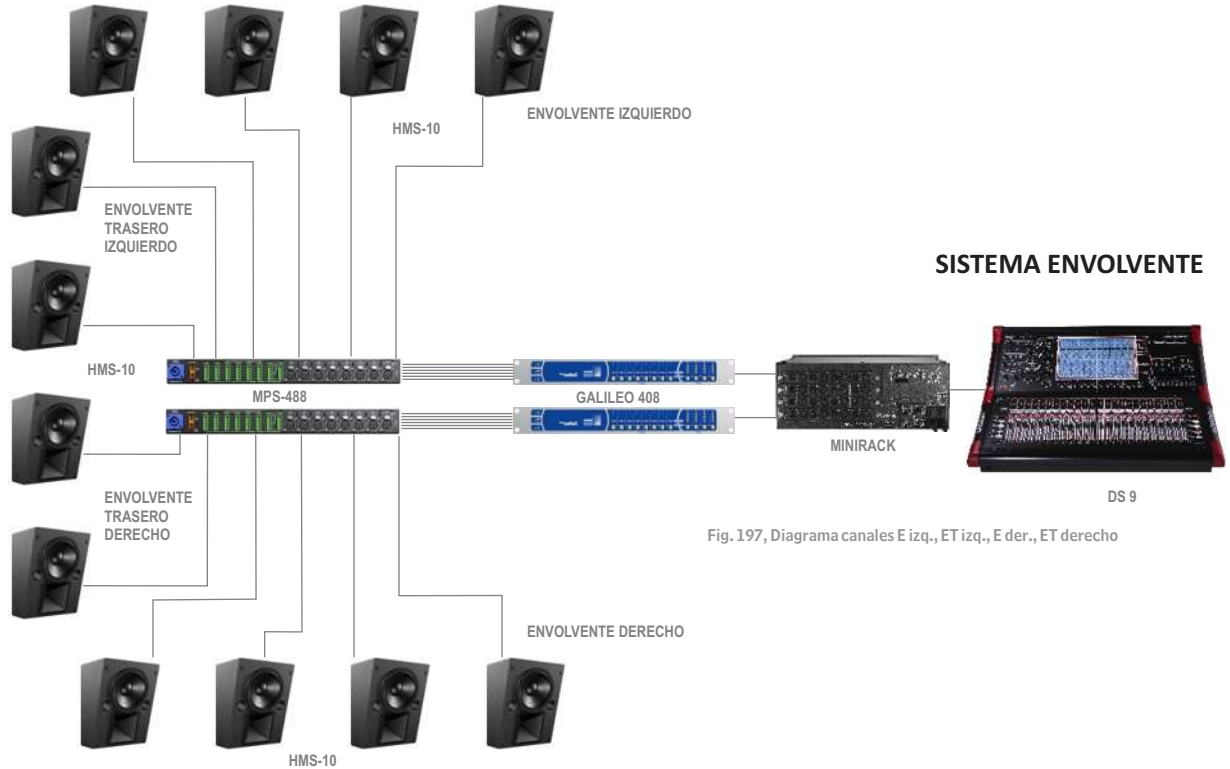


Fig. 197, Diagrama canales E izq., ET izq., E der., ET derecho

Este listado se armó con el equipo de mayor prestigio y calidad en el mundo, es completo y portable, permite eventos desde 1 micrófono hasta cine pasando por un concierto de una banda de 6 músicos promedio; alcanza 100dB sin distorsión y tiene una resouesta de frecuencia de 30hz-18.5khz.

LISTA EQUIPO DE AUDIO PROPUESTO

LISTA	CONCEPTO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	BOCINA RANGO COMPLETO	UPQ-1P	MEYERSOUND	4
2	BOCINA RANGO COMPLETO	UP Junior	MEYERSOUND	4
3	BOCINA SUBWOOFER	500-HP	MEYERSOUND	8
4	BOCINA RANGO COMPLETO	HMS-10	MEYERSOUND	12
5	FUENTE DE PODER	MPS-488 HP	MEYERSOUND	2
6	SIST. DE MONITOR REMOTO	RMS	MEYERSOUND	1
7	PROCESADOR DE BOCINAS	GALILEO 408	MEYERSOUND	3
8	MEZCLADORA DIGITAL	DS9	DIGICO	1
9	MEDUSA DIGITAL 56 envíos, 24 retornos	DIGIRACK	DIGICO	1
10	MEDUSA DIGITAL 8 envíos, 8 retornos, 8 digitales	MINIRACK	DIGICO	1
11	MEDUSA ANÁLOGA 8 envíos, 16 retornos	personalizada	WHIRLWIND	1

Fig. 198, Lista equipo de audio propuesto

LISTA EQUIPO DE APOYO PROPUESTO

LISTA	CONCEPTO	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	MONITOR DE PISO	UM-1P	MEYERSOUND	2
2	MONITOR DE PISO	UM-100P	MEYERSOUND	2
3	MICRÓFONO	SM-58	SHURE	4
4	MICRÓFONO	CVG18	SHURE	2
5	MICRÓFONO	SM-57	SHURE	4
6	MICRÓFONO	BETA-57	SHURE	2
7	MICRÓFONO	BETA-56	SHURE	2
8	MICRÓFONO	BETA-52	SHURE	1
9	MICRÓFONO	BETA-91	SHURE	1
10	MICRÓFONO	WB98 H/C	SHURE	2
11	MICRÓFONO	MX 153	SHURE	2
12	MICRÓFONO	SM-27	SHURE	2
13	MICRÓFONO	SM-81	SHURE	3
14	MICRÓFONO INALÁMBRICO	UR124D+/SM58	SHURE	2
15	MONITOR INALÁMBRICO	PSM 900	SHURE	2
16	BASE PARA MICRÓFONO recta	PRO-SB	ULTIMATE	2
17	BASE PARA MICRÓFONO con brazo	PRO-T-F	ULTIMATE	6
18	BASE PARA MICRÓFONO con brazo pequeña	PRO-T-SHORT-F	ULTIMATE	2
19	BASE PARA MICRÓFONO para escritorio	JS-DMS75	ULTIMATE	4
20	BASE PARA MICRÓFONO con ménsula	LP592A	LP	4
21	BASE PARA BOCINA	TS-110BL	ULTIMATE	4
22	ADAPTADOR PARA BOCINA	BMB-200K	ULTIMATE	4
23	PARRILLA PARA BOCINA	MG-M'ELODIE	MEYERSOUND	2
24	PATINETA PARA SUBWOOFER	MCF-500	MEYERSOUND	2
25	POLIPASTO			2
26	ELEVADOR TELESCÓPICO	SLA-20	GENIETOWER	2
27	MEZCLADORA ANÁLOGA	EFX8	SOUNDCRAFT	1
28	MEZCLADORA ANÁLOGA	UBX8	BEHRINGER	1
29	CAJA DIRECTA	MAGNUM D.I.	BBE	2
30	CAJA DIRECTA	ULTRA DI	BEHRINGER	2
31	REPRODUCTOR BLU-RAY 7.1 canales			1
32	REGULADOR/ACONDICIONADOR DE VOLTAJE	P-1800 AR	FURMAN	5
33	REG./ACOND. RESPALDO DE VOLTAJE	F 1500-UPS	FURMAN	1
34	DISTRIBUIDOR DE VOLTAJE	ACD-100	FURMAN	4

Fig. 199, Lista equipo de apoyo propuesto

DESCRIPCIÓN EQUIPO PROPUESTO



Fig. 200, Bocina UPQ-1P, Meyersound

UPQ-1P Meyersound 4 piezas

Bocina trapezoidal de cobertura amplia para canal central, cuenta con 1275w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 60-16khz

-6dB Cobertura: 80° horizontal, 50° vertical.

Cono frecuencias graves: 15".

Diafragma frecuencias agudas: 4".

Soportes: colgable y tripie.

Máximo SPL: 136dB.

Peso: 49 kilogramos.

Dimensiones: alto 71.8cms, ancho 48.3cms, fondo 46.2cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.5amps, continuo 4.0amps, programa 8.0amps, pico 20amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET.



Fig. 201, Bocina UP Junior, Meyersound

UP JUNIOR Meyersound 4 piezas

Bocina trapezoidal de cobertura amplia para canal frontal, cuenta con 300w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 76-18khz

-6dB Cobertura: 80° horizontal, 50° vertical rotatable 90°.

Cono frecuencias graves: 8".

Diafragma frecuencias agudas: 2".

Soportes: colgable, tripie y ménsula.

Máximo SPL: 126dB.

Peso: 12.7 kilogramos.

Dimensiones: alto 48.35cms, ancho 22.86cms, fondo 25.9cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.5amps, continuo 2.5amps, programa 3.0amps, pico 15amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET.

Accesorio: MUB-UP Junior mensula.



Fig. 202, Bocina 500-HP, Meyersound

500-HP Meyersound 8 piezas

Bocina rectangular de frecuencias subsónicas para dicho canal, cuenta con 2x900w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 36-130hz

Cobertura: omnidireccional.

Cono frecuencias graves: 2x12".

Soportes: colgable y base para poste.

Máximo SPL: 135dB.

Peso: 74.4 kilogramos.

Dimensiones: alto 46.3cms, ancho 71.8cms, fondo 57.2cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.5amps, continuo 9.0amps, programa 18.0amps, pico 40amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET.



Fig. 203, Bocina HMS-10, Meyersound

HMS-10 Meyersound 12 piezas

Bocina rectangular en cuña de cobertura amplia para canales envolvente, cuenta con 300w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 58-17.5khz

-6dB Cobertura: 80° horizontal, 80° vertical.

Cono frecuencias graves: 10".

Diafragma frecuencias agudas: 2".

Soportes: empotrable.

Máximo SPL: 126dB.

Peso: 13.2 kilogramos.

Dimensiones: alto 49.5cms, ancho 39.4cms, fondo 31.7cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.5amps, continuo 2.0amps, programa 3.3amps, pico 4.5amps @ 120 volts.

Conexiones: señal y corriente PHOENIX 5 polos.



Fig. 204, Fuente MPS-488 HP, Meyersound

MPS-488 HP Meyersound 2 piezas

Fuente de poder externa recibe corriente alterna a 120volts y distribuye corriente directa a 48volts para un máximo de 8 bocinas de bajo voltaje. También recibe hasta 8 señales independientes de audio y las distribuye en un cable de 5 hilos junto con la corriente directa.

Peso: 6.6 kilogramos.

Dimensiones: alto 4.394cms, ancho 48.26cms, fondo 34.87cms. Alto 1E, ancho 19".

Consumo eléctrico: encendido 1.2amps, continuo 4.15amps, programa 6.2amps, pico 20amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET, salidas PHOENIX 5polos

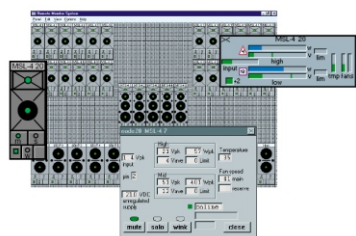


Fig. 205, RMS, Meyersound

RMS Meyersound

Sistema de monitoreo remoto, conecta una computadora con todas la bocinas que tengan el puerto de RMS, con el uso de un adaptador Echelon U10 USB 2.0-ETHERNET se puede monitorear el funcionamiento de hasta 50 bocinas, con el uso de repetidoras se alcanza más de 100 bocinas. RMS actualiza el estado de las bocinas en datos como dB de señal, voltaje de alimentación, watts de amplificación, temperatura de bocinas y amplificadores entre otros de 2 a 5 veces por segundo, puede mutear selectivamente las bocinas para checar problemas de instalación.



Fig. 206, Galileo 408, Meyersound

GALILEO 408 Meyersound 3 piezas

Procesador de bocinas de 4 entradas por 8 salidas asignables todas con todas, manejan entradas de señal análoga como digital. Opera con la ayuda del programa COMPASS Meyersound que puede cargarse a una computadora y ser operado por red inalámbrica.

Procesos: Ecualización gráfica, paramétrica y true shape por cada entrada y salida.

Retardo para cada entrada y salida.

Ganancia por cada entrada y salida.

Polaridad para cada salida.

All pass filters por cada salida.

Lo pass filter por cada salida.

Extras: conexión directa a Sim3.

Peso: 8.7 kilogramos.

Dimensiones: alto 4.394cms, ancho 48.26cms, fondo 38.7cms. Alto 1E, ancho 19".

Consumo eléctrico: 0.5amps @ 120 volts.

Conexiones: señal entradas y salidas XLR, corriente POWERCON. ³³



Fig. 207, Mezcladora digital Ds9, Digico

DS9 DiGiCo 1 pieza

Mezcladora digital para audio con pantalla táctil de 15" y 24 deslizadores para volumen individual reales.

Procesos: Ecualización gráfica y paramétrica por cada entrada y salida.

Retardo para cada entrada y salida.

Ganancia por cada entrada y salida.

Polaridad para cada salida.

All pass filters por cada salida.

Lo pass filter por cada salida.

Extras: conexión directa a Sim3, se recomienda usar con la mezcladora monitor, teclado y puntero externos.

Peso: 36.0 kilogramos.

Dimensiones: alto 26.2cms, ancho 87.8cms, fondo 78.5cms.

Consumo eléctrico: 208watts @ 90-264 volts, 47-63hz.

Conexiones: señal de entradas y salidas análogas y digitales XLR, corriente EDISON, envío y retorno de todos los canales digitales BCN y MADI. ³⁴

33. Meyersound, productos, [<http://www.meyersound.com/products-index>]

34. Digico, productos, [http://www.digico.biz/docs2/about/console_lineup.shtml]

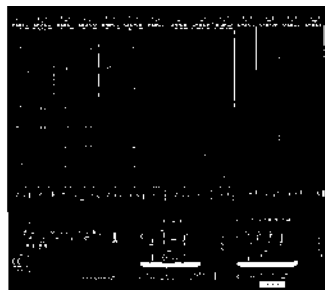


Fig. 208, Medusa digital Digirack, Digico

DiGiRack DiGiCo 1 pieza

Rack estándar de recepción de micrófonos y señales de audio por línea como un teclado o una laptop previamente balanceadas, recibe señales análogas y las convierte en digitales para después enviarlas a la mezcladora DiGiCo SD9, después de trabajar en la DS9 se regresan las mezclas de salida por el mismo cable digital y se convierten de nuevo en análogas para ser re-mezcladas o procesadas y amplificadas; permite hasta 56 entradas por 56 salidas.

Extras: Se pueden repetir todos los canales de entrada a otra mezcladora para mezclas de monitores, grabación y transmisión por FM o internet por medio de un splitter digital.

Consumo eléctrico: 4.0amps @ 120 volts.

Conexiones: señal de entradas y salidas análogas XLR, corriente EDISON, envío y retorno digital BNC.



Fig. 209, Medusa digital Minirack, Digico

MiniRack DiGiCo 1 pieza

Rack estándar de recepción de micrófonos y señales de audio por línea como un teclado o una laptop previamente balanceadas, recibe señales análogas y las convierte en digitales para después enviarlas a la mezcladora DiGiCo SD9, después de trabajar en la DS9 se regresan las mezclas finales por el mismo cable digital y se convierten de nuevo en análogas para ser re-mezcladas o procesadas y amplificadas; permite hasta 16 entradas por 16 salidas.

Extras: Se pueden armar salidas de audio digitales para procesadores de entrada digital como el Galileo 408 por conectores XLR de esta manera no se pierde calidad ni se provoca mayor latencia por cada conversión extra no necesaria.

Consumo eléctrico: 2.0amps @ 120 volts.

Conexiones: señal de entradas y salidas análogas XLR, corriente EDISON, envío y retorno digital BNC.³⁵



Fig. 210, Medusa análoga, Whirlwind

Medusa Whirlwind 1 pieza

Rack estándar de recepción de micrófonos y señales de audio análogos como las señales de salida de los procesadores de audio Galileo408, recibe señales análogas y las hace llegar al escenario para su consecuente distribución a las bocinas amplificadas. Se puede pedir la configuración que sea necesaria, en este caso será una medusa de 24 retornos y 8 envíos, todo en XLR.

MARCO FORMAL

DISEÑO ELECTROACÚSTICO
CRITERIOS DE INSTALACIÓN
CRITERIOS DE OPERACIÓN
EQUIPO DE APOYO

El Auditorio de la Facultad de Arquitectura deberá adaptar sus instalaciones y espacio conforme las actividades lo marquen, he aquí la propuesta arquitectónica

ARQUITECTÓNICO PROPUESTO

ESCENARIO

El primer pasillo se extenderá hasta muro perimetral, ese será el escenario y se tendrán tarimas armables, movibles de distintas alturas que cubran el escenario de acuerdo al evento, se recomiendan alturas de 30 o 60 cms.

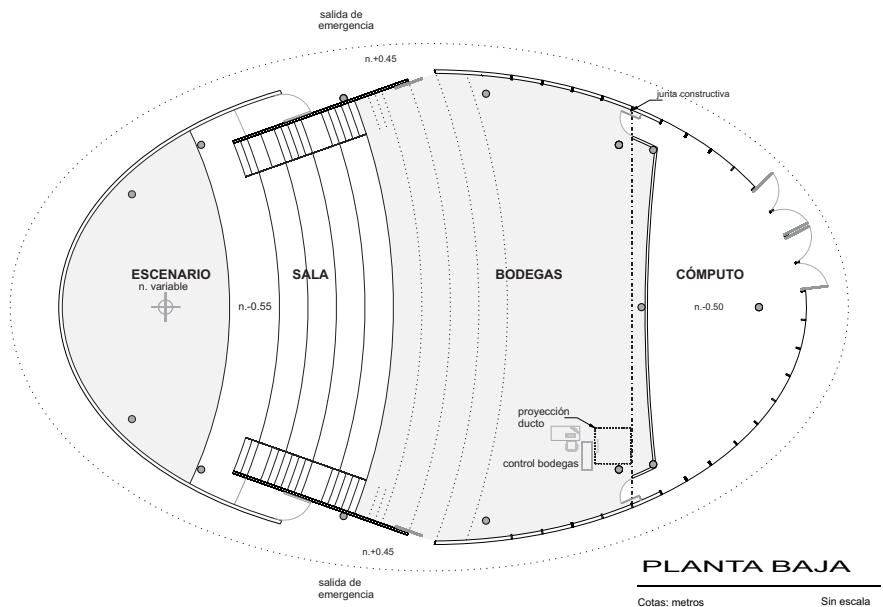


Fig. 211, Remodelación planta baja

BODEGAS

Bajo grada del Auditorio se acondicionarán 2 bodegas con control de acceso, la primera de menor área servirá para el equipo de apoyo de audio por lo tanto deberá tener control de clima y mínima humedad, la segunda de mayor espacio servirá para la utilería así como estructuras de tarimas y soportes para un montaje en patio.

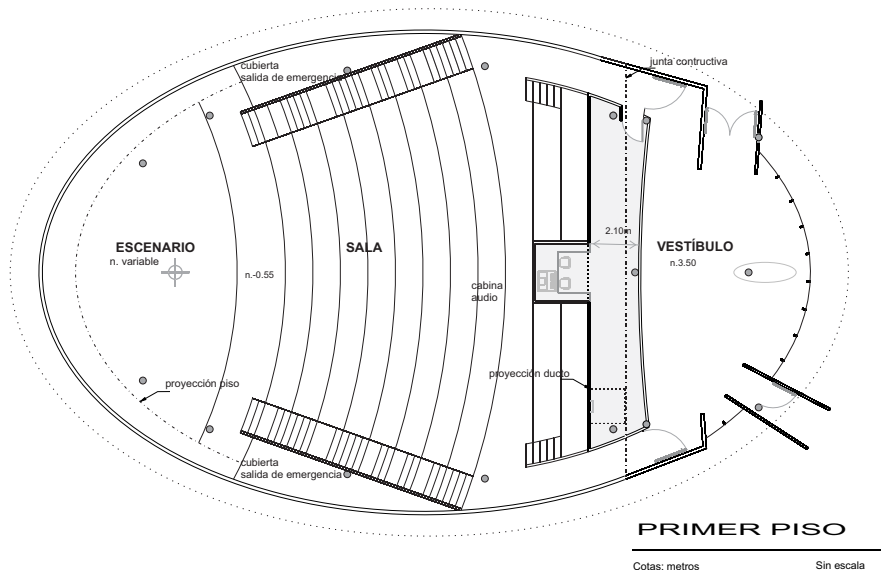


Fig. 212, Remodelación primer piso

CABINAS

Se crearán 2 cabinas la primera de audio, se ubicará en sala al fondo, será descubierta y albergará la mezcladora de audio más periféricos y aparatos de reproducción y grabación; tendrá el espacio para 2 operadores más un invitado que sea parte del evento, se proyecta el manejo del sistema de iluminación desde esta cabina así como de video.

La segunda cabina de proyección, servirá para un proyector digital de cine más 2 cañones seguidores, por estar en el piso de exámenes recepcionales se puede usar de bodega pronta de equipo electrónico de dicha área.

Se recomienda una comunicación vertical entre cabinas, bodegas y azotea así como de control de temperatura y humedad silencioso; estas

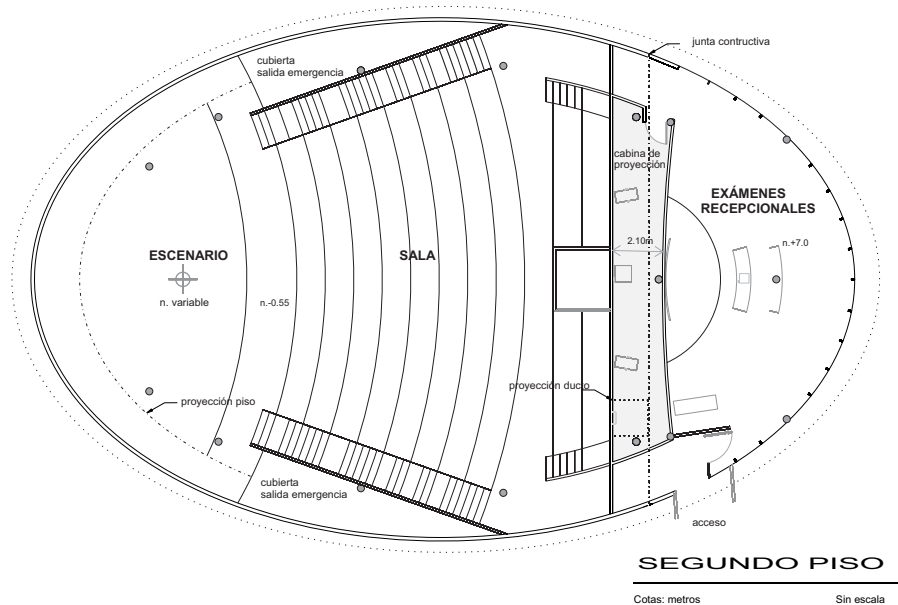


Fig. 213, Remodelación segundo piso

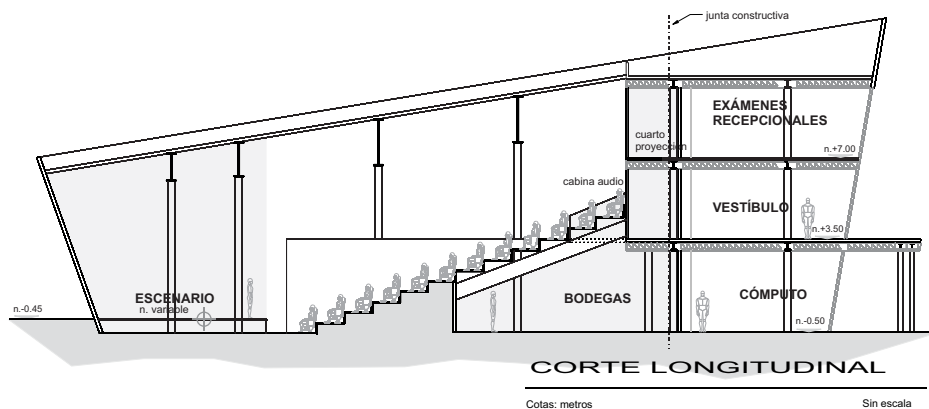


Fig. 214, Remodelación corte longitudinal

ACÚSTICO PROPUESTO

ACONDICIONAMIENTO

El tiempo de reverberación del Auditorio de la Facultad de Arquitectura es de 3 segundos, con un fuerte carácter tonal en las frecuencias graves (FG), múltiples ecos en todo el espectro sonoro se ocultan en la bruma de la reverberación; por lo tanto se recomienda un tratamiento completo que incluya juntas acústicas a la lámina que compone la superficie exterior del Auditorio esto eliminará vibraciones mecánicas que lleguen a ser audibles, un material sea fibra de vidrio de alta densidad y espesor para recubrir por dentro dicho cerramiento, nos dará control de temperatura y absorción acústica. Se volverá a armar la membrana interior con una separación de la superficie exterior de ser posible de 60 cms para lograr absorción en frecuencias graves que tenga ranuras y con máxima difusión del sonido que incida en la superficie del material, por ejemplo el acabado de interior del Auditorio Nacional.

Lograr un nivel de reverberación de .8 de segundo, eliminación total de ecos y una respuesta tonal igual pero a menor decibel y tiempo de duración que permita escuchar la separación entre dos golpes de bombo o dos notas de un bajo eléctrico es el objetivo acústico para la integración del sistema de audio.

ASLAMIENTO

Con el tratamiento acústico interno, se espera tener la reducción en decibeles necesaria a exterior del Auditorio para la actividad diaria en la Facultad de Arquitectura

Medición pasillo dirección

- Reducción de 26 dB SPL.
- Mediana coherencia en 200hz.
- De lograrse 100 dB de SPL, se tendrán 74 dB SPL en pasillo, no aceptable.

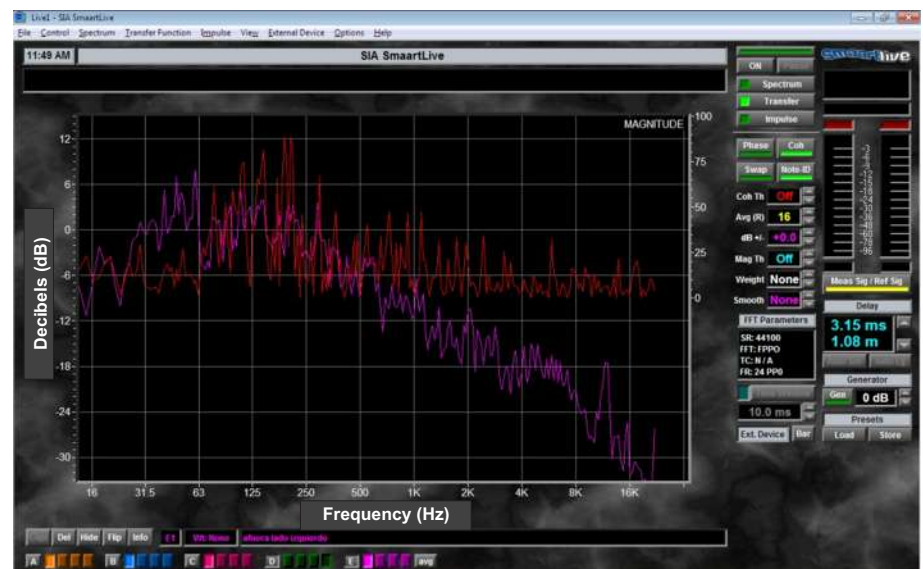


Fig. 215, Medición pasillo dirección

TRATAMIENTO ACÚSTICO

A las paredes de lámina se aplicará una capa de poliuretano espreado en interior , ahogará el sonido de lámina y reducirá las vibraciones mecánicas; la capa de relleno será fibra de vidrio de baja densidad de 6 pulgadas, es opcional cubrir el material para el acabado, de hacerlo será un material delgado flexible y poroso; por último planos seriados a una distancia de 60 centímetros promedio de tubos de PVC (reellenos de poliuretano) de 4 pulgadas darán el carácter espacial con una reverberación menor al segundo de duración libre de ecos.

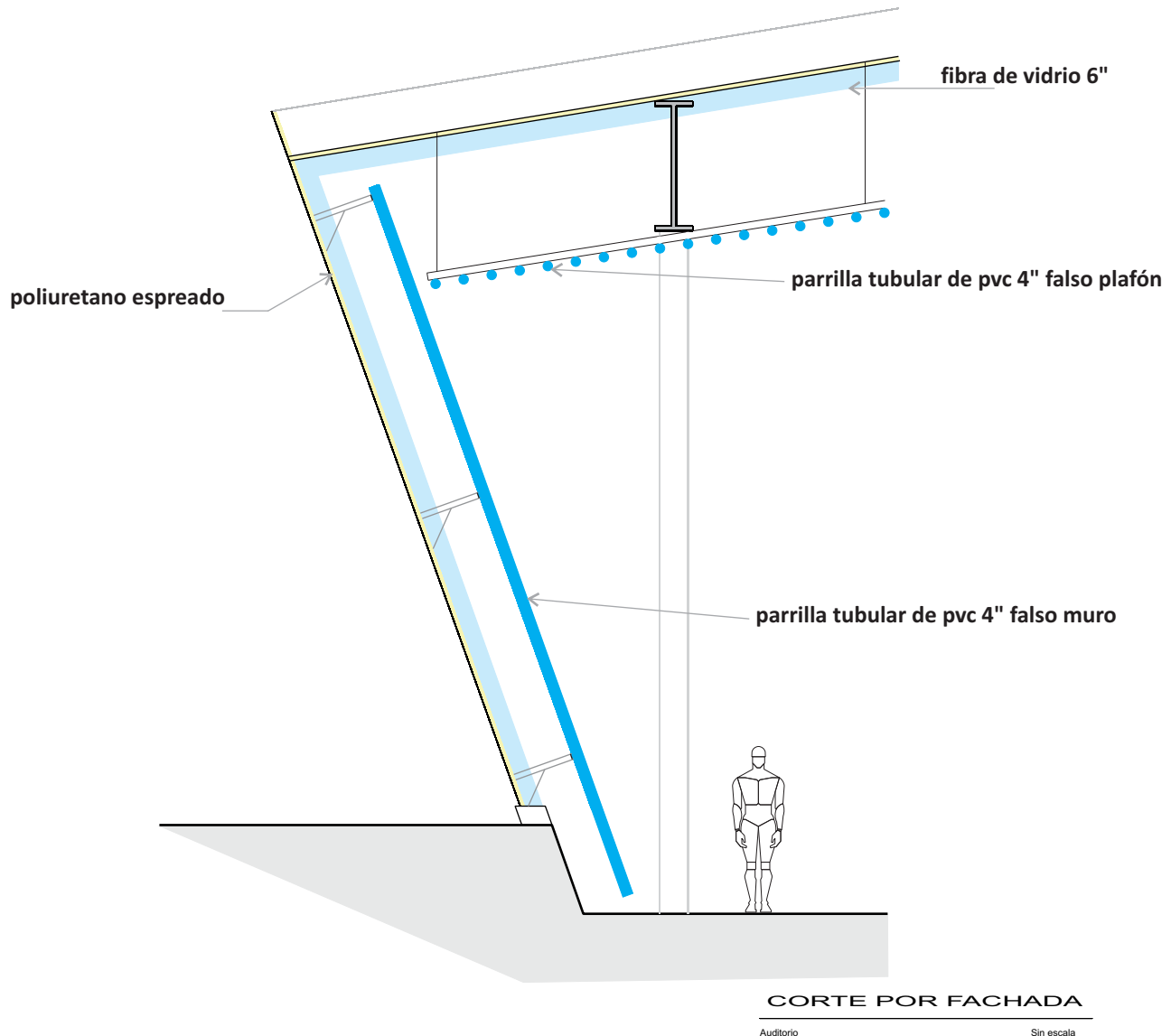


Fig. 216, Corte por fachada, acondicionamiento acústico

AUDIO PROPUESTO

SPL

Se busca alcanzar el nivel máximo permisible sin daño parcial o total del equipo y sin distorsión audible, un SPL de 100 dB en sala es óptimo en un diseño de este tipo.

RANGO DE FRECUENCIAS

A estos niveles de sonido es difícil lograr las 10 octavas o de 20hz a 20khz, Meyersound es de las firmas de audio que están más cerca de esa respuesta, la respuesta lograda en el Auditorio será de 35hz a 18khz +/-4dB pendiente de la interacción con sala, si se logra la absorción adecuada la respuesta sucederá.

MULTICANAL

Los canales de salida se definieron por los formatos de audio y posibilidad de uso como sala de cine eventual.

Ubicación bocinas

Todas las cotas (metros) y ángulos de ubicación de bocinas estan respecto a la cota 0, 0, 0, se refiere al punto en escenario donde estaría centrada la fuente sonora real; los canales de más de 1 bocina se cuentan de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo según el caso.

CANAL	EJE X	EJE Y	EJE Z	°HORIZONTAL	°VERTICAL
CENTRAL	0	0	5.45	0°	3° negativo
IZQUIERDO	0	4.5	5.45	0°	3° negativo
DERECHO	0	-4.5	5.45	0°	3° negativo
FRONTALES 1	2.1	-3.4	0.1	13.5° negativo	20°
2	2.4	-1.15	0.1	4.5° negativo	20°
3	2.4	1.15	0.1	4.5°	20°
4	2.1	3.4	0.1	13.5°	20°
SUBWOOFER 1	2.75	-1.5	7	0°	0°
arreglo 1 2	2.75	-1.5	en arreglo	0°	0°
3	2.75	-1.5	en arreglo	0°	0°
arreglo 2 4	2.75	1.5	7	0°	0°
5	2.75	1.5	en arreglo	0°	0°
6	2.75	1.5	en arreglo	0°	0°
ENVOLVENTE 1	3.85	-7.25	3.6	70°	145° negativo
Sr L 2	7.25	-8.45	4.9	70°	145° negativo
3	11	-9.75	6.3	70°	145° negativo
4	15.9	-9.3	8.15	70°	145° negativo
Sr R 5	3.85	7.25	3.6	70°	145° negativo
6	7.25	8.45	4.9	70°	145° negativo
7	11	9.75	6.3	70°	145° negativo
8	15.9	9.3	8.15	70°	145° negativo
Bk L 9	17.8	-2.1	8.2	180°	145° negativo
10	17.8	-6.3	8.2	180°	145° negativo
Bk R 11	17.8	2.1	8.2	180°	145° negativo
12	17.8	6.3	8.2	180°	145° negativo

Fig. 217, Ubicación bocinas

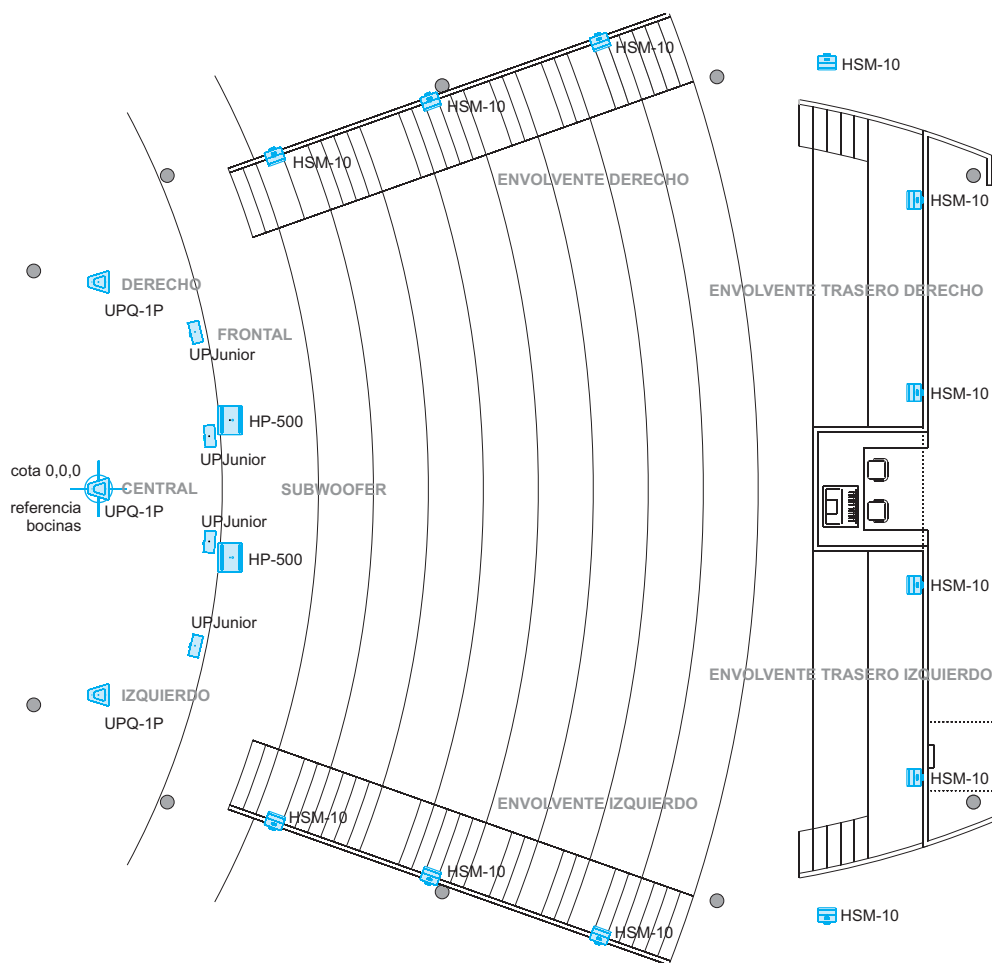


Fig. 218, Ubicación bocinas, planta

Se buscó la mejor cobertura con la mínima variación de volumen y de respuesta de frecuencia, y cobertura de la sala, se logró un escenario amplio con pantalla para video libre de obstrucciones y una imagen sonora centrada; es posible la movilidad del equipo para eventos en patio y/o en salones audiovisuales, se cubre todos los tipos de eventos planeados para el Auditorio.

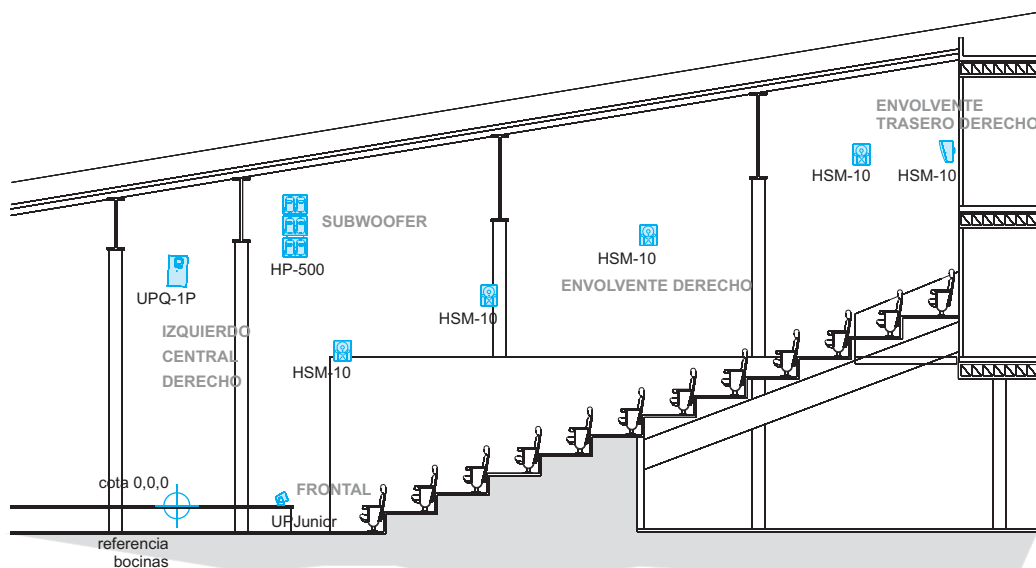


Fig. 219, Ubicación bocinas, alzado



Fig. 220, Bocina UPQ-1P, Meyersound

UPQ-1P

136dB SPL

80° horizontal

50° vertical

HORIZONTAL

Se debe cubrir lo más uniforme posible el área objetivo, la frecuencia de 4khz es muy importante para la inteligibilidad.

VERTICAL

Según contorno isóptico la presión sonora varía muy poco excepto en primera y segunda fila.

PREDICCIÓN DE AUDIO, MAPP ON LINE**CENTRAL**

Se muestran los canales de voz, Central y Frontral, más el arreglo vertical cardioide del canal Subwoofer; gracias a la ubicación del punto de origen de Cad en el escenario, Mapp on line genera cotas de ubicación en 2D de cada bocina. El objetivo es seleccionar y ubicar las bocinas del diseño de acuerdo a la función y forma del lugar. Las predicciones se muestran con efecto de presión atmosférica y clima, Mapp on line puede predecir acústica pero solo en 2 dimensiones y con definidas barreras acústicas, es un progreso en desarrollo, el futuro será en 3D con acústica total y animación.

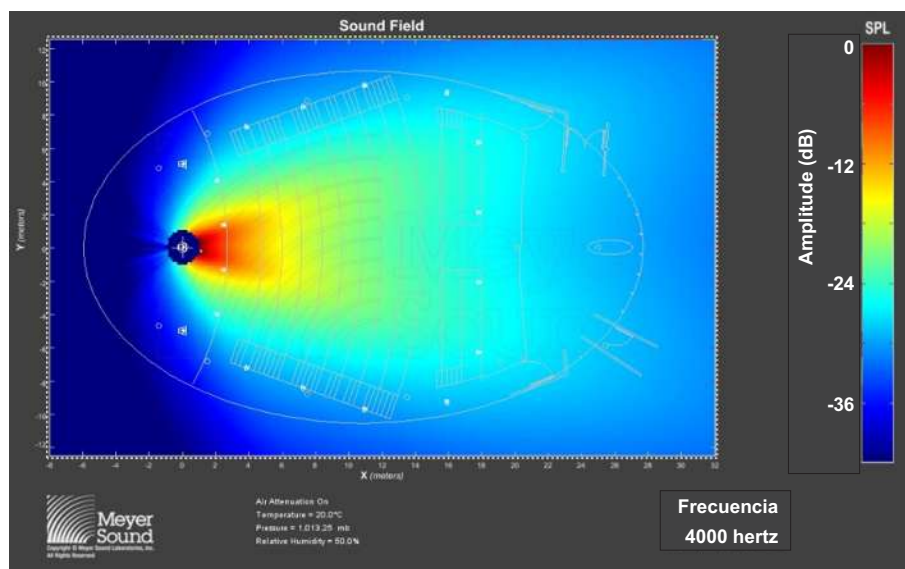


Fig. 221, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line

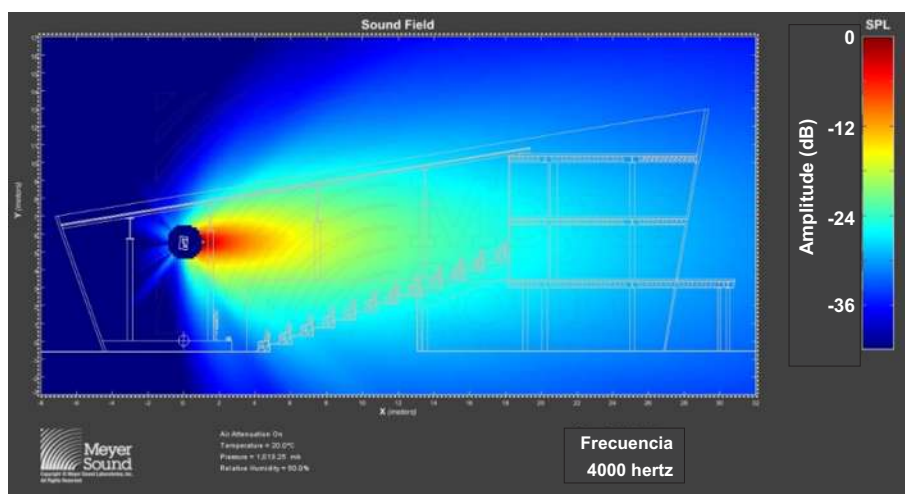


Fig. 222, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line



Fig. 223, Bocina UP Junior, Meyersound

UPJunior

126dB SPL

80° horizontal

50° vertical
rotable**HORIZONTAL**

Se configuró a 4 bocinas, buscando la uniformidad de presión sonora en combinación con centrar la imagen sonora donde se ubica la fuente física.

FRONTAL

De acuerdo al cambio de color hay una pérdida de presión sonora SPL debido a la ley de inverso al cuadrado, el contorno se define por la bocina en turno y sus valores de dispersión e interacción entre bocinas.

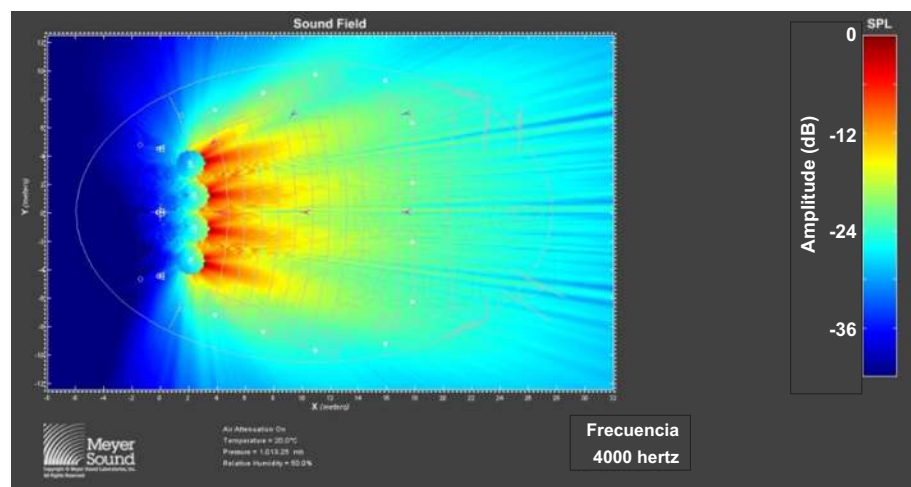


Fig. 224, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line

VERTICAL

Este mapa de presión muestra máximo nivel para primera y segunda fila, tercera y cuarta comparten nivel de canales Central y Frontal, las siguientes filas se cubren con canal Central exclusivamente.

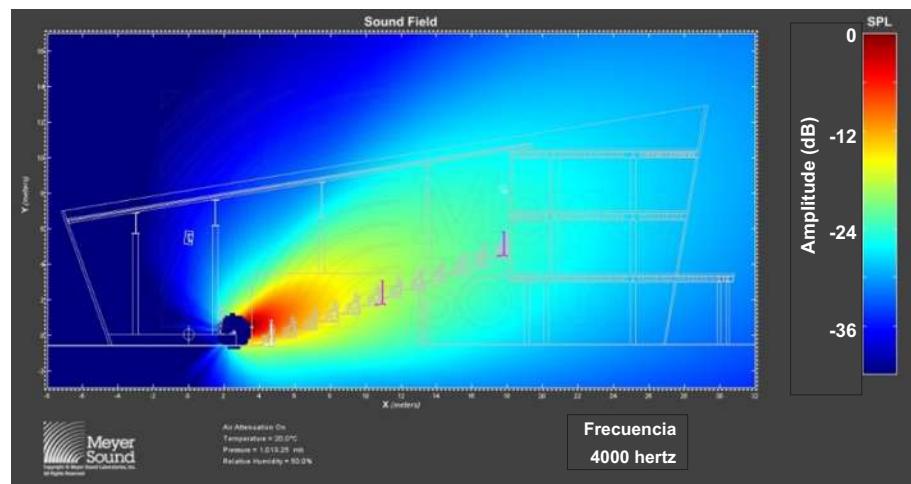


Fig. 225, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line

CENTRAL Y FRONTAL

La primer gráfica es el canal Central vertical, la segunda es la combinación de Central con Frontral, en las gráficas anteriores no era posible representar las diferencias de SPL hasta que ambas bocinas se encuentran en el área de construcción de Mapp on line.



Fig. 226, Bocina UPQ-1P, Meyersound

UPQ-1P
136dB SPL
80° horizontal
50° vertical

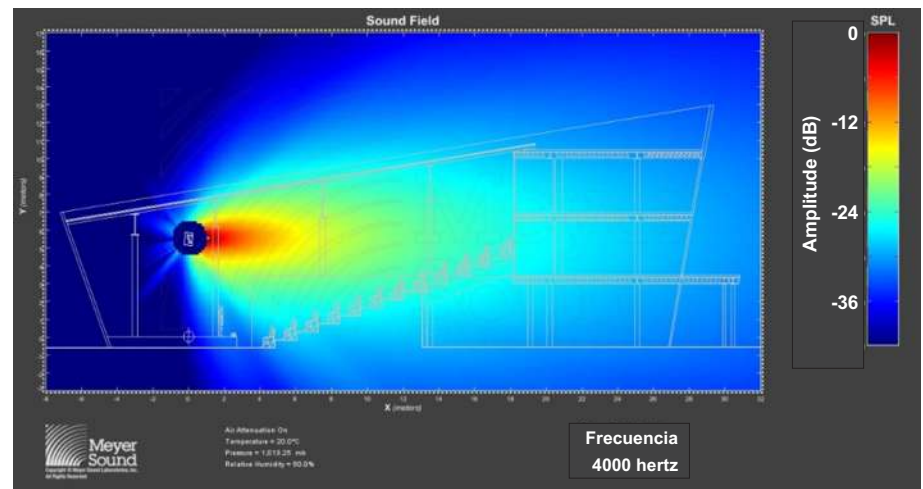


Fig. 228, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line



Fig. 227, Bocina UP Junior, Meyersound

UPJunior
126dB SPL
80° horizontal
50° vertical
rotable

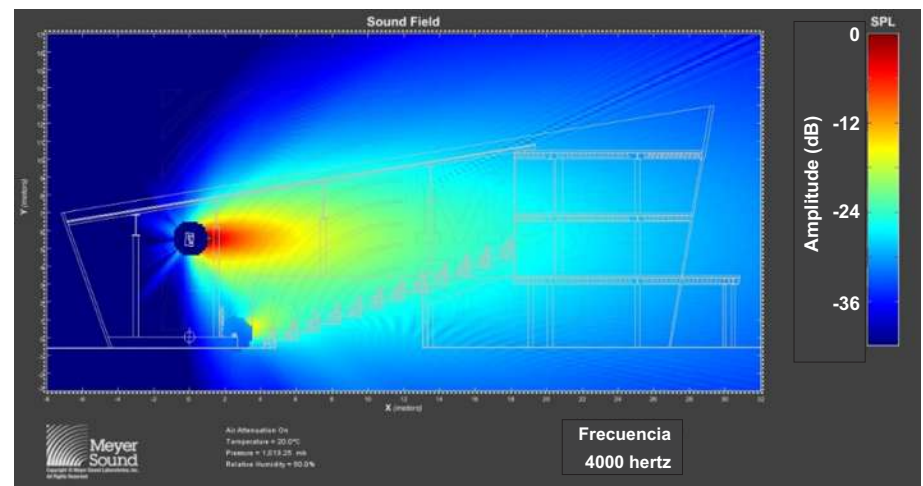


Fig. 229, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line



Fig. 230, Bocina UPQ-1P, Meyersound

CENTRAL VERTICAL, SIM 3

UPQ-1P

136dB SPL

80° horizontal

50° vertical

CERCA

Se observa una pendiente hacia agudos, debido a la direccionalidad de las FA y los grados de cobertura vertical del canal central, esta área le pertenece al

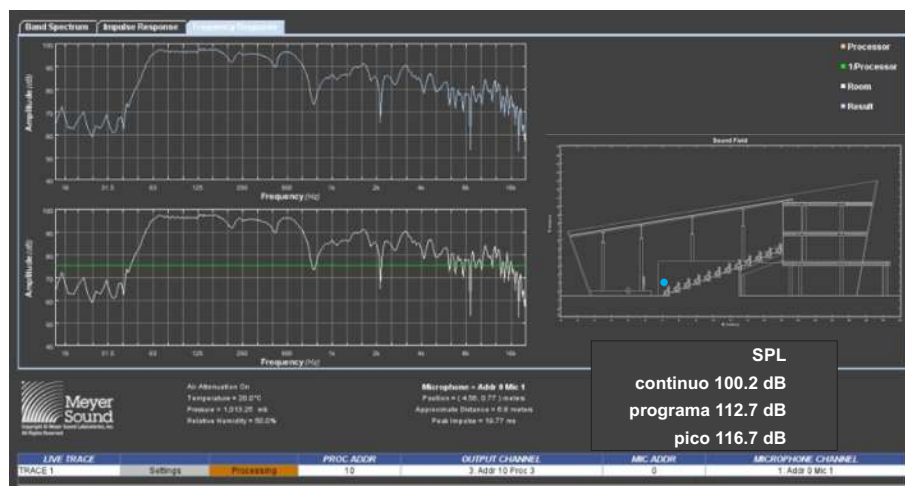


Fig. 231, Predicción respuesta de frecuencia micrófono cerca, Sim 3 virtual

MITAD

Respuesta lineal de 60 hasta 16khz con una variación de +/-4dB, pérdida de presión sonora con respecto al micrófono 1

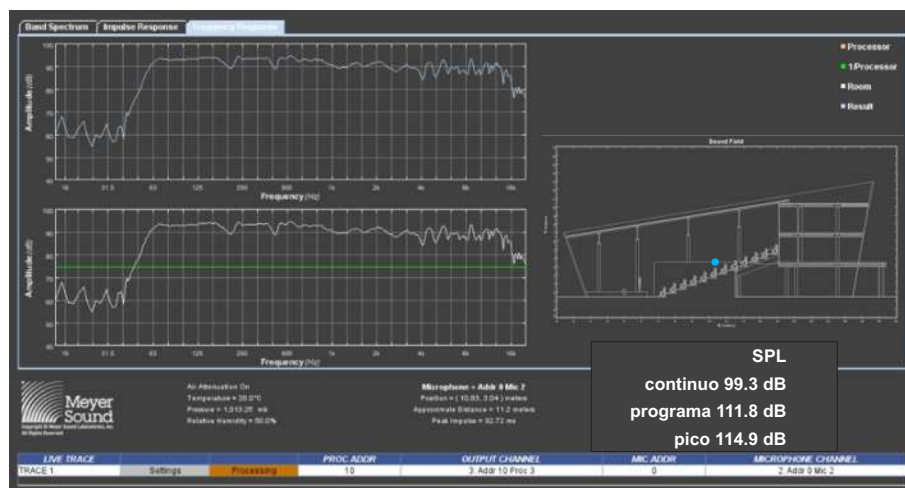


Fig. 232, Predicción respuesta de frecuencia micrófono mitad, Sim 3 virtual

FONDO

Respuesta lineal de 60 hasta 16khz con una variación de +/-5dB, pérdida de presión sonora con respecto al micrófono 2 de 3.7dB SPL.



Fig. 233, Predicción respuesta de frecuencia micrófono fondo, Sim 3 virtual



Fig. 234, Bocina 500-HP, Meyersound

SUBWOOFER

Con 8 cajas de subwoofer es posible hacer arreglos de FG de mayor control de cobertura, se llama “end fire” y va sobre escenario o sobre piso; otro arreglo es el “arco cardioide” se acomoda frente el escenario y logra máxima uniformidad de frecuencia pero tambien mayor variación de volumen cerca-lejos. El equipo propuesto incluye 8 subwoofers.

500-HP

135dB SPL
omnidireccional
dependiente
del arreglo

HORIZONTAL

Se debe empatar
SPL con forma de la sala, la
frecuencia de 63hz es la
mitad de la respuesta del
canal.

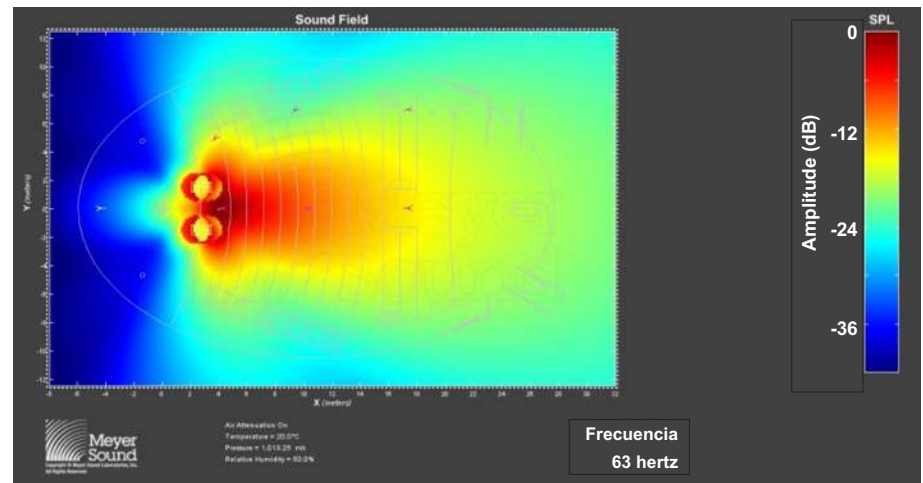


Fig. 235, Predicción presión sonora horizontal 63 hz, Mapp on line

VERTICAL

Ciertamente no es
el arreglo más uniforme
pero es el más práctico con
una variación de SPL
tolerable y que tiene el piso
libre de bocinas, excepto
por las frontales.

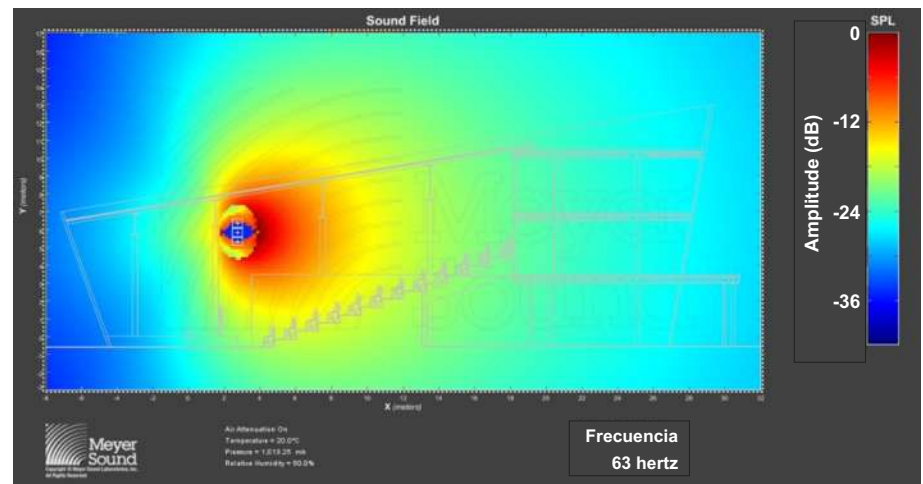


Fig. 236, Predicción presión sonora vertical 63 hz, Mapp on line



Fig. 237, Bocina 500-HP, Meyersound

SUBWOOFER VERTICAL, SIM 3

500-HP

135dB SPL

arreglo vertical cardioide, suspendido

Micrófono 1 CERCA

Se observa una variación de SPL con respecto a micrófono 2 de 5.6dB, es probable mover el arreglo a una menor variación, depende de las medidas que se logren con la remodelación electroacústica.

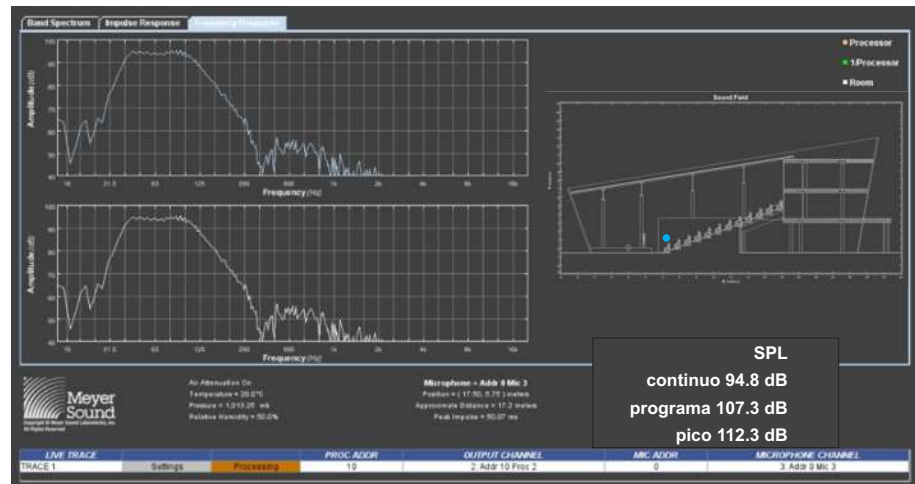


Fig. 238, Predicción respuesta de frecuencia micrófono cerca, Sim 3 virtual

Micrófono 2 MITAD

Mínima variación de frecuencia con respecto a zona 1 y 3.

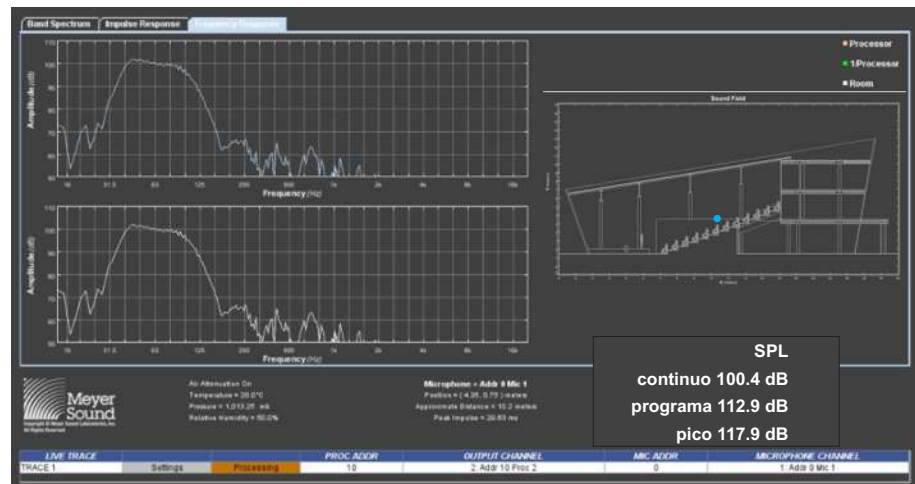


Fig. 239, Predicción respuesta de frecuencia micrófono mitad, Sim 3 virtual

Micrófono 3 FONDO

Esta zona variará en respuesta y presión con la interacción acústica, es por esto que se debe acondicionar con buena difusión-absorción de sonido al fondo de cualquier Auditorio sea académico, artístico o

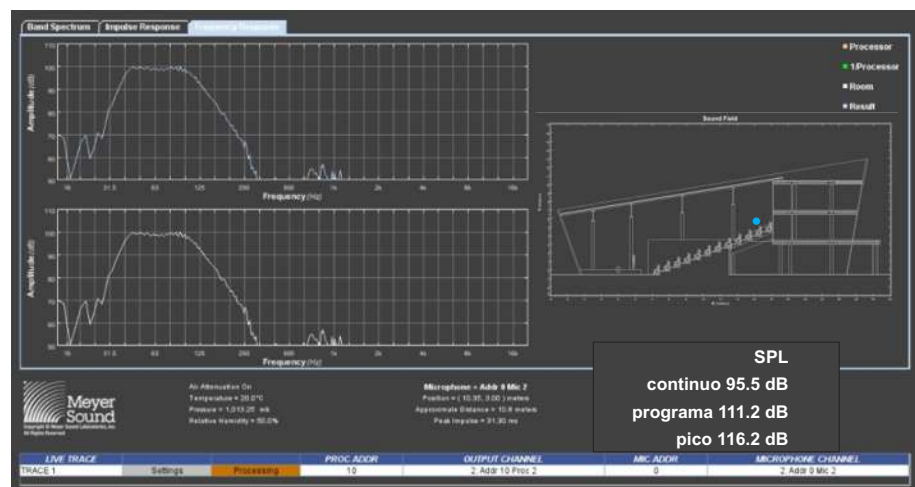


Fig. 240, Predicción respuesta de frecuencia micrófono fondo, Sim 3 virtual

SOPORTES A BOCINAS

UPQ-1P/UPQ-2P Estos dos modelos de bocina cuentan con receptáculo para poste en tripie en su base, tiene atadas placas de aluminio en la base y en la tapa con orificios para eyebolt M-10 de 2 cms. Aquí se puede convenir el ángulo horizontal y vertical del acomodo de la bocina. El peso de la bocina es: 49kg.³⁶

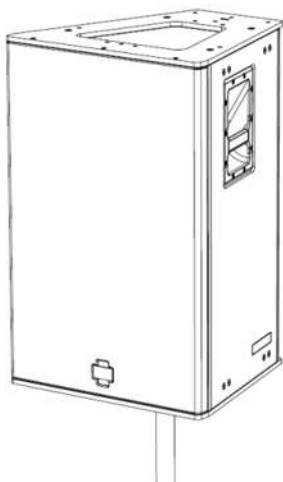


Fig. 241, Detalle montaje en tripie, UPQ-1P, Meyersound

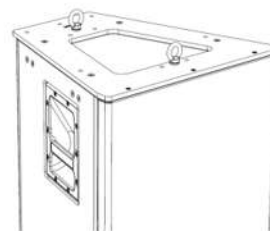


Fig. 242, Detalle colgado, UPQ-1P, Meyersound

UP JUNIOR viene con 2 placas de aluminio en la base y en la tapa con preparaciones para recibir el adaptador a tripie **BMB-200K**, o la ménsula **MUB-UP Junior**, es posible colgarla desde sus orificios para eyebolt M8 de 2 cms. El peso de la bocina es: 12.7 kg.³⁷

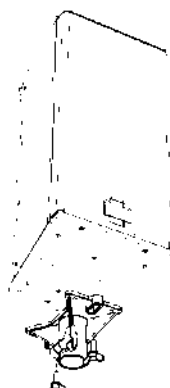


Fig. 243, Detalle montaje en tripie, UP Junior, Meyersound

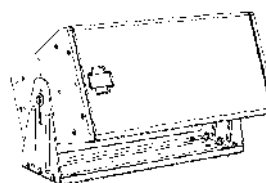


Fig. 244, Detalle mensula, UP Junior, Meyersound

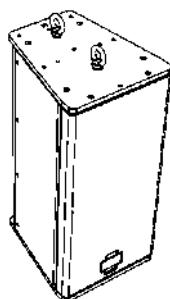


Fig. 245, Detalle colgado, UP Junior, Meyersound

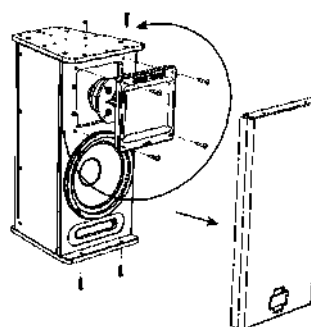


Fig. 246, Detalle giro 90° difusor agudos, UP Junior, Meyersound

36. Meyersound, productos, manual de operación, [http://www.meyersound.com/sites/default/files/upq-1p_oi.pdf]

37. Meyersound, productos, manual de operación, [http://www.meyersound.com/sites/default/files/upjunior_oi.pdf]

HMS-10 viene con una ménsula doble para ajuste del ángulo de tildeo, requiere de 2 tornillos en la primer ménsula y se termina juntando con el baffle. El peso de la bocina es: 13.2 kg.³⁸



Fig. 247, Detalle giro positivo, HSM-10, Meyersound

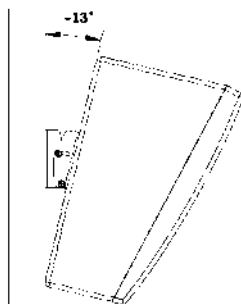


Fig. 248, Detalle giro negativo, HSM-10, Meyersound

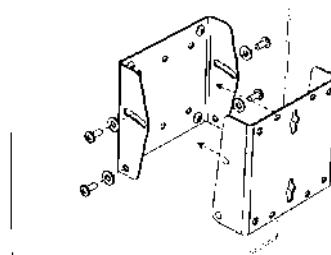


Fig. 249, Detalle empotrado, HSM-10, Meyersound

500-HP viene con un sistema de soporte “QuickFly” modelo **MRF-500** que permite atar desde piso hasta 3 bocinas en vertical y hasta 9 bocinas colgado desde cubierta; se requiere una parrilla **MG-M’ELODIE** que une a las bocinas con la cubierta, se recomienda una cadena eléctrica (polipasto) para rapidez y seguridad del colgado.

Cuando se trate de arrastrar las bocinas desde el Auditorio al patio u otro edificio en C.U. se recomienda el uso de la patineta **MCF-500**. Cada bocina **500-HP** cuenta con receptáculo para el poste **MPS-UMS** para recibir bocinas como la UPJunior. El peso de cada bocina es de: 74.4 kg por lo que se debe considerar el peso total a colgar en el colgado.³⁹



Fig. 250, Anclaje parrilla MG-M’ELODIE, Meyersound

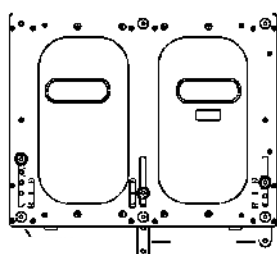


Fig. 251, Vista soporte MRF-500, Meyersound

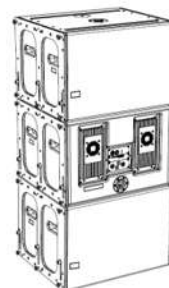


Fig. 252, Armado 500-HP, Meyersound



Fig. 253, Montaje parrilla a polipasto, Meyersound

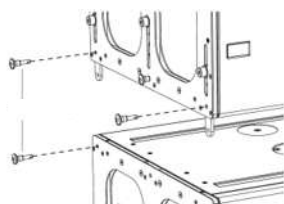


Fig. 254, Detalle soporte MRF-500, Meyersound

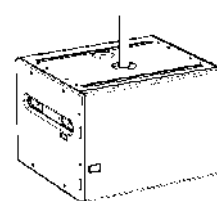


Fig. 255, Vista poste a 500-HP, Meyersound

38. Meyersound, productos, manual de operación, [http://www.meyersound.com/sites/default/files/hms-10_oi_0.pdf]

39. Meyersound, productos, manual de operación, [http://www.meyersound.com/sites/default/files/hms-10_oi_0.pdf]



Fig. 256, Detalle ducto para cables señal



Fig. 257, Detalle esquina ducto señal



Fig. 258, Medusa análoga



Fig. 259, Cable BNC para medusa digital



Fig. 260, Cable XLR señal análoga o digital

DUCTOS

Para los cables de corriente de instalación fija no se requiere tratamiento especial pero para los de señal sí, es importante que sean de fácil acceso por parte del personal y fuera del alcance del público asistente al auditorio así como de roedores e insectos, deben viajar lejos de los cables de alto amperaje debido a la contaminación electromagnética que se provoca, de tener que viajar cerca se debe mantener una separación de 1 metro y al cruzar sus trayectos es necesario hacerlo en un cruce de 90°. Se pueden agrupar todos los cables de señal en un solo ducto siempre y cuando no provoque un aplastamiento de alguno de ellos; los cables combinados de señal y corriente directa como el tipo belden de 5 polos (para audio envolvente) no se juntarán con el total de cables de señal análoga y digital.

Evitar excesiva acumulación de humedad y polvo, sobre todo no se debe exponer los cables a temperaturas extremas. se recomienda que los ductos de señal sean al descubierto con radios de 50 centímetros en los cambios de dirección.

CABLES

El estándar de cables análogos de señal y corriente es un tercer hilo que conecta a tierra física todo el sistema de audio, **no se debe usar cables de 2 hilos, no se debe capar la pata de tierra de la clavija**. El aislante suave de los cables permite un fácil manejo pero se debe tener cuidado porque se dañan al doblarlos demasiado, en bodega no deben de mantenerse en caja, deben dejarse en aparadores donde cada cable se guarde por separado; se debe evitar tocar los cables en sus conectores con las manos sucias ya que se va acumulando grasa y polvo lo cual produce hongos que a la larga deterioran la punta del conector provocando fallas de sonido.

Los cables de señal a usar son:

Medusa

Para señales análogas, usa conectores XLR para señales de audio análogas y digitales, por una sola manguera viajan 36 cables de dos hilos más tierra, se puede pedir la medusa con el número de envíos y retornos que sean requeridos.

Cable BNC

Para rack de medusa digital, cable coaxial de 75 ohm con conector BNC, transmite múltiples canales de audio digital hasta 100 metros de distancia.

Cable XLR-XLR

Para conectar micrófonos, instrumentos y aparatos de audio, usa conectores XLR, este tipo de cable acarrea señales balanceadas resistentes a la contaminación y a la caída de voltaje por distancia.



Fig. 261, Cable TS señal análoga

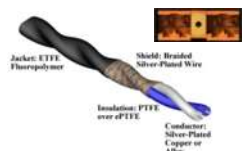


Fig. 262, Cable RMS, monitoreo digital

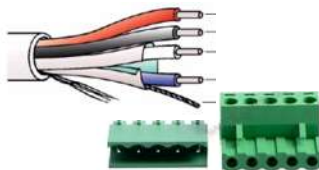


Fig. 263, Cable PHOENIX, señal y corriente



Fig. 264, Cable Edison-PowerCon 20A



Fig. 265, Cable Edison 15A



Fig. 266, Cable Cam-Lock 125A

Cable TS-TS

Para conectar señales donde el aparato marca, este tipo de cable acarrea señales desbalanceadas o de un solo polo más tierra mismas que son susceptibles a la contaminación electromagnética por lo tanto se usan en distancias menores a 7 metros.

Cable RMS

Para conectar el sistema de monitoreo remoto de meyersound, se basa en una red local alámbrica entre todas las bocinas para computadora, el cable es de 2 polos torcido.

Cable PHOENIX Cable para conectar las bocinas HMS-10 de 5 hilos, dos para corriente directa @48v y tres para señal balanceada.

Extensión de corriente

En cuanto a los cables de corriente en instalaciones movibles y sobre escenario deberán ser de uso rudo de 3 hilos (fase, neutro y tierra física), los calibres serán 14awg para bocina de rango completo y 12awg para bocina de subwoofer.

Otros cables de corriente alterna a usar:

Cable Edison-PowerCon 20 A

Para conectar todas las bocinas Meyersound excepto envolvente, un subwoofer por extensión con calibre 12awg.

Cable Edison-Edison 15 A

Para aparatos varios, escenario y cabina, el calibre será 14awg.

Cable Cam-Lock 125 A

Para alimentar centro de carga en evento fuera del Auditorio, el cable será porta electrodo calibre 2awg y el conector tipo CAM de 600v a 125 amperes.

ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Por la complejidad y consumo de energía de las instalaciones del Auditorio de la Facultad de Arquitectura se recomienda una subestación de uso exclusivo, con dos fases para audio y video a 30 kilovatios c/u, una subestación con el doble o más del consumo mejora la estabilidad del voltaje cuando el consumo aumenta de golpe. Una tierra física de 0 ohmios que pueda recibir mantenimiento es obligado, recordar que la interferencia electro magnética y la inducción eléctrica así como posibles incendios eléctricos y/o electrocución son provocados en gran medida por la falta de una tierra física bien hecha o por aparatos sin hilo a tierra.



Fig. 267, Nivel en mezcladora sin saturación

CONTROL DE CLIMA

Mantener una temperatura al cambio de clima exterior y al flujo de gente, controlar el porcentaje de humedad ayudarán a mantener un sonido con mínimos cambios de tonalidad, recordar que la temperatura cambia la velocidad del sonido y por consecuente la longitud de onda y que la variación de humedad afecta la transmisión de sonido de frecuencias agudas.

ILUMINACIÓN Y VIDEO

Digitalizar los controles de iluminación y video, ubicarlos en cabina de audio, una cabina de proyección de cine y seguidores permitirá tiempos y resultados óptimos.

AUDIO

La lógica de encendido es:

- 1 Mezcladora
- 2 Periféricos
- 3 Bocinas

La lógica de apagado es:

- 1 Bocinas
- 2 Periféricos
- 3 Mezcladora

Esto evitará daños ocasionados por un burst generado por el apagado de una etapa previa a las bocinas y evita ruidos que van de molestos a sustos de mal gusto.

El principio básico de manejo de sonido es: estructura de ganancia unitaria, desde que una señal arriba a la mezcladora se debe emparejar con el nivel de las demás señales ajustando el control de ganancia, este nivel individual y general se controla en la mezcladora.

“Ecuilizar” no es necesario ni siquiera obligatorio, sin embargo en ocasiones el micrófono no ayuda a la voz y no se tiene uno afín; en una banda de cualquier ritmo musical se exagera la ecualización en espera de lograr un sonido “diferente” “original”, se debe tener extremo cuidado en exagerar el nivel de graves pues es más fácil alcanzar el nivel de saturación que con los agudos lo que provocaría distorsión armónica y por consecuencia se rompe la ilusión de sonido natural a amplificado. Si la ecualización crea un sonido justificado se queda, siempre y cuando el rendimiento de bocinas (RMS de Meyersound) esté todo en orden en valores sanos y que el volumen de sala no está superando el reglamentado. Poco se divulga que al hacer una edición de audio en computadora se crean fácilmente frecuencias subsónicas (abajo de 30hz), sin importar la marca es destructivo para la bocina de subwoofer, es como si nos expusieran a los rayos ultravioleta sin capa de ozono.



Fig. 268, Ecuilizador paramétrico 4 bandas

Por último un solo responsable de la mezcladora, es para evitar caos y delegar responsabilidades.

A continuación un listado de equipo que se usa en conjunto con el sistema de audio, monitores para el escenario, los hay de piso o personales; micrófonos, algunos son diseñados para un uso específico, por ejemplo de un bombo a una guitarra o a un platillo; por último sistemas inalámbricos de monitor y de micrófono.

MONITORES

UM-1P bocina para piso de cobertura cerrada con 700w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 65-16khz

-6dB Cobertura: 45° horizontal, 45° vertical.

Cono frecuencias graves: 12".

Diafragma frecuencias agudas: 3".

Máximo SPL: 133dB.

Peso: 35 kilogramos.

Dimensiones: alto 56.9cms, ancho 42.0cms, fondo 35.0cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.25amps, continuo 2.8amps, programa 3.2amps, pico 5amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET.



Fig. 269, Monitor de piso UM-1P, Meyersound

UM-100P bocina para piso de cobertura amplia con 700w.

Respuesta de frecuencia: +/-4dB 65-16khz

-6dB Cobertura: 100° horizontal, 45° vertical.

Cono frecuencias graves: 12".

Diafragma frecuencias agudas: 3".

Máximo SPL: 133dB.

Peso: 35 kilogramos.

Dimensiones: alto 56.9cms, ancho 42.0cms, fondo 35.0cms.

Consumo eléctrico: encendido 0.25amps, continuo 2.8amps, programa 3.2amps, pico 5amps @ 120 volts.

Conexiones: señal XLR, corriente POWERCON, rms ETHERNET. 40



Fig. 270, Monitor de piso UM-100P, Meyersound

MICRÓFONOS



Fig. 271, Micrófono SM-58, Shure

SM-58 micrófono dinámico para voz de cobertura cardioide de mayor uso en el mundo.

Respuesta de frecuencia: 50-15khz.

Salida: 1.85mV.

Conector: XLR macho.



Fig. 272, Micrófono CVG 18, Shure

CVG 18 micrófono de condensador de cobertura cardioide para voz en podio, se recomienda no usar en espacios abiertos donde surjan corrientes de aire.

Respuesta de frecuencia: 70-16khz.

Salida: 22mV.

Conector: XLR macho.

Accesorio: CVD base para escritorio.

Consumo: 2mA puede operar en un rango de 11-52 voltios CD.



Fig. 273, Micrófono SM-57, Shure

SM-57 micrófono dinámico para voz e instrumento de cobertura cardioide.

Respuesta de frecuencia: 40-15khz.

Salida: 1.6mV.

Conector: XLR macho.



Fig. 274, Micrófono Beta 57, Shure

BETA-57 micrófono dinámico para voz de cobertura súper cardioide resistente al uso.

Respuesta de frecuencia: 50-16khz.

Salida: 2.8mV.

Conector: XLR macho.



Fig. 275, Micrófono Beta 56, Shure

BETA-56 micrófono dinámico para instrumento de cobertura super cardioide.

Respuesta de frecuencia: 50-16khz.

Salida: 2.8mV.

Conector: XLR macho.



Fig. 276, Micrófono Beta 52, Shure

BETA-52A micrófono dinámico para instrumento de alta energía en frecuencias graves de cobertura súper cardioide resistente al uso.

Respuesta de frecuencia: 20-10khz.

Salida: 0.6mV.

Conector: XLR macho.



Fig. 277, Micrófono Beta 91A, Shure

BETA-91A micrófono de condensador para usarse en piso de cobertura mitad cardioide útil en piano y bombo.

Respuesta de frecuencia: 20-20khz.

Salida: 3.8mV.

Conector: XLR macho.

Consumo: 5.4mA puede operar en un rango de 11-52 voltios CD.



Fig. 278, Micrófono Wb98 H/C, Shure

Wb98 H/C micrófono de condensador para instrumentos de cobertura cardioide útil en metales como saxofones y toms, para conectar a transmisor personal **SLX 1**.

Respuesta de frecuencia: 20-20khz.

Salida: 1.5mV.

Conector: TA4F hembra.

Consumo: puede operar en un rango de 11-52 voltios CD.



Fig. 279, Micrófono MX 153, Shure

MX 153 micrófono miniatura de condensador para voz de cobertura omnidireccional discreto para conectar a transmisor personal **SLX 1**.

Respuesta de frecuencia: 20-20khz.

Salida: 1.5mV.

Conector: TA4F hembra.

Consumo: 130mA puede operar en un rango de 5 voltios CD.



Fig. 280, Micrófono SM-27, Shure

SM-27 micrófono de condensador para instrumentos de cobertura cardioide.

Respuesta de frecuencia: 20-20khz.

Conector: XLR macho.

Consumo: 5.4mA puede operar en un rango de 11-52 voltios CD.

Accesorio: **A27SM** suspensión elástica.



Fig. 281, Micrófono SM-81, Shure

SM-81 micrófono de condensador para instrumentos de cobertura cardioide en especial en platillos.

Respuesta de frecuencia: 20-20khz.

Salida: 5.6mV.

Conector: XLR macho.

Consumo: 1.2mA puede operar en un rango de 11-52 voltios CD.

Accesorio: **A57F** cuello⁴¹

SISTEMAS INALÁMBRICOS



Fig. 282, Monitor inalámbrico P9TRA 425 CL

PSM 900 monitor personal inalámbrico.

Modelo: **P9TRA 425 CL** incluye: **P9RA** receptor personal recargable, **P9T** transmisor y **SE425** audífonos de alto aislamiento.

Respuesta de frecuencia: 30-15khz.

Consumo: 415mA **P9T**.

Consumo: batería 5-7 horas **P9R**.



Fig. 283, Microfono inalámbrico UR124D+ /SM58

UHF-R micrófono inalámbrico para voz o instrumento.

Modelo: **UR124D+ /SM58** incluye: **UR4D+** receptor, **URD2** transmisor de mano con micrófono SM-58 y **Ur1** transmisor personal.

Respuesta de frecuencia: 40-18khz.

Consumo: 115 voltios, 16 watts **UR4D+**.

Consumo: batería 2 AA 1.5voltios hasta 8 horas **UR1** y **UR2**.⁴²

41. Shure, productos, [<http://www.shure.com/americas/products>]

42. idem.

BASES

Para micrófono

Recta: PRO-SB máxima altura 150cms.

Con brazo: PRO-T-F altura 160cms, brazo 88cms.

Pequeña con brazo: PRO-T-SHORT-F altura 76cms, brazo 88cms.

Escritorio: JS-DMS75 altura 30.5cms, flexible.

Con abrazadera: LP592A doble tornillo, adaptable.



Fig. 284, Base con abrazadera LP592A



Fig. 285, Base para mesa JS-DMS75



Fig. 286, Base con brazo PRO-T-F



Fig. 287, Base recta PRO-SB



Fig. 288, Mini base con brazo PRO-T-SHORT-F

Para bocina

Con tripie: TS-110BL máxima altura 280cms, capacidad de carga 68.2kg, peso propio 6.4kg, plegable, neumática, ajustable en dos niveles de piso.

Adaptador a tripie: BMB-200K para bocina UP Junior, capacidad de carga 45.5kg.

Poste: tubo de aluminio de 38mm de diámetro a la medida, para UP Juinor.⁴³



Fig. 289, Adaptador a tripie BMB-200K

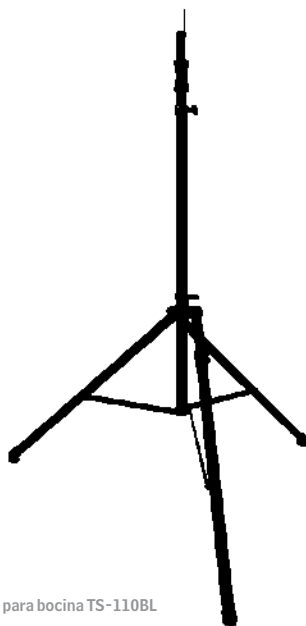


Fig. 290, Tripie para bocina TS-110BL

43. Ultimate support, productos, [<http://www.ultimatesupport.com/products>]



Fig. 291, Estuche rígido para micrófonos



Fig. 292, Estuche tipo "rack" inalámbricos



Fig. 293, Estuche para bocina



Fig. 294, Rack para medusa digital



Fig. 295, Polipasto eléctrico



Fig. 296, Elevador telescópico SLA-20



Fig. 297, Tarima modular

ESTUCHES

Estuches para bocinas, se usan de tela para proteger del polvo y de repentinillas lluvias, rígidos para traslados mayores con mudanza.

Estuche rígido para la mezcladora, tratándose de la DS9 DiGiCo es posible pedir el estuche original, sirve como base para la mezcladora.

Estuche para micrófonos, para manejo práctico y ordenado conviene un estuche rígido con los separadores internos de espuma más una sección de accesorios.

Estuches tipo rack para sistemas inalámbricos, tanto los micrófonos como los monitores inalámbricos tienen que tener su propio rack rígido, por manejo y seguridad, por ser aparatos de varias piezas se reduce el riesgo de pérdida de una pieza única que sea importante para su funcionamiento; agregar al rack 1 cajón tipo escritorio con llave para piezas únicas.

Estuche tipo rack para medusas digitales, siendo aparatos delicados como los inalámbricos deben estar siempre en su estuche rígido y no se deberán usar antes de eso.

Estuches para cables, deberán ser rígidos separando cables de señal y para cables de corriente en diferentes estuches.

Estuches para bases de micrófono, se recomienda tener tanto de tela como rígidos según la actividad y la ubicación del evento.

SOPORTES

Polipasto, motor eléctrico con cadena, debe ser capaz de elevar media tonelada, se consideran 2 motores para la elevación de los arreglos de subwoofers.

Elevador telescópico superlift SLA-20, en evento de patio un par sirven como bases para las bocinas a la altura y ubicación exactas, los elevadores telescópicos de la marca genie tower con capacidad de 300kg y altura máxima de 6 metros cada uno, sirven en labores de limpieza y mantenimiento en la Facultad de Arquitectura.

TARIMAS

Se basa en módulos de perfil de fierro galvanizado cerrados con tabla de triplay de 12mm de 1.25m x 1.25m sobre bases plegables galvanizadas, de acuerdo al contorno que se desee se van agregando módulos a mitades de 75cms x 1.25m ó x 75cms hasta alcanzar el área deseada, esta tarima es muy práctica para mantenimiento, para la altura adecuada y eventos en distintas locaciones.

VARIOS



Fig. 298, Mezcladora analógica EFX8



Fig. 299, Mezcladora de bolsillo UB502



Fig. 300, Cajas directas



Fig. 301, Reproductor blu-ray 7.1 canales



Fig. 302, Regulador y acondicionador voltaje 15A



Fig. 303, Regulador y acondicionador voltaje 15A



Fig. 304, Distribuidor voltaje 5x20A

EFX8 mezcladora multiuso, pensada para eventos portátiles y de apoyo al equipo de monitores del Auditorio.

UB502 mezcladora de bolsillo análoga, forma parte del equipo de monitores del Auditorio.

Caja directa es un accesorio de audio que recibe señal desbalanceada como el caso de un teclado o guitarra eléctrica y la convierte en balanceada o de línea, se usan para aislar equipos electrónicos de posible riesgo eléctrico y para mejorar la relación señal-ruido de fondo. Los modelos recomendados son: **MAGNUM D.I. BBE** y el modelo: **ULTRA-DI D120 BEHRINGER**.

Reproductor de blu-ray 7.1 canales cualquier reproductor que tenga las salidas de audio directas y análogas con conectores de tipo rca.

Acondicionador y regulador de voltaje aparato para montar en estuche tipo rack, protege a los equipos inalámbricos y de cabina, se recomienda el modelo: **P-1800AR** de la marca **FURMAN**.

Acondicionador, regulador y reserva de voltaje **F 1500-UPS** necesario para la mezcladora digital y procesadores de señal, también de la marca **FURMAN**.

Distribuidor de voltaje **ACD-100** marca **FURMAN** montable en estuche tipo rack, ofrece 5 circuitos con capacidad de 20 amperes cada uno.⁴⁴

44. Furman, productos, [<http://www.furmansound.com>]

CONCLUSIONES



Fig. 305, Fachada de "The Studio at Sage Hill"



Fig. 306, Sala de "The Studio at Sage Hill"



Fig. 307, Escenario de "The Studio at Sage Hill"



Fig. 308, Evento en "The Studio at Sage Hill"

Realizar mediciones acústicas de tiempo en reverberación, de presión sonora, de carácter tonal, espacial y eco, de calidades acústicas de los materiales para la construcción, sensibilizar el oído a la acústica de espacios arquitectónicos lograrán crear ambientes sanos de acuerdo a la actividad; aspectos del diseño arquitectónico como son ventilación e iluminación darán espacio a los conceptos de acústica y audio.

Aprender principios de audio como imagen sonora, rango dinámico, respuesta de frecuencia y máxima presión sonora permitirá integrar mejor los espacios y sus instalaciones; viejos y nuevos edificios de cualquier dinámica del ser humano deberán tener una instalación de audio, la técnica "protractor" y de "predicción" ayudarán a ubicar las bocinas en el recinto.

"Electroacústico" esta aplicación surgió a mediados del siglo pasado y sirve para amplificar una o varias fuentes sonoras con la cobertura y presión sonora necesarias, así una señal puede enviarse desde 1 persona hasta más de 1 500 000 (rolling stones, Copacabana 18 febrero 2006); los teatros y auditorios han ido modificando sus instalaciones para permitir la forma electroacústica esencial del arte actual; cirque du soleil trabaja a 100 canales de señal de entrada más 200 canales de salida en carpas diseñadas acústicamente, el Auditorio de la Facultad de Arquitectura usará alrededor de 32 canales de entrada por 12 de salida, una sala actual de cine ocupa 8 canales de entrada por 8 de salida.

El Auditorio de la secundaria Sage Hill en Newport Coast, California es una caja negra con butacas y escenario movibles, cuenta con los sistemas de iluminación, video y audio más modernos y sofisticados del mercado; en caso de una conferencia, el exponente se encuentra libre de micrófonos y aún así puede iniciar un diálogo con el asistente y escucharse claramente en todo el recinto.⁴⁵

La tecnología es alcanzable y ha redefinido la línea entre acústica arquitectónica e ingeniería de audio. El éxito se basará en la cooperación entre Arquitectos, Acústicos y Diseñadores de audio.

45. Benards portfolio, education, [<http://www.benards.com/portfolio/education/the-studio-at-sage-hill/>]

ANEXOS

DE LA TEORÍA A LA MEDICIÓN

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

ÍNDICE DE IMÁGENES

UMBRAL TONAL-ESPACIAL

Por medio de la espiral es claro los 6 ciclos de separación entre sonido directo y reflejado para el umbral tonal espacial

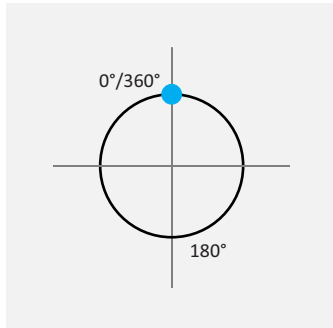


Fig. 309, Fase, 1 ciclo

Esta es la gráfica de respuesta de fase de Smaart Live, se muestra los 6 ciclos de separación para la frecuencia de 10kHz equivalente a 0.6 milisegundos.

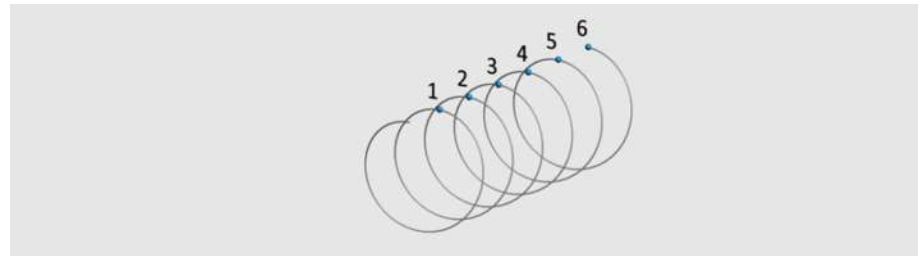


Fig. 310, Fase, 6 ciclos



Fig. 311, Respuesta de Fase, 6 ciclos, Smaart Live

Para la gráfica de respuesta de frecuencia dicha separación se refleja en crestas y cancelaciones, se muestra la misma separación de 0.6ms; esta es la gráfica a usar para la medición acústica en donde se verán cientos de copias reflejadas en el local con distintos tiempos de arribo.



Fig. 312, Respuesta de Frecuencia, onda tardía 6 ciclos, Smaart Live

UMBRAL ESPACIAL-ECO

Para el umbral espacial-eco se debe alcanzar una separación de 24 ciclos, la espiral mantiene forma y escala con respecto a la gráfica de 6 ciclos para reflejar la diferencia.

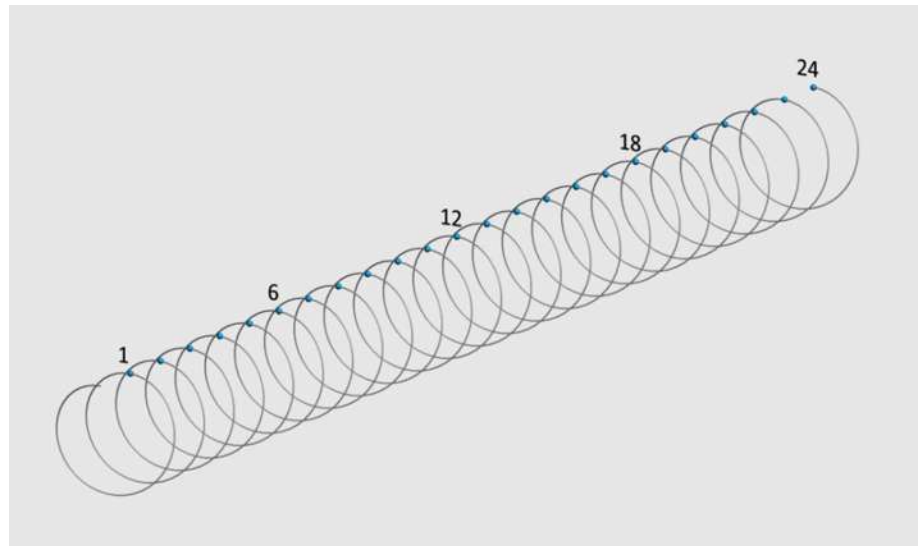


Fig. 310, Fase, 24 ciclos

Conforme el número de ciclos de separación entre onda directa y reflejada aumentan el rizo muestra una mayor porción de espectro afectado, mientras 10kHz se encuentra en el umbral espacial-eco 2.5kHz está en el umbral tonal espacial.

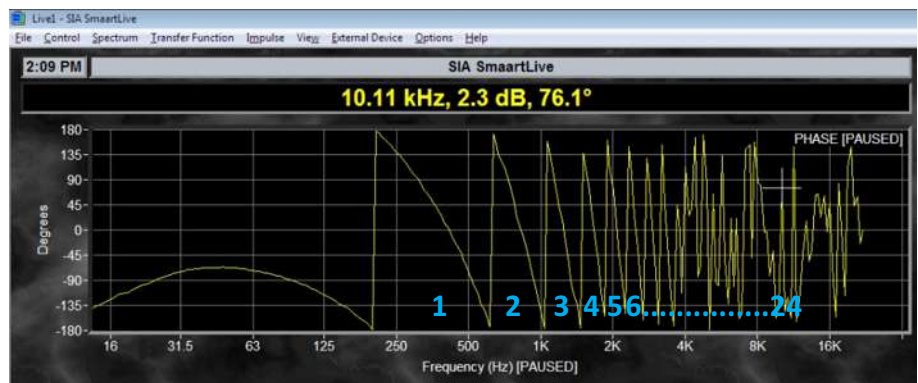


Fig. 311, Respuesta de Fase, 24 ciclos, Smaart Live

Mientras 2.4ms representa 24 ciclos para 10kHz, para 2.5kHz es 6 ciclos; estos ejemplos fueron creados digitalmente, para claridad se muestra la interacción de sonido directo con una sola copia, en la realidad el número de copias aumenta de acuerdo a los planos que conforman el espacio, al ángulo de incidencia y su porcentaje de absorción.

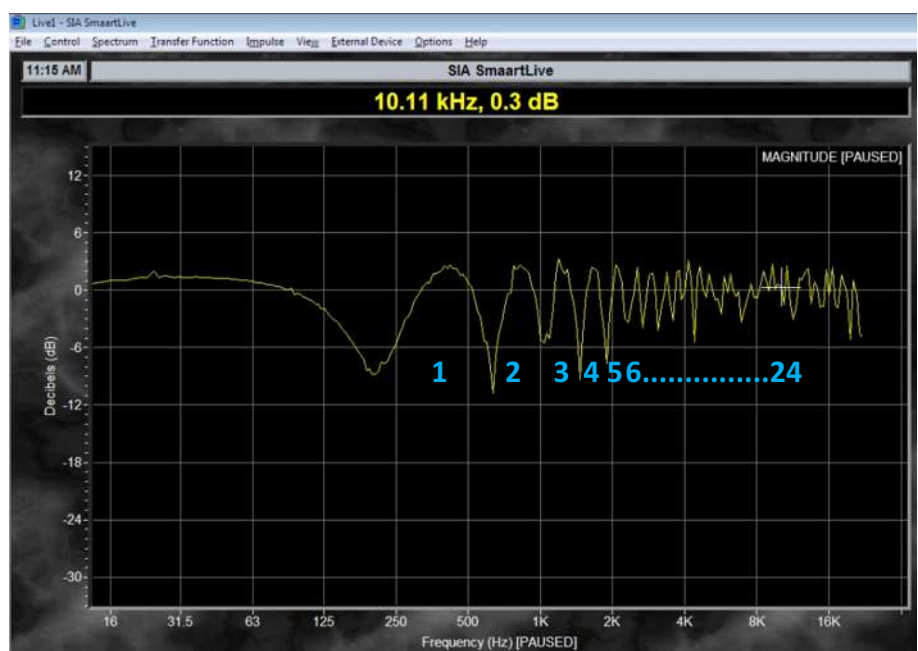


Fig. 312, Respuesta de Frecuencia, onda tardía 24 ciclos, Smaart Live

Earle John, Sound System Desing Reference Manual, tercera edición, **lugar, editorial**, 1999.

Ferreyra Zavala Jesús Fernando, Escuela de Música para la Escuela Popular de Bellas Artes. Diseño y Cálculo Acústico de los espacios, tesis para obtener el título de Arquitecto, Morelia, Facultad de Arquitectura, UMSNH, 2008.

Davis Gary y Jones Ralph, The Sound Reinforcement Handbook, segunda edición, U.S.A., Hal. Leonard corporation, 1990.

Mackie Desings Company, SIA Smaartlive version 5 for Windows User Guide, U.S.A., **editorial**, 2002.

McCarthy Bob, Sound Systems Desing and Optimization Modern techniques and tools for sound system desing and alignment, Canada, Focal Press, 2010.

Meyersound [<http://www.meyersound.com>, 06-06-13]

Digico[<http://www.digico.diz>, 06-06-13]

Shure [<http://es.shure.com/americas>, 06-06-13]

Wikipedia [<http://es.wikipedia.org>, 06-06-13]

Absorción: A través de los medios sólido, líquido y gas es posible transmitir energía de sonido pero también absorber un porcentaje, su valor es el Sabine en una escala de 0 reflejo, 1 absorción.

Acondicionamiento acústico: De acuerdo a la actividad en el recinto se hace un tratamiento de absorción-reflexión de sonido evitando la formación de ecos, se debe contemplar el tiempo de reverberación de acuerdo a la actividad.

Acople (feedback): Se produce cuando un sistema bocina-micrófono capta su misma señal repitiéndose sin fin.

Aislamiento acústico: Es el ejercicio de separar acústicamente 2 locales contiguos, con materiales absorbentes y muros dobles se puede reducir los niveles de contaminación, sólo las frecuencias graves son capaces de traspasar dichas barreras, esto es obvio en las salas de cine.

Altavoz: O bocina, es un transductor que convierte energía eléctrica en acústica, su campo de aplicación abarca casi todas las actividades humanas.

Amperaje: Es el valor de la intensidad de la corriente eléctrica, se logra dividiendo los watts de consumo por el voltaje real, 1 foco de 100w a 120v = 0.83 amperes.

Amplificación: Es la ganancia de voltaje entre la señal de 1.4v hasta el valor requerido, una bocina de graves puede necesitar más de 100v.

Amplitud: Es el componente vertical de la onda de sonido también conocido como magnitud.

Análogo: Es el modo de la señal en que los cambios de voltaje definen la intensidad de la misma.

Ancho de banda: Es el rango de frecuencias audibles para el oído y reproducibles en voz, instrumento o aparato de audio.

Arena: Formato de teatro el cual dispone alrededor del escenario al público en sus 360°.

Armónico: Copias del sonido original que se generan en el instrumento o voz, son la huella digital del sonido hacen diferente una voz de otra.

Audio: Modo electrónico para reproducir y reforzar fuentes sonoras, creación artificial de acústicas.

Barrera acústica: Cualquier objeto que pueda absorber o reflejar y transmitir sonido, dispositivos de mitigación acústica usados en aeropuertos.

Bocina: Transductor eléctrico-acústico, bobina atada a un diafragma dentro de un campo magnético.

Cancelación acústica: Dependiendo de los tiempos de arribo y nivel entre señal original y retrasada o reflejada se produce la cancelación y suma en determinadas frecuencias, también se le conoce como filtro de peine.

Continuo: Capacidad mínima de potencia de una bocina que en tiempo significa más de 2 horas de reproducción de sonido.

Contaminación acústica: Sucede de un local a otro o de un edificio a otro, cuando la actividad realizada traspasa acústicamente la colindancia a niveles que distraen la atención y la privacidad, pero también sucede dentro de un mismo local cuando el tiempo de reverberación y carácter acústico no son compatibles con la actividad.

Direccionalidad: Característica acústica de los micrófonos y bocinas de capturar-reproducir en uniformidad el rango de frecuencias que manejan no importa si son cardiode, omnidireccional o en el caso de bocinas de primer, segundo o tercer orden.

Decibel: Unidad de medida para la magnitud de sonido, décima de Bell o 1dB sería el nivel más bajo audible y 100dB el máximo permitido en un lapso de 30 minutos sin daño permanente al oído. El decibel es una escala logarítmica.

Electroacústica: Fusión de Arquitectura con Acústica y Audio, solución integral para edificios multiuso con alcance a todo local donde se ocupe la comunicación auditiva.

Emisor: Origen de la señal sea acústica o eléctrica análoga o digital, exponente dirigiéndose al auditorio.

Fase: Tiempo relativo en la reproducción de las frecuencias, tiempo que tarda una bocina en reproducir las frecuencias de su rango de reproducción.

Factor de cresta: es la diferencia entre el valor continuo y pico de una señal de audio.

Filtro de peine: efecto audible provocado por la interacción de la señal directa con la reflejada, se debe su nombre al efecto gráfico que produce.

Frecuencia: El número de ciclos completos que se dan en el lapso de 1 segundo determina que frecuencia se está escuchando ej. 100hz = 100 ciclos este valor no cambia con la temperatura ni con la humedad.

Fuente: Origen de un sonido o señal de audio sea voz, instrumento o archivo de audio.

Fundamental: frecuencia grave de más alto nivel producida en cualquier sonido o nota musical en cualquier momento.

Ganancia: control de audio que sirve para igualar nivel de reproducción entre varios canales sean de entrada a la mezcladora como un micrófono o de salida como una bocina.

Gradiente: Conforme se va ganando altura sobre el nivel del suelo se va enfriando el aire cada vez más, con cada cambio de un grado de temperatura se define un gradiente.

Imagen estéreo: Por medio de 2 canales independientes es posible ubicar sonidos a la izquierda, centro o derecha dentro de ese horizonte, depende de que el escucha se ubique dentro de ese campo sonoro.

Impedancia: Oposición al paso de los electrones dentro de un circuito eléctrico o electrónico, en audio toda conexión de entrada tiene un valor de impedancia alta y toda conexión de salida tiene un valor de impedancia baja.

Inteligibilidad: Capacidad del ser humano para entender clara y distintivamente el mensaje auditivo, parámetro de calidad de una instalación acústica y/o de audio.

Línea de respuesta de espectro: Contorno que define la respuesta de frecuencia de un aparato de sonido o acústica de un espacio arquitectónico.

Logaritmo: Exponente al cual se eleva el número base para obtener una cantidad; los logaritmos representan cifras grandes en pocos dígitos ej. $\log 1000000=6$; los logaritmos reflejan mejor la escala con la que el oído humano funciona.

Monoaural: Único canal de reproducción de audio, máxima integridad de señal poca imagen sonora.

Octava: Intervalo que separa dos sonidos cuyas frecuencias tienen una relación de dos a uno, ej. f_4 de 880hz está una octava por encima respecto a f_3 de 440hz.

Onda mecánica: Perturbación de las propiedades mecánicas de un medio material, posición, velocidad y energía de sus átomos o moléculas que se propaga en el medio como el aire.

Oscilación: Movimiento de un lado a otro del punto de equilibrio, cuando se cumplen las 2 posiciones se completa el ciclo.

Pico: Capacidad máxima de potencia de una bocina que en tiempo significa menos de 1 segundo de reproducción de sonido.

Presión sonora: La presión acústica se define como la diferencia de presión instantánea y la presión atmosférica estática. La presión atmosférica se mide en pascales (Pa), su valor es muy inferior a la atmosférica. El umbral del dolor se sitúa en los 20 Pa, mientras que el umbral de audición se sitúa en los 20 micropascales (20 μ Pa). La diferencia entre presión atmosférica y presión sonora es que la presión atmosférica cambia lentamente y la presión sonora alterna rápidamente entre valores menores y mayores que la presión atmosférica. En audio se usa la escala de Bell donde el umbral de la audición está a 0dB y el de dolor a 130dB.

Principal (main) bocina: Canal de salida de audio que cubre la mayor parte del público o sala.

Rango completo, bocina: Altavoz que reproduce casi todo el espectro sonoro en un solo baffle.

Receptor: Persona o equipo que recibe el mensaje, aparato capaz de separar el componente de audio de la onda electromagnética.

Refuerzo de FG (subwoofer) bocina: Canal de salida de audio que refuerza las 3 primeras octavas de 20-160hz.

Relleno (fill) bocina: Canal de salida de audio que cubre pequeñas áreas del público o sala que el canal principal no alcanzó a cubrir, cuando se usa de frontal tiene el segundo objetivo de centrar la imagen sonora.

Respuesta de frecuencia: Calidad de una voz o instrumento, calidad de un aparato de audio; en oído humano es la curva de sensibilidad por frecuencia.

Retraso largo (long delay) bocina: Canal de salida de audio que sirve para extender el área de cobertura a la distancia o en áreas de la sala donde la acústica cambia radicalmente como áreas bajo-balcón o balcones.

Reverberación: Carácter espacial de la acústica arquitectónica, de acuerdo a la densidad y tiempo de duración tiene una actividad diferente.

Rizo: Efecto de peine, sucede cuando la señal directa y la retrasada interactúan, en audio en ciertos casos es posible mediante ajuste de tiempo digital corregir el rizo en la respuesta de frecuencia.

Ruido de fondo: En acústica es la contaminación de un local a otro o el nivel excesivo de cualquier carácter sea tonal, espacial o eco. En audio se provoca por interferencias electromagnéticas, cables y conectores de mala calidad, alimentación eléctrica contaminada o cables cruzados, aparatos de audio en desperfecto incluso una mala estructura de ganancias en el sistema de audio.

Sensibilidad: Capacidad de escuchar o reproducir a relativo nivel determinado rango de frecuencias con el mismo esfuerzo o consumo de energía, ej. Una bocina de graves tiene una sensibilidad de 97dB a 1watt, un motor de agudos tiene una sensibilidad de 110dB a 1watt, el agudo es más sensible pero sólo en frecuencias agudas.

Sistema: Conjunto integral de bocinas y procesadores de acuerdo a un espacio y a una actividad.

Sonido directo: Primer arribo al oído o al micrófono de una fuente sonora, indirecto son los reflejos provocados por las barreras acústicas y por bocinas que refuerzan la señal.

Timbre (armónicos): Copias del la primer onda a distintas frecuencias y niveles, característica del sonido que distingue 2 voces o 2 guitarras tocando la misma nota.

Transitorio: Consonante, sonido abrupto que acompaña a cualquier sonido continuo.

Volumen: Percepción subjetiva de la presión sonora, le afecta la memoria auditiva.

Watt: Unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, equivalente a 1 Joule/segundo.

Definición del tema

Fig 01, Auditorio de la Facultad de Arquitectura UMSNH, Foto AFPS

Fig 02, Cabina de audio, Foto

<http://www.mvstelevision.com/mvstvcom/index.php?section=produccion&category=unidadesmoviles&item=default&picture=5>

Fig 03, Conferencia de audio, Foto <http://www.lightingandsoundamerica.com/news/story.asp?ID=L9VLPJ>

Justificación

Fig 04, Olimpiadas de Beijing 2008, Foto

http://news.nationalgeographic.com/news/2008/08/photogalleries/Beijing-Olympics-photos/images/primary/7_olympics_461.jpg

Fig 05, El Zócalo 15 de Septiembre, Foto <http://187.191.67.49/conte/revista/wp-content/uploads/2012/09/20914005.jpg>

Fig 06, Auditorio Nacional, Foto http://www.meyersound.com/news/2009/auditorio_nacional/index_sp.php

Fig 07, Cabina de audio y video, Foto

Objetivos

Fig 08, Montaje de sistema de audio, Foto http://www.meyersound.com/support/papers/mapp_prediction/

Expectativas

Fig 09, Conferencia de autos, Foto http://www.meyersound.com/news/2006/audi_meeting/

Morelia en la actualidad

Fig 10, Centro de Morelia, Foto

Fig 11, Clima de Morelia, Gráfica AFPS

Histórico

Fig 12, Coliseo romano, Foto <http://www.eturismoviajes.com/wp-content/uploads/2009/12/Coliseo-Romano.jpg>

Fig 13, Opera de Sidney, Foto <http://www.arqhys.com/la-opera-de-sidney-en-australia.html>

Fig 14, Teatro de Epidauro, Foto <http://www.guiadegrecia.com/images/epidauro-1.jpg>

Fig 15, Boston Symphony hall, Foto

http://www.wired.com/images/article/full/2008/10/boston_symphony_hall_630px.jpg

Fig 16, Teléfono de Meucci 1876, Foto <http://radiografiamundial.com/rmblog/wp-content/uploads/2009/08/t.bmp>

Fig 17, Fonógrafo de Edison 1870, Foto

http://www.biografiasyvidas.com/monografia/edison/fotos/edison_5.jpg

Fig 18, Radio de casa 1888, Foto <http://personales.csagustin.net/2011-12/3eso/01/radio.jpg>

Fig 19, Bulbo electrónico 1906, Foto <http://1.bp.blogspot.com/-Li9erZiPdjc/TmazEN7PIkI/AAAAAAAAAo/6L4ep7IWXJ8/s1600/aaa0046.jpg>

Fig 20, Transistor electrónico 1947, Foto <http://teoriasemiconductor49219.blogspot.es/img/transistor.jpg>

Fig 21, Microprocesador 1970, Foto

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/52/Intel_4004.jpg/200px-Intel_4004.jpg

Fig 22, "Sim system 1" 1987, Foto Meyersound México

Fig 23, Festival de Woodstock 1969, Foto <http://sobrefotos.com/2009/08/16/woodstock-1969-haz-el-amor-y-no-la-guerra/>

Oído humano

Fig 24, Oído humano, Foto <http://revistaiesmeruelo.files.wordpress.com/2009/11/oido.png>

Fig 25, Contornos de audición por presión sonora, Gráfica Bob McCarthy

Fig 26, Localización vertical, Gráfica Bob McCarthy

Fig 27, Localización vertical con reflejos, Gráfica Bob McCarthy

Fig 28, Localización horizontal con reflejos, Gráfica Bob McCarthy

Fig 29, Localización horizontal al eje y fuera de eje, Gráfica Bob McCarthy

Fig 30, Localización horizontal varias fuentes, Gráfica Bob McCarthy

Fig 31, Localización vertical con reflejos, Gráfica Bob McCarthy

Fig 32, Efecto Haas, Gráfica Bob McCarthy

Fig 33, Imagen estéreo, Gráfica Bob McCarthy

Fig 34, Imagen estéreo Auditorio largo, Gráfica Bob McCarthy

Fig 35, Imagen estéreo Auditorio amplio, Gráfica Bob McCarthy

Sonido

Fig 36, Sonido, Foto

http://www.canalextramadura.es/sites/default/files/imagecache/Imagen_audio_nodo/gota_de_agua.jpg

Fig 37, Onda senoidal 100 hertz, Gráfica Windows Media

Fig 38, Onda senoidal 1000 hertz, Gráfica Windows Media

Fig 39, Onda senoidal 10 000 hertz, Gráfica Windows Media

Fig 40, Onda senoidal 100 hz, 10 khz, 10 khz juntas, Gráfica Windows Media

Fig 41, Onda senoidal 1 ciclo, Gráfica AFPS

Fig 42, Onda senoidal 1 ciclo, suma y cancelación, Gráfica AFPS

Fig 43, Forma circular, fase onda senoidal, Gráfica AFPS

Fig 44, Fase, suma y cancelación, Gráfica, AFPS

Fig 45, Ley inverso al cuadrado, Gráfica Bob McCarthy

Fig 46, Gradiente, Foto

Fig 47, Efecto de humedad y temperatura al sonido, Gráfica Bob McCarthy

Acústica

Fig 48, Opera de Sidney interior, Foto [http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-CieHO9q2Gp4/TbEL0BYD7bl/AAAAAAAAABXs/IStmDPAlqcE/s1600/sydney_opera_house_concert_hall.jpg)

[CieHO9q2Gp4/TbEL0BYD7bl/AAAAAAAAABXs/IStmDPAlqcE/s1600/sydney_opera_house_concert_hall.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-CieHO9q2Gp4/TbEL0BYD7bl/AAAAAAAAABXs/IStmDPAlqcE/s1600/sydney_opera_house_concert_hall.jpg)

Fig 49, Tiempos de reverberación, Gráfica

http://www.meyersound.com/pdf/constellation_technical_papers/ea_is_it_green.pdf

Fig 50, Percepción tonal, espacial y eco en tiempo, Gráfica Bob McCarthy

Fig 51, Percepción tonal, espacial y eco en longitud de onda, Gráfica Bob McCarthy

Fig 52, Medición acústica, Gráfica Bob McCarthy

Fig 53, Material acústico, difusor colgante con absorción, Foto

Fig 54, Material acústico, piso, Foto <http://www.uk.all.biz/img/uk/catalog/49540.jpeg>

Fig 55, Material acústico, difusor, Foto

http://www.concertoaudio.com/images/productos/408_RPG%20Skyline.jpg

Fig 56, Material acústico, difusor absorbente, Foto

<http://interaudio.host56.com/catalogo/Espuma%20acustica%20piramidal.jpg>

Fig 57, Reflejo acústico, Gráfica AFPS

Fig 58, Difusión acústica, Gráfica AFPS

Fig 59, Transmisión acústica, Gráfica AFPS

Fig 60, Difracción acústica, Gráfica AFPS

Fig 61, Refracción acústica, Gráfica John Eargle

Fig 62, Umbral tonal-espacial, distancia, Gráfica AFPS

Fig 63, Umbrales acústicos, frecuencias 100hz, 1khz, 10khz, Tabla AFPS

Fig 64, Umbral espacial-eco, distancia, Gráfica AFPS

Audio

Fig 65, Distribuidor eléctrico para audio, portable, Foto AFPS

Fig 66, Proceso, sincronía y distribución de señal de audio, Foto

http://www.meyersound.com/news/2008/olympics_ceremonies/

Fig 67, Proceso de audio y medición electroacústica, Foto

http://www.meyersound.com/news/2006/compass_sim3/main.jpg

Fig 68, Saturación de señal, medidor análogo, Foto [http://www.allen-](http://www.allen-heath.com/Assets/Images/Products/GL2400/L_zoom_GL2400_24_master.jpg)

[heath.com/Assets/Images/Products/GL2400/L_zoom_GL2400_24_master.jpg](http://www.allen-heath.com/Assets/Images/Products/GL2400/L_zoom_GL2400_24_master.jpg)

Fig 69, Perspectiva falsa, Foto <http://thecitylovesyou.com/events/wp-content/uploads/2011/01/The-Concert-Film-Review.jpg>

Fig 70, Distorsión imagen sonora, Foto

Electroacústica

Fig 71, Transmisión natural y amplificada, Gráfica Bob McCarthy

Fig 72, Sonido directo y reflejado, transmisión natural, Gráfica Bob McCarthy

Fig 73, Concierto acústico, Foto <http://www.revistamilmesetas.com/wp-content/uploads/2011/08/ofunam-600.jpg>

Fig 74, Sonido directo y reflejado, transmisión amplificada, Gráfica Bob McCarthy

Fig 75, Sistema amplificado, audio, http://www.meyersound.com/news/2013/wiz_khalifa_tour/?type=14

Fig 76, Proceso de suma transmisión natural (acústica), Gráfica Bob McCarthy

Fig 77, Proceso de suma transmisión amplificada (audio), Gráfica Bob McCarthy

Fig 78, Medición de sala para conciertos acústicos, Gráfica Bob McCarthy

Fig 79, Medición de sala con sistema de audio, Gráfica Bob McCarthy

Fig 80, Acústica variable, Foto <http://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2012/04/Teatro-Artes-011.jpg>

Fig 81, Sistema híbrido, Foto <http://www.dl.yanni-ifc.com/content/wp/2012/09/Yanni-Acropolis-1994-23.jpg>

Fig 82, Electroacústica de reverberación variable, Foto

Fig 83, Forma a la función, Foto <http://viajeanuevayork.es/wp-content/uploads/2009/07/madisonsquaregardennuevayork01-thumb.jpg>

Fig 84, Imagen estéreo, Foto <http://www.meyersound.com/news/2012/logomo/>

Fig 85, Espacios bajo-balcón, Foto http://www.meyersound.com/news/2012/fbc_decaturn/

Fig 86, Áreas laterales, Foto http://www.meyersound.com/news/2009/auditorio_nacional/?type=25

Fig 87, FG, absorción-difusión, Foto

Fig 88, FM, absorción-difusión, Foto [http://www.ju-](http://www.ju-la.be/Photography/164_SkateParkBANG/Com_BANG_SkatePark_CALAIS_20120104-485.jpg)

[la.be/Photography/164_SkateParkBANG/Com_BANG_SkatePark_CALAIS_20120104-485.jpg](http://www.ju-la.be/Photography/164_SkateParkBANG/Com_BANG_SkatePark_CALAIS_20120104-485.jpg)

Fig 89, FA, absorción-difusión, Foto http://www.meyersound.com/news/2012/digimage_piste_rouge/

Fig 90, Cubiertas, Foto <http://www.niemeyercenter.org/fotos/alquiler/auditorio-salagrande.jpg>

Fig 91, Paredes, Foto <http://img.interempresas.net/fotos/357175.jpeg>

Fig 92, Piso y área de butacas, Foto AFPS

Fig 93, Ubicación bocinas ocultas, Foto AFPS

Fig 94, Ubicación correcta, Foto http://www.meyersound.com/news/2009/auditorio_nacional/?type=25

Fig 95, Bocinas bajo-balcón, Foto http://www.meyersound.com/news/2012/fbc_decaturn/

Fig 96, Bocinas frontales de relleno, Foto

Fig 97, Ubicación mezcladora, Foto

Fig 98, Escenario, Foto

Fig 99, Superficies, Foto

Fig 100, Balcones, Foto

Técnico

Fig 101, Micrófono dinámico SM-58, Foto

<http://www.hvingenieros.com/imagenes/ofertas/Productos/SHURE+SM58+LCE.jpg>

Fig 102, Micrófono de condensador SM-81, Foto

<http://www.ickrom.com.mx/img/productos/MicrofonoSM81Shure.jpg>

Fig 103, Patrones polares de sensibilidad, Foto Shure Incorporated
 Fig 104, Sección de motor FG, Foto Yamaha Corporation of America
 Fig 105, Sección motor de FA, Foto Yamaha Corporation of America
 Fig 106, Bocina amplificada UPA-1, punto de origen, Foto
<http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upa-1p/elements/upa-1p.jpg>
 Fig 107, Arreglo de bocinas lineal, Foto <http://www.meyersound.com/products/mseries/mina/rigging.htm>
 Fig 108, Cobertura horizontal, Gráfica AFPS
 Fig 109, Cobertura vertical, Gráfica AFPS
 Fig 110, Cobertura real, Mapp on line, Gráfica Meyersound
 Fig 111, Trazo "Protractor", Gráfica Meyersound
 Fig 112, Relación de aspecto, Gráfica Bob McCarthy
 Fig 113, Mezcladora digital, Foto http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3d/DiGiCo_SD8-24,_Expomusic_2010.jpg/640px-DiGiCo_SD8-24,_Expomusic_2010.jpg
 Fig. 114, Procesadores de señal digital, Foto
http://www.meyersound.com/news/2012/pope_mexico/index_sp.php
 Fig. 115, Sim3 para medición electroacústica, Foto
http://www.meyersound.com/products/sim/sim3/elements/sim_glam_300.jpg
 Fig. 116, Equipo armado para medición, Foto AFPS
 Fig. 117, Medición de reverberación, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 118, Medición de respuesta de frecuencia y coherencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 119, Predicción horizontal, Mapp on line, Gráfica Meyersound
 Fig. 120, Predicción vertical, Mapp on line, Gráfica Meyersound
 Fig. 121, Predicción respuesta de frecuencia, Sim3 virtual, Gráfica Meyersound

Normativo

Fig. 122, Valores típicos de presión sonora, Gráfica Gary Davis & Ralph Jones

Casos análogos

Fig. 123, Croquis de localización teatro Morelos, Gráfica
 Fig. 124, Teatro Morelos, Foto AFPS
 Fig. 125, Hotel Fiesta Inn, vista noreste, Foto AFPS
 Fig. 126, Plaza central Ceconexpo, vista este, Foto AFPS
 Fig. 127, Expocentro, vista sur, Foto AFPS
 Fig. 128, Patio de maniobras, vista oeste, Foto AFPS
 Fig. 129, Croquis teatro Morelos, corte longitudinal, Gráfico AFPS
 Fig. 130, Croquis teatro Morelos, planta, Gráfico AFPS
 Fig. 131, Interior teatro Morelos, Foto http://zurita-bach.com/wp-content/uploads/2009/02/teatromorelos_web.jpg
 Fig. 132, Reverberación teatro Morelos, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 133, Respuesta de frecuencia de referencia, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 134, Medición cerca eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 135, Medición mitad eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 136, Medición fondo eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 137, Medición promedio eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 138, Medición referencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 139, Medición cerca pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 140, Medición mitad pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 141, Medición fondo pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 142, Medición promedio pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 143, Medición referencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics
 Fig. 144, Sistema de audio teatro Morelos, Foto AFPS
 Fig. 145, Cabina de teatro Morelos, Foto AFPS

Fig. 146, Croquis de localización teatro de las artes, Gráfica <http://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2012/04/mapa-ubicacion-cenart.jpg>

Fig. 147, Teatro de las artes, Foto <http://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2012/04/Teatro-Artes-021.jpg>

Fig. 148, Escuela nacional de pintura, Foto AFPS

Fig. 149, Escuela superior de música, Foto AFPS

Fig. 150, Avenida Río Churubusco, Foto AFPS

Fig. 151, Torre de investigación, Cenart, Foto <http://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2012/06/Torre-Investigacion-04.jpg>

Fig. 152, Sala teatro de las artes, Foto <http://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2012/04/Teatro-Artes-011.jpg>

Fig. 153, Teatro municipal de las Condes, Foto http://www.meyersound.com/news/2011/teatro_condes/

Fig. 154, Interior teatro municipal de las Condes, Foto http://www.meyersound.com/news/2011/teatro_condes/

Fig. 155, Logomo hall, Finland, Foto <http://www.meyersound.com/news/2012/logomo/>

Fig. 156, Sala Logomo hall capacidad 1100 personas, Foto <http://www.meyersound.com/news/2012/logomo/>

Fig. 157, Sala Logomo hall capacidad 3500 personas, Foto <http://www.meyersound.com/news/2012/logomo/>

Marco Funcional

Fig. 158, Croquis de localización Auditorio, Gráfica Facultad de Arquitectura

Fig. 159, Auditorio Facultad de Arquitectura, Foto AFPS

Fig. 160, Vista oeste, Foto AFPS

Fig. 161, Vista sur, Foto AFPS

Fig. 162, Vista norte, Foto AFPS

Fig. 163, Vista este, Foto AFPS

Fig. 164, Acceso principal, Foto AFPS

Fig. 165, Escenario, Foto AFPS

Fig. 166, Salida de emergencia, Foto AFPS

Fig. 167, Planta vestíbulo, Auditorio Facultad de Arquitectura, Gráfica Facultad de Arquitectura

Fig. 168, Corte longitudinal, Auditorio Facultad de Arquitectura, Gráfica Facultad de Arquitectura

Fig. 169, Reverberación Auditorio, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 170, Respuesta de frecuencia de referencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 171, Medición cerca eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 172, Medición mitad eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 173, Medición fondo eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 174, Medición promedio eje, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 175, Medición referencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 176, Medición cerca pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 177, Medición mitad pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 178, Medición fondo pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 179, Medición promedio pared, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 180, Medición referencia, Smaart live, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 181, Equipo de audio, Foto AFPS

Fig. 182, Detalle bocina y salida aire, Foto AFPS

Fig. 183, Podio con micrófono, Foto AFPS

Fig. 184, Sala Auditorio Facultad Arquitectura, Foto AFPS

Fig. 185, Auditorio universitario, Foto http://www.uanl.mx/sites/default/files/Extra%20La%20conferencia%20se%20lleva%20a%20cabo%20en%20el%20auditorio%20de%20la%20Biblioteca%20Universitaria%20Raul%20Rangel%20Fr%C3%ADas_0.jpg

Fig. 186, Festival internacional de guitarra, Foto http://www.cambiodemichoacan.com.mx/thumbnails/th_352fe25daf686bdb4edca223c921acea_716fe081a528b29c447d93380cd19369,festivaldeguitarra1.jpg

Fig. 187, Debate político, Foto http://www.prensalibre.com/decision_libre_-_actualidad/Debate-presidencial_PREIMA20111017_0353_10.jpg

Fig. 188, Sala de cine flotante, Tailandia 2012, Foto <http://img13.imageshack.us/img13/1330/originalxz.jpg>

Fig. 189, Videoconferencia, Foto http://www.diadeinternet.org/2011/IMG/jpg_iberoamericadice_casamerica.jpg

Fig. 190, Diagrama general de audio, Gráfica AFPS

Fig. 191, Señales de entrada fija, Tabla AFPS

Fig. 192, Señales de entrada variada, Tabla AFPS

Fig. 193, Señales de salida variada, Tabla AFPS

Fig. 194, Señales de salida fija, Tabla AFPS

Fig. 195, Diagrama canales Central, Izquierdo, Derecho, Frontal, Gráfica AFPS

Fig. 196, Diagrama canal Subwoofer, Gráfica AFPS

Fig. 197, Diagrama canales Envolverte izquierdo, Envolverte trasero izquierdo, Envolverte derecho y Envolverte trasero derecho, Gráfica AFPS

Fig. 198, Lista equipo de audio propuesto, Tabla AFPS

Fig. 199, Lista equipo de apoyo propuesto, Tabla AFPS

Fig. 200, Bocina UPQ-1P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upq/>

Fig. 201, Bocina UP Junior, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upjunior/>

Fig. 202, Bocina 500-HP, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/500hp/>

Fig. 203, Bocina HMS-10, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/exp/hms-10/>

Fig. 204, Fuente MPS-488 HP, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/industrialseries/mps-488hp/>

Fig. 205, RMS monitoreo remoto, Meyersound, Foto <http://technopro.me/wordpress/sales/files/2009/07/Meyer-Sound-RMS.png>

Fig. 206, Galileo 408 procesador, Meyersound, Foto http://www.thereference-online.com/files/image/meyer_compass_output_processing.jpg

Fig. 207, Mezcladora digital DS9, Digico, Foto <http://www.digico.biz/docs2/products/SD9.shtml>

Fig. 208, Medusa digital Digirack, Digico, Foto <http://www.digico.biz/docs2/products/DiGiRack.shtml>

Fig. 209, Medusa digital Minirack, Digico, Foto <http://www.digico.biz/docs2/products/MiNi-DiGiRack.shtml>

Fig. 210, Medusa análoga, Whirlwind, Foto <http://www.rainbowguitars.com/imagesproduct/ww/wwms248xl150-xl.jpg>

Marco Formal

Fig. 211, Remodelación planta baja, Gráfica AFPS

Fig. 212, Remodelación primer piso, Gráfica AFPS

Fig. 213, Remodelación segundo piso, Gráfica AFPS

Fig. 214, Remodelación corte longitudinal, Gráfica AFPS

Fig. 215, Medición pasillo Dirección, Gráfica Rational Acoustics

Fig. 216, Corte por fachada, acondicionamiento acústico, Gráfica AFPS

Fig. 217, Ubicación bocinas, cotas, Tabla AFPS

Fig. 218, Ubicación bocinas, planta, Gráfica AFPS

Fig. 219, Ubicación bocinas, alzado, Gráfica AFPS

Fig. 220, Bocina UPQ-1P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upq/>

Fig. 221, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 222, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 223, Bocina UP Junior, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upjunior/>

Fig. 224, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 225, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 226, Bocina UPQ-1P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upq/>

Fig. 227, Bocina UP Junior, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upjunior/>

Fig. 228, Predicción presión sonora horizontal 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 229, Predicción presión sonora vertical 4000 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 230, Bocina UPQ-1P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/upq/>

Fig. 231, Predicción respuesta de frecuencia micrófono cerca, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 232, Predicción respuesta de frecuencia micrófono mitad, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 233, Predicción respuesta de frecuencia micrófono fondo, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 234, Bocina 500-HP, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/500hp/>

Fig. 235, Predicción presión sonora horizontal 63 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 236, Predicción presión sonora vertical 63 hz, Mapp on line, Gráfica Meyersound

Fig. 237, Bocina 500-HP, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/500hp/>

Fig. 238, Predicción respuesta de frecuencia micrófono cerca, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 239, Predicción respuesta de frecuencia micrófono mitad, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 240, Predicción respuesta de frecuencia micrófono fondo, Sim 3 virtual, Gráfica Meyersound

Fig. 241, Detalle en montaje tripie, UPQ-1P, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/upq-1p_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 242, Detalle colgado, UPQ-1P, Meyersound, Gráfica [http://www.meyersound.com/sites/default/files/upq-1p_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 243, Detalle en montaje tripie, UP Junior, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/upjunior_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 244, Detalle ménsula, UP Junior, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/upjunior_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 245, Detalle colgado, UP Junior, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/upjunior_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 246, Detalle giro 90° difusor agudos, UP Junior, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/upjunior_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 247, Detalle giro positivo, HSM-10, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/hms-10_oi_0.pdf, 15-05-13]

Fig. 248, Detalle giro negativo, HSM-10, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/hms-10_oi_0.pdf, 15-05-13]

Fig. 249, Detalle empotrado, HSM-10, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/hms-10_oi_0.pdf, 15-05-13]

Fig. 250, Anclaje parrilla MG-M' ELODIE, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/sites/default/files/500-hp_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 251, Vista soporte MRF-500, Gráfica [http://www.meyersound.com/sites/default/files/500-hp_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 252, Armado 500-HP, Gráfica [http://www.meyersound.com/sites/default/files/500-hp_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 253, Montaje parrilla a polipasto, Meyersound, Gráfica
[http://www.meyersound.com/pdf/products/quickfly/MG-Melodie_rigging_guide_b.pdf, 15-05-13]

Fig. 254, Detalle soporte MRF-500, Meyersound, Gráfica [http://www.meyersound.com/sites/default/files/500-hp_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 255, Vista poste a 500-HP, Meyersound, Gráfica [http://www.meyersound.com/sites/default/files/500-hp_oi.pdf, 15-05-13]

Fig. 256, Detalle ducto para cables de señal, Foto
[<http://www.bticino.com.mx/catalogos/Sistemas%20de%20Canalizacion%2011-3.pdf>, 16-05-13]

Fig. 257, Detalle esquina ducto señal, Foto
[<http://www.bticino.com.mx/catalogos/Sistemas%20de%20Canalizacion%2011-3.pdf>, 16-05-13]

Fig. 258, Medusa análoga, Foto <http://www.rainbowguitars.com/imagesproduct/www/wwms248xl150-xl.jpg>

Fig. 259, Cable BNC para medusa digital, Foto
http://static2.tme.eu/katalog_pics/e/3/e/e3e73481f372b750902229376080d069/bnc-mm_50_2.jpg

Fig. 260, Cable XLR señal análoga o digital, Foto http://www.keymusic.com/gfx_productcode/110918/Konnekt-NCMB450-XLR-XLR-Custom-Pro-Neutrik-Microphone-Cable.jpg

Fig. 261, Cable TS señal análoga, Foto <http://www.nyproaudio.com/catalog/XLRMaletaDualTS.jpg>

Fig. 262, Cable RMS, monitoreo digital bocinas, Foto

Fig. 263, Cable PHOENIX, señal y corriente, Foto

Fig. 264, Cable Edison-PowerCon 20A, Foto

Fig. 265, Cable Edison 15A, Foto

Fig. 266, Cable Cam-Lock 125A, Foto

Fig. 267, Nivel en mezcladora sin saturación, Gráfica
http://www.digico.biz/downloads/support/SD9_User_A.pdf

Fig. 268, Ecualizador paramétrico 4 bandas, Gráfica
http://www.digico.biz/downloads/support/SD9_User_A.pdf

Fig. 269, Monitor de piso UM-1P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/um-1p/>

Fig. 270, Monitor UM-100P, Meyersound, Foto <http://www.meyersound.com/products/ultraseries/um-100p/>

Fig. 271, Micrófono SM-58, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm58-vocal-microphone>

Fig. 272, Micrófono CVG 18, Shure, Foto
<http://www.shure.com/americas/products/microphones/centraverse/cvg18>

Fig. 273, Micrófono SM-57, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm57-instrument-microphone>

Fig. 274, Micrófono Beta 57, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/beta/beta-57a-instrument-microphone>

Fig. 275, Micrófono Beta 56A, Shure, Foto
<http://www.shure.com/americas/products/microphones/beta/beta-56a-instrument-microphone>

Fig. 276, Micrófono Beta 52A, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/beta/beta-52a-kick-drum-microphone>

Fig. 277, Micrófono Beta 91A, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/beta/beta-91a-half-cardioid-condenser-microphone>

Fig. 278, Micrófono Wb98 H/C, Shure Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/wb98hc-wireless-instrument-microphone>

Fig. 279, Micrófono MX 153, Shure, Foto
<http://www.shure.com/americas/products/microphones/microflex/mx153-earset-headworn-microphone>

Fig. 280, Micrófono SM-27, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm27-multi-purpose-microphone>

Fig. 281, Micrófono SM-81, Shure, Foto <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm81-instrument-microphone>

Fig. 282, Monitor inalámbrico P9TRA 425 CL, Foto <http://www.shure.com/americas/products/personal-monitor-systems/psm-900/p9tra425cl>

Fig. 283, Micrófono inalámbrico UR124D+/SM58, Foto <http://www.shure.com/americas/products/wireless-systems/uhfr-systems/ur124d-sm58>

Fig. 284, Base con abrazadera LP592A, Foto <http://www.lpmusic.com/es-MX/products/subpage/?modelNo=LP592A>

Fig. 285, Base para mesa JS-DMS50, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/JS-DMS50>

Fig. 286, Base con brazo PRO-T-F, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/Pro-T-F>

Fig. 287, Base recta PRO-SB, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/Pro-SB>

Fig. 288, Mini base con brazo PRO –T-SHORT-F, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/Pro-T-Short-F>

Fig. 289, Adaptador a tripie BMB-200K, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/BMB-200K>

Fig. 290, Tripie para bocina TS-110BL, Foto <http://www.ultimatesupport.com/product/TS-110BL>

Fig. 291, Estuche rígido para micrófonos, Foto

Fig. 292, Estuche tipo rack para inalámbricos, Foto

Fig. 293, Estuche rígido para bocina, Foto

Fig. 294, Rack para medusa digital, Foto

Fig. 295, Polipasto eléctrico, Foto

Fig. 296, Elevador telescópico “Genie Tower” modelo SLA-20, Foto

Fig. 297, “Top line” modular, Foto

Fig. 302, Regulador y acondicionador de voltaje 15A P-1800AR, Foto
http://www.furmansound.com/product.php?div=03&id=P-1800AR&red=AR-15_II
Fig. 303, Regulador, acondicionador y respaldo de voltaje 15A F1500-UPS, Foto
http://www.furmansound.com/product.php?div=01&id=F1500-UPS_PRO
Fig. 304, Distribuidor de voltaje ACD-100 de 100A, Foto
<http://www.furmansound.com/product.php?div=01&id=ACD-100>

Conclusiones

Fig. 305, Fachada “The Studio at Sage Hill”, Foto <http://www.bernards.com/portfolio/education/the-studio-at-sage-hill/>
Fig. 306, Sala, Foto http://www.meyersound.com/products/constellation/#demos_installations
Fig. 307, Escenario, Foto <http://www.bernards.com/portfolio/education/the-studio-at-sage-hill/>
Fig. 308, Evento en “The Studio at Sage Hill”, Foto https://sphotos-b.xx.fbcdn.net/hphotos-ash4/p480x480/315600_10151888889559616_1920489267_n.jpg

Anexo

Fig. 309, Fase, 1 ciclo, Gráfica AFPS
Fig. 310, Fase, 6 ciclos, Gráfica AFPS
Fig. 311, Respuesta de Fase, 6 ciclos, Smaart Live, Gráfica Rational Acoustics
Fig. 312, Respuesta de Frecuencia, onda tardía 6 ciclos, Smaart Live, Gráfica Rational Acoustics
Fig. 313, Fase, 24 ciclos, Gráfica AFPS
Fig. 314, Respuesta de Fase, 24 ciclos, Smaart Live, Gráfica Rational Acoustics
Fig. 315, Respuesta de Frecuencia, onda tardía 24 ciclos, Smaart Live, Gráfica Rational Acoustics