



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LOPEZ MATEOS”

“Acondicionamiento Acústico y Electroacústica del Salón de fiestas Mirador”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

PRESENTAN

Becerril Hernández José Adrian

Quezada Flores Aletia Sherezada

ASESOR.

ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RANGEL

ING. JORGE BECERRA GARCÍA



MÉXICO D.F.

NOVIEMBRE 2011

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ ADOLFO LOPEZ MATEOS”

T E M A D E T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
POR LA OPCION DE TITULACION
DEBERA(N) DESARROLLAR**

INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
TESIS COLECTIVA Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. JOSÉ ADRIAN BECERRIL HERNANDEZ
C. ALETIA SHEREZADA QUEZADA FLORES

“ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL SALÓN DE FIESTAS MIRADOR”

REALIZAR EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO Y ELECTROACÚSTICA DE UN SALÓN DE EVENTOS SOCIALES.

- CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN
- CAPITULO 2: MATERIALES ACÚSTICOS
- CAPITULO 3: AISLAMIENTO, ACONDICIONAMIENTO Y REFUERZO SONORO
- CAPITULO 4: RESULTADOS
- CAPITULO 5: ANÁLISIS DE COSTOS
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA
- ANEXOS

MÉXICO D.F. A 7 DE NOVIEMBRE DE 2011.


ING. JORGE BECERRA GARCÍA

ASESORÉS


ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RANGEL


M. EN C. DAVID VÁZQUEZ ÁLVAREZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

**“Acondicionamiento Acústico y
Electroacústica del Salón de fiestas
“Mirador”**

OBJETIVOS

Realizar el acondicionamiento acústico y electroacústico de un salón de eventos sociales.

JUSTIFICACION

Recintos tales como los salones de eventos sociales carecen en su mayoría del acondicionamiento acústico y electroacústico, por lo que no existe ni la adecuada selección de materiales acústicos ni la mejor colocación del sistema de audio dentro del recinto; dando como resultado una mala distribución del sonido, al interior y al exterior.

Mediante la medición del ruido de fondo, y el análisis teórico, tomando como referencia la norma 81, se escogió el material acústico que proporcionó el acondicionamiento óptimo. La parte electroacústica se analizó con el Software ECOTEC, obteniendo la distribución óptima del sistema de audio; logrando un ambiente sonoro agradable gracias a la mejora en la distribución del sonido.

CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN AL SONIDO

- 1.1 El sonido
- 1.2 Características principales del sonido.
 - 1.2.1 Amplitud del sonido.
 - 1.2.2 Período del sonido.
 - 1.2.3 Frecuencia del sonido.
 - 1.2.4 Longitud de onda.
 - 1.2.5 Fase en el sonido.
 - 1.2.6 Velocidad de propagación del sonido.
- 1.3 Fenómenos del sonido.
 - 1.3.1 Reflexión y refracción del sonido.
 - 1.3.2 Onda estacionaria.
 - 1.3.3 Eco.
- 1.4 Cualidades del sonido.
 - 1.4.1 Atenuación del sonido.
 - 1.4.2 Reverberación del sonido.
 - 1.4.3 Absorción del sonido.
 - 1.4.4 Enmascaramiento.
- 1.5 Electroacústica.
 - 1.5.1 Micrófonos.
 - 1.5.2 Tipos de Micrófonos.
 - 1.5.3 Altavoces.
 - 1.5.4 Tipos de altavoces.
 - 1.5.5 Cajas acústicas.
 - 1.5.6 Tipos de cajas acústicas.
 - 1.5.7 Mezcladoras.
 - 1.5.8 Clasificación de mezcladoras.
 - 1.5.9 Relación S/R.
 - 1.5.10 Velocidad de Sampling

CAPÍTULO II MATERIALES ACÚSTICOS

- 2.1 Materiales Acústicos.
- 2.2 Tipos de materiales.
 - 2.2.1 Materiales porosos.
 - 2.2.2 Materiales de grosor o de distancia.
 - 2.2.3 Materiales o tramas para graves.
 - 2.2.4 Materiales difusores.
- 2.3 Características de los materiales acústicos.
 - 2.3.1 Coeficiente de absorción.
 - 2.3.2 Tiempo de reverberación.

CAPÍTULO III AISLAMIENTO, ACONDICIONAMIENTO Y REFUERZO SONORO

3.1 Aislamiento.

3.1.1 Principio de aislamiento.

3.1.2 Medida de aislamiento.

3.1.3 Cálculo del aislamiento acústico mixto.

3.2 Acondicionamiento.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

CAPÍTULO V ANALISIS DE COSTOS

CONCLUSIÓN

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN AL SONIDO

1.1 El Sonido

Se considera como una variación de presión que se propaga en un medio elástico a una velocidad de ≈ 330 m/s, es generada a partir de la vibración de un cuerpo. Cuando un objeto es excitado las moléculas de aire que se encuentran en contacto con la fuente son desplazadas al mismo tiempo, con la misma amplitud y fase que las superficies de dicho objeto.

1.2 Características principales del sonido.

1.2.1 Amplitud del sonido.

Se denomina amplitud al tamaño de la onda; en acústica la amplitud normalmente se mide en decibeles SPL (dB_{SPL}), Las siglas SPL hacen referencia al nivel de presión sonora (Sound Pressure Level).

Los decibeles representan la relación entre dos señales y se basa en el logaritmo de base 10 del cociente entre dos amplitudes sonoras o presiones.

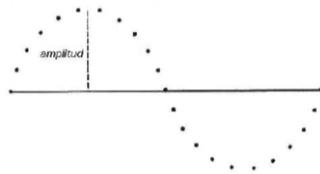


Figura 1.1 Amplitud del sonido

1.2.2 Periodo del sonido.

Distancia en que una onda viaja en el tiempo, hasta completar un ciclo. Puede medirse entre dos picos o dos puntos correspondientes dentro del ciclo

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots\dots 1.2.2.1$$

1.2.3 Frecuencia del sonido.

Número de ciclos por segundo constituyen a la frecuencia y se expresa en Hertz (Hz)

$$f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots 1.2.3.1$$

Donde T es el período de la señal.

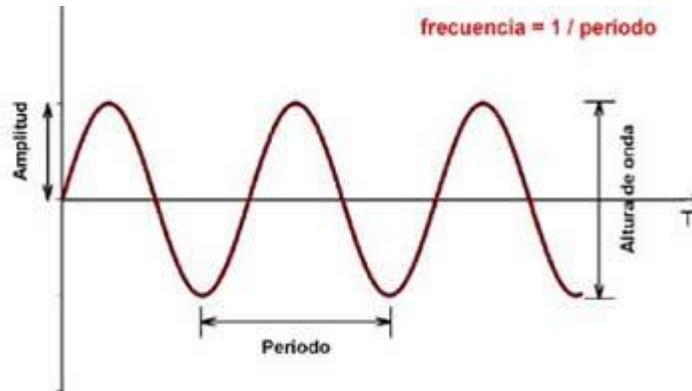


Figura 1.2 Frecuencia del sonido

1.2.4 Longitud de onda.

La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos longitud de onda. La letra griega λ (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda en ecuaciones. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda. Una longitud de onda larga corresponde a una frecuencia baja, mientras que una longitud de onda corta corresponde a una frecuencia alta.

1.2.5 Fase en el sonido.

Es la posición de la partícula que oscila en el momento de empezar a contar el tiempo, es decir en $t = 0$ s. La fase se mide en radianes (rad) o en grados ($^{\circ}$). $360^{\circ} = 2$ rad. Representa el retardo relativo en la posición de una onda con respecto a otra.

1.2.6 Velocidad de propagación del sonido.

La velocidad del sonido es la velocidad de propagación de las ondas mecánicas longitudinales, producidas por variaciones de presión del medio. Estas variaciones de presión generan en el cerebro la sensación del sonido.

La velocidad de propagación de la onda sonora depende de las características del medio en el que se realiza dicha propagación y no de las características de la onda o de la fuerza que la genera.

Aunque la velocidad del sonido no depende del tono (frecuencia) ni de la longitud de onda de la onda sonora, sí es importante su atenuación. Este fenómeno se explica por ley cuadrática inversa, que explica que cada vez que se aumenta al doble la distancia a la fuente sonora, la intensidad sonora disminuye.

1.3 Fenómenos del sonido.

1.3.1 Reflexión y refracción del sonido.

Cuando una onda alcanza la superficie de separación de dos medios de distinta naturaleza se producen, en general, dos nuevas ondas, una que retrocede hacia el medio de partida y otra que atraviesa la superficie límite y se propaga en el segundo medio. El primer fenómeno se denomina reflexión y el segundo recibe el nombre de refracción. Fig. 1.3

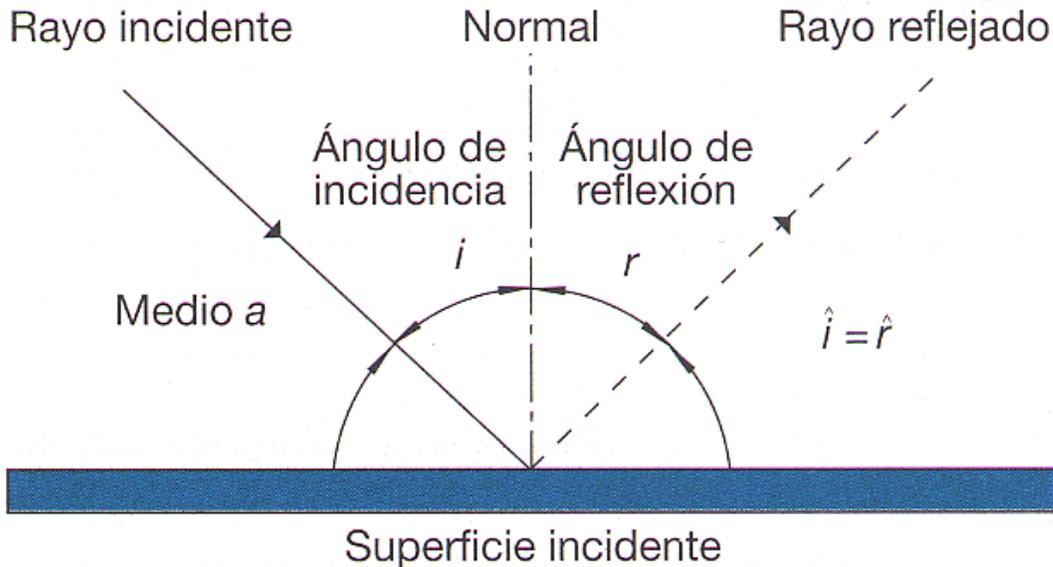


Figura 1.3 Reflexión y refracción del Sonido

1.3.2 Difracción del sonido

Cuando una onda viajera se encuentra en su recorrido un obstáculo que limita parcialmente su propagación, puede rodear el obstáculo y seguir propagándose, todos los puntos de su plano se convierten en fuentes secundarias de ondas, emitiendo nuevas ondas, denominadas ondas difractadas. Convirtiendo los bordes de los obstáculos en centros emisores.

La difracción del sonido puede producirse por dos motivos diferentes:

A. Difracción del sonido producida cuando en el camino de la onda sonora aparece un pequeño obstáculo y lo rodea.

B. Difracción del sonido cuando una onda sonora se encuentra en su paso con un pequeño agujero y lo atraviesa.

Cuando una fuente de ondas alcanza una placa con un orificio o rendija central, cada punto de la porción del frente de ondas limitado por la rendija se convierte en foco emisor de ondas secundarias todas de idéntica frecuencia. Los focos secundarios que

corresponden a los extremos de la abertura generan ondas que son las responsables de que el haz se abra tras la rendija y bordee sus esquinas. En los puntos intermedios se producen superposiciones de las ondas secundarias que dan lugar a zonas de intensidad máxima y de intensidad mínima típicas de los fenómenos de interferencias.

La difracción dependerá de la relación entre el tamaño de la abertura y la longitud de onda. Fig.1.4.

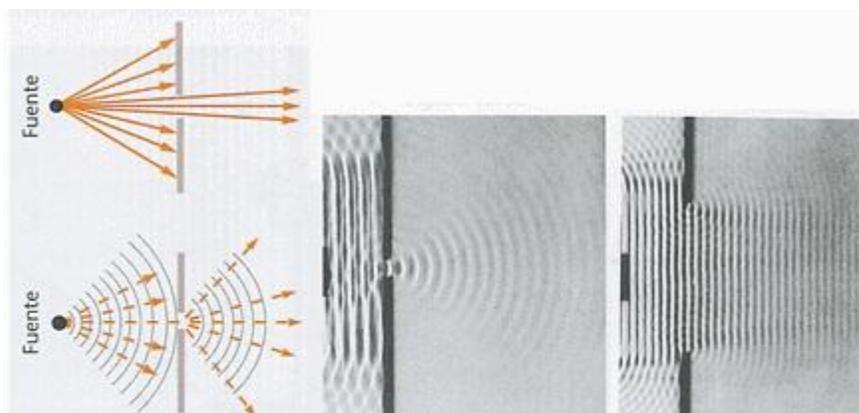


Figura 1.4 Difracción de acuerdo al tamaño de la onda

1.3.3 Onda estacionaria.

Una onda estacionaria es el resultado de la superposición de dos movimientos ondulatorios armónicos de igual amplitud y frecuencia que se propagan en sentidos opuestos a través de un medio.

En el estado de onda estacionaria tenemos que cada punto de la cuerda se encuentra vibrando a la misma frecuencia f pero con distinta amplitud, encontrándose una serie de puntos, los nodos, cuya amplitud de vibración es nula, y otra serie de puntos, los vientres, cuya amplitud de oscilación es máxima. Se tiene que la distancia entre dos nodos consecutivos es igual a media longitud de onda $\lambda/2$ de la onda estacionaria.

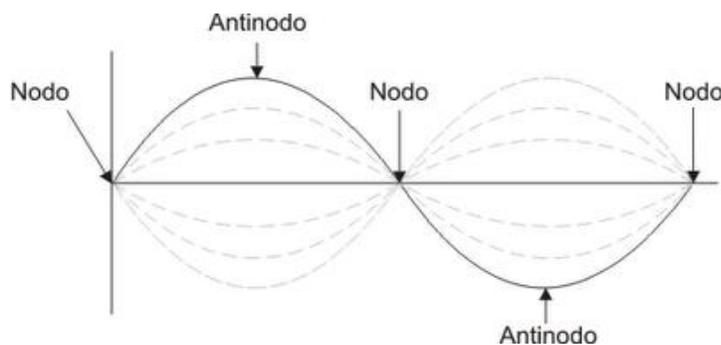


Figura 1.5 Ejemplo de una Onda Estacionaria

1.3.4 Eco.

Es una repetición del sonido, producido por la reflexión del sonido en un objeto, por lo tanto un eco es una onda sonora reflejada. Fig. 1.6.

El intervalo de tiempo entre la emisión y la repetición del sonido corresponde al tiempo que tardan las ondas en llegar al obstáculo y volver. Generalmente el eco es de representación débil porque no todas las ondas del sonido original se reflejan.

Los ecos escuchados en las montañas se producen cuando las ondas sonoras rebotan en grandes superficies alejadas más de 30 m de la fuente.

Para que se produzca eco, la superficie reflectante debe estar separada del foco sonoro una determinada distancia: 17 m para sonidos musicales y 11.34 m para sonidos secos.

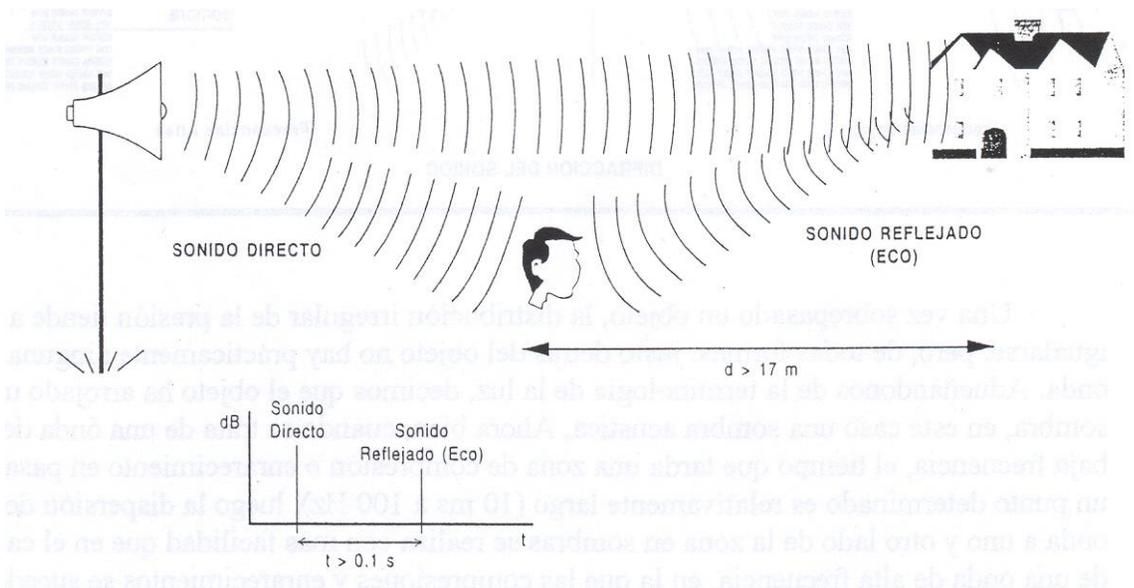


Figura 1.6. Representación del Eco

1.4 Cualidades del sonido.

1.4.1 Atenuación del sonido.

El sonido se atenúa gradualmente, conforme nos alejamos de la fuente sonora, en fuentes sonoras puntuales 6 dB cada vez que la distancia se duplica y en fuentes lineales 3 dB cada vez que duplicamos la distancia a la fuente.

1.4.2 Reverberación del sonido

Cuando un sonido reflejado llega con un tiempo inferior a 1/10 de segundo, nuestro sistema de audición no es capaz de separar ambas señales y las toma como una misma pero con una duración superior de esta

La reverberación de un local se mide según su tiempo de reverberación (RT) en segundos y varía según la frecuencia de análisis que se utilice.

Esto es debido a que los diferentes materiales que componen las superficies del local no se comportan por igual en todo el espectro sonoro, y por tanto los coeficientes de absorción de cada superficie de un mismo material varían según la frecuencia.

Conociendo el tiempo de reverberación de un local podemos saber cómo se comportará el mismo en diferentes aplicaciones. Cuando el tiempo de reverberación alcanza valores muy altos con respecto al sonido directo, puede ocurrir un enmascaramiento de este y puede perderse la capacidad de entender la información contenida en el mensaje que se percibe.

1.4.3 Absorción del sonido.

Si una onda sonora se topa con una superficie porosa, esta superficie la absorberá debido a que pone en movimiento el aire del interior de esta y se disipa así en sus paredes. Si el material es fibroso, no solo disipan energía las cavidades, sino que las fibras, si son forzadas a entrar en vibración, absorben también energía de la onda.

1.4.4 Enmascaramiento

Hablamos de enmascaramiento cuando un sonido impide la percepción de otro sonido, es decir, lo enmascara. Se produce una modificación (desplazamiento) del umbral de audibilidad en el sujeto.

El sistema auditivo no es capaz de diferenciar dos sonidos al interior de una banda crítica. Basta con que exista algo de energía al interior de una banda crítica para que ésta se active y el sistema auditivo perciba actividad en esa banda. Si existe más de un sonido o se incrementa la energía al interior del filtro, esto no cambia la información desde el punto de vista del sistema auditivo. Entonces, si un sonido se encuentra al interior de una banda crítica de otro sonido y si su amplitud no es lo suficientemente grande como para traspasar el umbral de dicha banda y activar otra banda crítica cercana, se produce el fenómeno denominado enmascaramiento.

1.5 Electroacústica

1.5.1 Micrófonos

Los micrófonos se pueden clasificar de acuerdo con la forma de transducción, en otras palabras, dependiendo de la forma como se transforma la señal acústica en eléctrica.

1.5.2 Clasificación de Micrófono

Micrófonos dinámicos (de bobina móvil)

Se basan en el principio de inducción electromagnética (son la versión dual de los altavoces de bobina móvil), según el cual si un hilo conductor se mueve dentro de un campo magnético, en el conductor se inducirá un voltaje de acuerdo con la fórmula:

$$e = Blv \dots \dots \dots 1.5.2.1$$

Donde:

e = potencial inducido, en volts.

B = Densidad de flujo magnético, en teslas.

l = longitud del conductor, en metros.

v = velocidad del movimiento, en metros/s.

Son micrófonos muy utilizados por su resistencia, confiabilidad y buena respuesta en frecuencia.

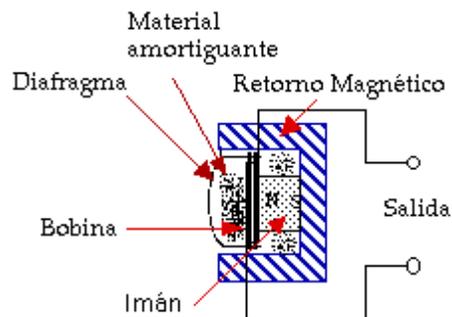


Figura 1.7 Esquema de un micrófono dinámico

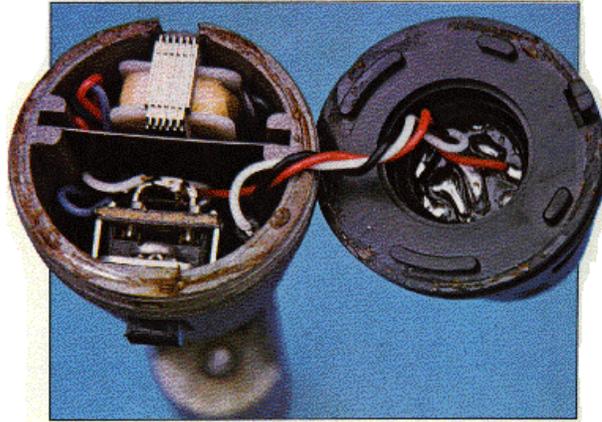


Figura 1.8 Micrófono dinámico

1.5.3 Altavoz

Un altavoz magnético funciona al hacer reaccionar el campo magnético variable creado por una bobina con el campo magnético fijo de un imán. Esto hace que se produzcan fuerzas, que son capaces de mover una estructura móvil que es la que trasmite el sonido al aire. Esta estructura móvil se llama diafragma, puede tener forma de cúpula o de cono.

A su vez, esta estructura móvil está sujeta por dos puntos mediante unas piezas flexibles y elásticas que tienen como misión central al altavoz en su posición de reposo.

1.5.4 Tipos de altavoces

1.5.4.1 Altavoz de cono

Este es el esquema de un altavoz convencional.

La araña (una pieza de tela con arrugas concéntricas de color amarillo o naranja) se encarga de mantener centrado el cono, junto a la suspensión.

El imán, junto a las piezas polares crean un circuito magnético de la bobina reacciona contra el campo fijo del imán.

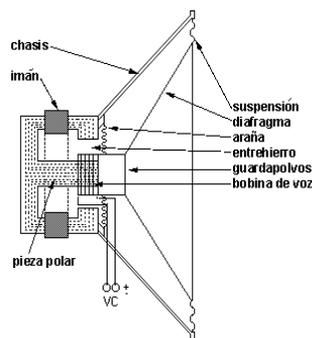


Figura 1.9 Altavoz de cono

1.5.4.2 Altavoz de cúpula (tweeter)

Conviene decir que no solo un tweeter puede ser un altavoz de cúpula.

El altavoz de cúpula funciona básicamente igual que el de cono, pero en este la superficie radiante no es un cono es una cúpula.

La cúpula tiene la característica de que la resonancia en esa estructura es absorbida de manera muy eficiente y prácticamente no causa efectos audibles, pero tiene como desventaja que la aceleración no es igual en todos los puntos de la cúpula, siendo el centro el más perjudicado.

Como consecuencia, se produce una pérdida de eficiencia respecto a su equivalente en forma de cono, pero con un sonido mejor al evitar la resonancia.

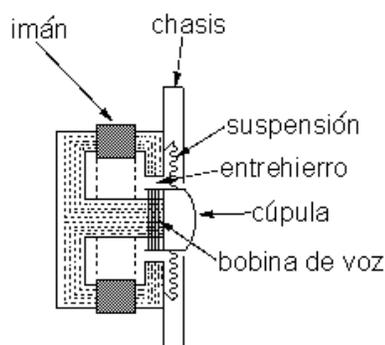


Figura 1.10 Altavoz de cupula

1.5 .5 Cajas acústicas

1.5.5.1 Tipos de Cajas acústicas

1.5.5.1.1 Caja sellada

Este tipo de caja es el más básico. Consiste en una caja llena de material absorbente. La calidad del sellado influye en la calidad final del sonido.

Es un volumen de aire cerrado, por lo que la frecuencia de sintonía será siempre mayor que la frecuencia de resonancia. Conviene utilizar altavoces con frecuencia de resonancia baja; tratar de eliminar completamente la onda producida por la parte interna del diafragma, mediante el material absorbente. Tiene una frecuencia de corte, y a partir de ahí, su respuesta se reduce con una pendiente de 12 dB/oct.

Tiene como ventaja que las cajas tienen un tamaño moderado, y que la pendiente de atenuación de la respuesta temporal es buena.

Como inconvenientes, la frecuencia de corte no es muy baja, con un tamaño de caja normal. Además, el aire contenido en la caja, a gran SPL, actúa como un muelle y se crea gran distorsión a alto volumen.

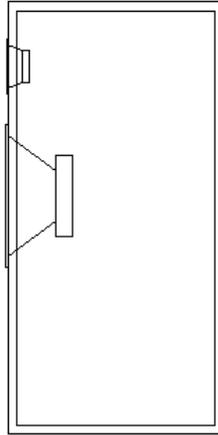


Figura 1.11 Caja sellada, respuesta a la frecuencia

1.5.5.1.2 Caja bass-reflex

Es el tipo de caja más extendido, junto a la sellada. Consiste en una caja cerrada parcialmente llena de material absorbente, pero con un tubo (port) con salida exterior. Este tubo tiene la función de ofrecer ser una resistencia entre el aire del interior y del exterior, y hacer que por la elasticidad del aire y la resistencia al pasar a través del conducto, se contenga la salida y entrada de aire y que no se produzca cancelación sino refuerzo de las bajas frecuencias.

Hay dos fenómenos: una caja abierta (masa) y una resistencia unida a un volumen de aire, que se aproxima a un volumen cerrado (elasticidad) por lo que la frecuencia de sintonía puede ser mayor o menor que la frecuencia de resonancia.

Tiene como característica principal su buen rendimiento en graves, causado por una frecuencia de corte menor que en las cajas selladas, pero tiene el problema que la pendiente de atenuación de su respuesta es muy alta: 18 – 24 dB/oct.

Las ventajas son su buen rendimiento y extensión en graves y su capacidad para manejar grandes SPL sin distorsión.

Los problemas son que la pendiente de atenuación es muy alta, y que cuando se trabaja por debajo de la frecuencia de corte de la caja, el aire contenido en el conducto ya no actúa como resistencia, y el altavoz es como si estuviese funcionando al aire libre. Esto puede causar que se sobrepase la excursión máxima del diafragma y que se rompa el woofer. La respuesta temporal no es demasiado buena.

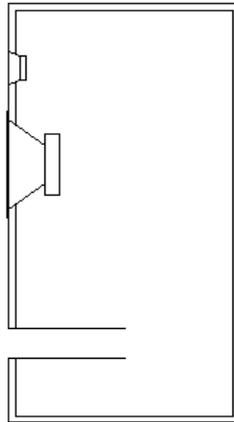


Figura 1.12 Caja Bass – Reflex

1.5.5.1.3 Caja con radiador pasivo

Es una variante de la caja bass-reflex. Fue inventado por Celestino.

Consiste en una caja bass-reflex en la que se ha sustituido el port por un radiador pasivo.

Un radiador pasivo es como un altavoz, pero sin imán y sin bobina. Solo tiene el chasis, la suspensión y el diafragma. Su misión es dejar pasar a los graves que se crean en el interior de la caja.

Se trata de que hacer que el radiador pasivo ofrezca la misma resistencia al aire que el port de un sistema bass- reflex. Para esto se le añade masa.

El rendimiento de estas cajas es menor que los bass-reflex, ya que a la frecuencia de resonancia del radiador se produce una disminución en la respuesta (como un notch filter).

Las ventajas son las mismas que en las cajas bass-reflex, y en los inconvenientes hay que añadir el precio del radiador.

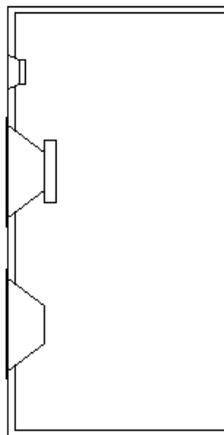


Figura 1.13 Caja con radiador pasivo

1.5.5.1.4 Caja Elf

Elf es un acrónimo de Extended Low Frequency. Es un tipo de caja conocido desde hace tiempo, por lo menos en su principio de funcionamiento, pero no se ha empezado a usar hasta hace poco tiempo, con la aparición de los subwoofer activos para equipos de home cinema. Aun así no está muy extendida por sus serias restricciones, a pesar de tener una ventaja muy importante.

Consiste en una caja sellada con un volumen mucho menor que el necesario. Esto hace que la respuesta decaiga a frecuencias muy altas, entre 100-150Hz, lo cual no es muy lógico para un subwoofer. Pero mediante una corrección activa esa respuesta se puede dejar plana hasta una determinada frecuencia.

Normalmente una caja se considera “usable” a partir de la frecuencia de sintonía, pero en este tipo concreto de caja se usa desde la frecuencia de resonancia hacia frecuencias menores. Aquí el aire reduce la elasticidad, equivale a una suspensión más rígida y la frecuencia de sintonía de la caja aumenta, por eso en un altavoz con la frecuencia de resonancia = 40Hz se puede hacer la frecuencia de sintonía = 100 Hz.

Las ventajas son que el tamaño es sumamente reducido. A falta de confirmar, el subwoofer de subwoofer Bang & Oufsen es un ejemplo, un cubo de 25-30 cm de lado. Otra ventaja es la eliminación de la onda producida por parte trasera se produce por la propia elasticidad del aire. Por otra parte la elasticidad del aire contenido y alto desplazamiento de la membrana hacen que la distorsión sea alta.

Los inconvenientes son serios: al reducir el SPL a -12dB/oct, la corrección debe ser muy fuerte. Las limitaciones por potencia son muy importantes, pero no tanto como las limitaciones por desplazamiento de la membrana.

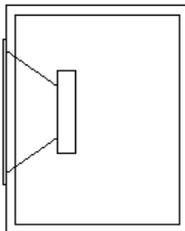


Figura 1.14 Caja Elf

1.5.7 Mezcladoras

Una mezcladora electrónica es un dispositivo para mezclar dos o más señales electrónicas.

1.5.8 Clasificación de Mezcladoras

- A. *De baja frecuencia.* A partir de una determinada frecuencia que puede o no ser variable, controlan la amplitud de las frecuencias mas bajas, atenuándolas o incrementándolas hasta un nivel seleccionado.
- B. *De alta frecuencia.* Igual que el anterior, pero con las frecuencias superiores a las prefijadas.
- C. *De frecuencias medias.* Para una frecuencia. Para una frecuencia central determinada y un ancho de banda preseleccionado, puede amplificar o atenuar el nivel de la señal en el rango de frecuencias de operación del filtro. Pueden seleccionarse varias frecuencias centrales y diversos anchos de banda con valores fijos o variables en circuitos independientes.
- D. *Paramétrico.* En cualquier de los tipos descritos, pero más comúnmente en los de frecuencias medias, se trata de un solo circuito que cuenta con controles para cada una de las variables, por lo que es capaz de seleccionar la frecuencia central, el ancho de banda y el nivel en forma continua.
- E. *Gráfico.* Este cuenta con múltiples filtros de amplitud variable, de anchos de banda iguales en una escala logarítmica de frecuencia, y tiene una serie de controles colocados en línea recta horizontal y son del tipo deslizable, de tal manera que proporcionan una grafica de la ecualización efectuada a lo largo del rango de frecuencias, normalmente cuentan con 10 a 31 bandas.

1.5.9 Relación Señal a Ruido

Diferencia en dB del nivel máximo que la señal puede tener sin saturar o generar distorsión a su paso por un equipo, y el nivel del ruido producido por el propio equipo en ausencia de señal. Determina la mayor fluctuación de nivel que puede tener la señal de entrada que pasara con limpieza por el equipo. Se mide empleando señales sinusoidales de diferentes frecuencias dentro de diferentes ancho de banda del equipo, o por lo menos con una de 1kHz. , variando su nivel de tal manera que se localice el máximo nivel que puede tener la señal antes de que se produzca distorsión.

Posteriormente se le compara con la salida del aparato, cuando no se le aplica señal de prueba, ya sea en todo el ancho de banda del mismo, o a la misma frecuencia de la señal de prueba, según sea el caso. Para que los valores medidos sean correctos, se conecta a la

entrada un elemento con impedancia igual a la del oscilador a la entrada del equipo bajo prueba.

1.5.10 Velocidad de Sampleo

La calidad de sonido depende de ella, cuantas más muestras por segundo se tomen más calidad tendrá el sonido. También llamada frecuencia de muestreo se suele medir en "Hz" Hertz o ciclos por segundo.

Es la cantidad de muestras que el convertidor toma por segundo y es del orden de las 11.000 muestras por segundo (11 Khz), para que el sonido sea comprensible, cómo dato útil mencionar que los compact disc de audio poseen una frecuencia de sampleo de 44.1 Khz o lo que es lo mismo 44.1 muestras por segundo.

Los DVD emplean una frecuencia de muestreo de 48000 Hz

CAPÍTULO II

MATERIALES ACÚSTICOS

2.1 Materiales Acústicos.

Los materiales y estructuras acústicas se pueden describir como aquellos que tienen la propiedad de absorber o reflejar una parte importante de la energía de las ondas acústicas que chocan con ellos.

Pueden emplearse para aislar y acondicionar acústicamente de distintas maneras:

- 1.- Como estructuras para reducir la transmisión sonora
- 2.- Como elementos para barreras y cerramientos
- 3.- Como unidades suspendidas individuales
- 4.- Como recubrimientos de paredes, suelos y techos

2.2 Tipos de materiales.

2.2.1 Materiales porosos.

Los materiales porosos están constituidos por un medio sólido (esqueleto), recorrido por cavidades más o menos tortuosas (poros) comunicadas con el exterior. Ver Figura 2.1.



Figura 2.1 Material poroso

. Al incidir una onda acústica sobre la superficie del material, la onda acústica penetra por los intersticios, haciendo entrar en vibración a las fibras, produciendo una transformación en energía cinética de parte de la energía acústica, el aire a su vez produce pérdidas al entrar en movimiento y transformarse en calor.

El comportamiento del material dependerá de la porosidad del mismo.

En los materiales de esqueleto rígido el coeficiente de absorción aumenta con la frecuencia, mientras que en los materiales flexibles se presentan resonancias (máximos) de absorción a frecuencias bajas y medias.

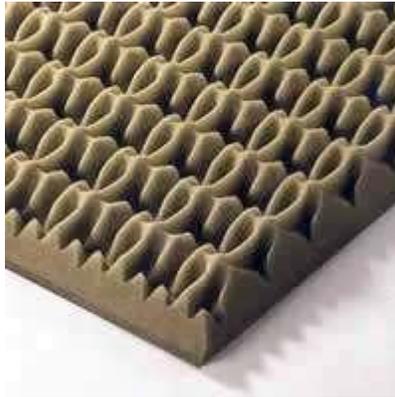


Figura 2.2 Materiales acústicos porosos

2.2.2 Materiales o trampas para graves.

Las trampas para graves están encargadas de lidiar con las bajas frecuencias. Son ondas grandes, con mucha energía, y son las más difíciles de combatir.

En función del método de absorción se puede hablar de trampas activas y trampas pasivas.

- A. Las primeras basan su funcionamiento en lograr que ciertos elementos (generalmente paneles rígidos como flexibles) entren en resonancia al incidir sobre ellos la onda sonora, transformando la energía acústica en movimiento.
- B. Las segundas suelen estar construidas con espumas muy densas que actúan debido al tamaño de la propia trampa y su ubicación (generalmente en las esquinas), impidiendo que las ondas crezcan en ellas y, por tanto, amortiguando su energía.

El ancho de banda de las trampas activas suele ser más estrecho que el de las pasivas, aunque puede ser ampliado mediante la colocación de material absorbente en su interior.

Las trampas pasivas suelen ofrecer menor absorción, resultan idóneas para homogeneizar de forma general el límite inferior (low end) de la sala. Sin embargo, si se requiere de grandes cantidades de absorción es posible que el tamaño de la trampa pasiva se eleve.

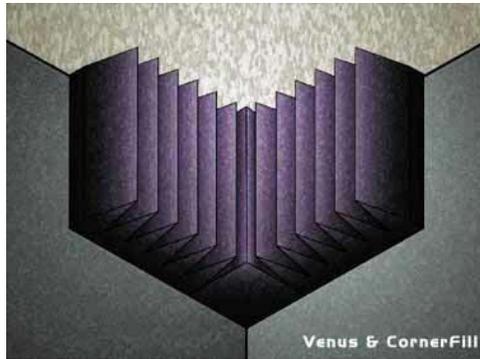


Figura 2.3 Trampa Pasiva

2.2.3 Materiales difusores.

El objetivo de estos materiales consiste en prevenir las focalizaciones de sonido, dispersando los rayos sonoros en múltiples direcciones.

Para ello, los difusores suelen contar con formas geométricas de variados tamaños y disposiciones, para lograr que la onda se refleje de manera distinta en cada una de ellas.

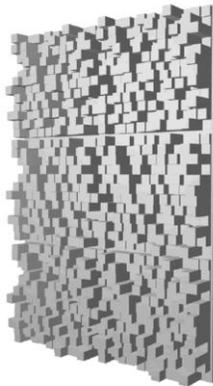


Figura 2.4 Skyline



Figura 2.5 Space Array

2.3 Características de los materiales acústicos.

2.3.1 Coeficiente de absorción.

El coeficiente de absorción acústica de un material depende de la naturaleza del mismo, de la frecuencia de la onda sonora y del ángulo con el que incide la onda sobre la superficie.

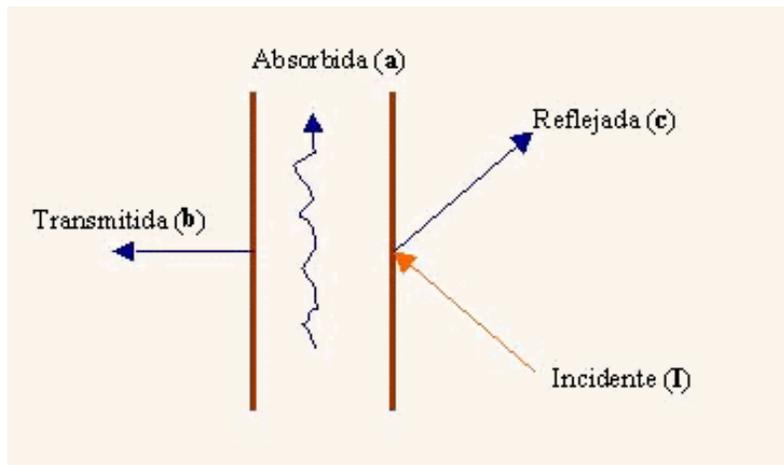


Figura 2.6 Comportamiento de la Energía a través de una superficie

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Hormigón	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02	0,027
Moqueta	0,08	0,27	0,39	0,34	0,48	0,63
Fibra de vidrio	0,2	0,37	0,6	0,8	0,75	0,7

Figura 2.7 Coeficientes de absorción de algunos materiales

2.3.2 Construcción de un panel acústico

2.3.2.1 Resonador simple de cavidad (Helmholtz)

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

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

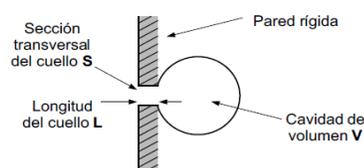


Figura 2.8 Esquema básico del resonador simple con cavidad helmholtz montado en una pared

2.3.2.2 Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados

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

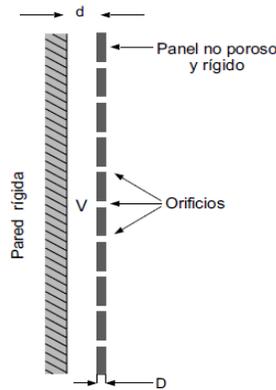


Figura 2.9 Esquema básico de un resonador múltiple de cavidad (helmholtz) a base de paneles perforados

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

$$d \ll \lambda \dots\dots\dots 2.3.2.2.1$$

El resonador múltiple de cavidad puede ser considerado de cualquiera de las siguientes maneras:

- A. Como un resonador de membrana en el que la masa del panel ha sido sustituida por la masa del aire contenido en cada perforación o ranura. En este caso, es precisamente dicho aire, y no el panel, el que entra en vibración cuando una onda sonora incide sobre el elemento.
- B. Como un conjunto de resonadores simples de Helmholtz que comparten una misma cavidad. Dicha cavidad actúa a modo de elemento acoplador entre los diferentes orificios practicados. En cuanto a su grado de absorción en función de la frecuencia, por la regla general aumenta cuando la cavidad se rellena parcial o totalmente con un material absorbente del tipo lana de vidrio o lana mineral. Además, el hecho de añadir dicho material produce un aumento aparente del volumen de la cavidad y, por consiguiente, una disminución de la frecuencia de resonancia.

Cuando el material absorbente se sitúa detrás del panel, la absorción es relativamente poco selectiva, y a medida que dicho material se va separando del mismo, la curva se va

estrechando. (Ver Figura 2.10) La absorción más selectiva se obtiene cuando el material absorbente se coloca sobre la pared rígida.

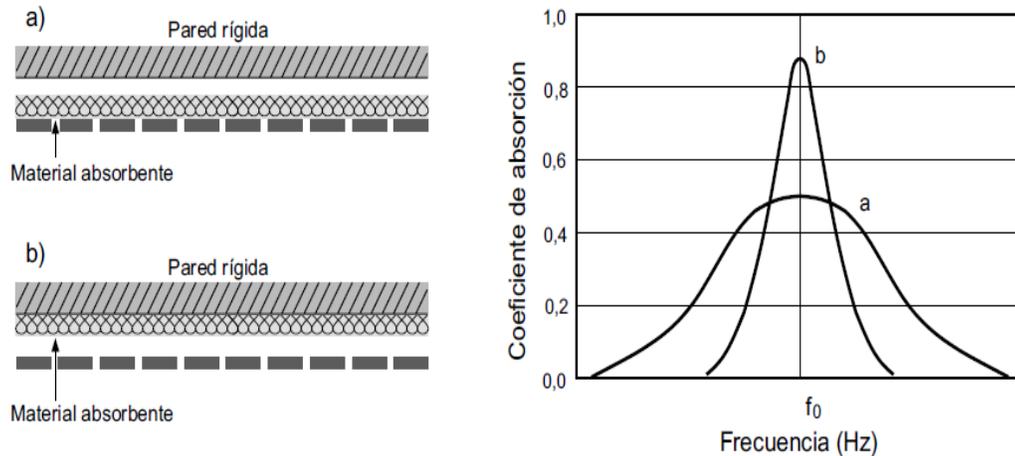


Figura 2.10 Coeficientes de absorción genéricos de un resonador múltiple: a) con el material absorbente en contacto con el panel; b) con el material adosado a la pared rígida.

Para obtener una curva de absorción menos selectiva, es preferible colocar el material absorbente justo detrás del panel perforado o ranurado.

2.3.3 Tiempo de reverberación.

El Tiempo de Reverberación RT, es el tiempo que tarda una señal, desde que deja de sonar, hasta que se atenúa en un nivel de 60 dB. Para realizar la medida se genera un ruido y se mide a partir de que este deja de escucharse, entonces, se determina el tiempo que tarda en atenuarse 60 dB.

El Tiempo de Reverberación se mide en bandas de octava, esto es, un recinto no tiene el mismo RT en 200 Hz que a 4 kHz. Ello es debido a que el RT viene determinado por el Volumen de la sala, y por los coeficientes de absorción de sus superficies. Como los coeficientes de absorción de los materiales que componen cualquier local no son iguales para todas las frecuencias, las reflexiones generadas en el interior del local serán diferentes para cada frecuencia y por lo tanto el RT del local es diferente.

Para calcular la RT de un local sin realizar mediciones se puede utilizar la fórmula de Sabine:

$$RT_{60} = 0,161 * (V/A) \dots \dots \dots 2.3.3.1$$

V = Volumen de la sala en m³

$A =$ Superficie de Absorción en m^2

Cuanto mayor es el local mayor es el RT. Si los materiales que lo componen internamente son poco absorbentes el RT también aumentará.

El valor de RT es muy importante si se quiere conseguir buenos niveles de inteligibilidad dentro de los locales.

CAPÍTULO III

Aislamiento, acondicionamiento y refuerzo sonoro

3.1 Aislamiento

Se entiende por aislamiento acústico a la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada

3.1.1 Principio de aislamiento

Cuando las ondas sonoras chocan con un obstáculo, las presiones sonoras variables que actúan sobre él hacen que éste vibre. Una parte de la energía vibratoria transportada por las ondas sonoras se transmite a través del obstáculo y pone en movimiento el aire situado del otro lado, generando sonido. Parte de la energía de las ondas sonoras se disipa dentro del mismo, reduciendo la energía irradiada al otro lado.

La energía del sonido que incide (E_i) se descompone en la energía reflejada al medio emisor (E_r) y la energía absorbida (E_a), es decir, la energía no reflejada. A su vez, la energía absorbida se distribuye en energía disipada a través del material (E_d) y energía transmitida al medio receptor (E_t).

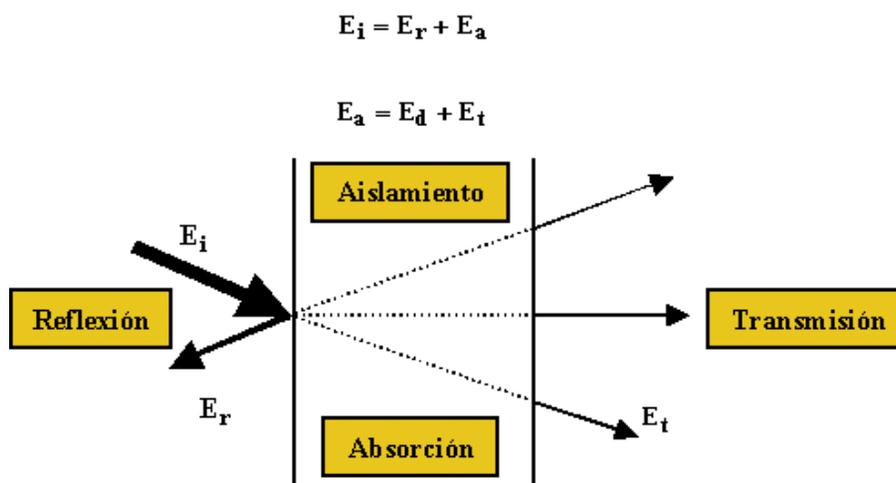


Figura 3.1 Diagrama del aislamiento

3.1.2 Medida de aislamiento

El aislamiento acústico total de un recinto se determina mediante los límites de aislamiento, depende tanto del nivel de ruido existente en el interior del recinto como del nivel máximo admisible en el interior del recinto.

El índice de aislamiento se define como la capacidad de un elemento constructivo de reducir la intensidad acústica de un ruido que se propaga, a su vez:

$$R = L_{p1} - L_{p2} \dots\dots\dots 3.1.2.1$$

Siendo L_{p1} y L_{p2} los niveles de presión acústica en el emisor y el receptor respectivamente.

La energía acústica transmitida a través de una pared es la diferencia entre el nivel de presión acústica del sonido y el aislamiento acústico del material

3.1.3 Cálculo del aislamiento acústico mixto.

En la edificación es normal la presencia de elementos formados materiales diferentes que se caracterizan por tener distinto aislamiento entre sí. El aislamiento acústico global de un elemento compuesto por distintos elementos (puertas, ventanas, etc.), dependerá tanto del área de cada uno de los elementos constructivos, como del aislamiento de los mismos.

El aislamiento acústico global está dado por:

$R_g = \text{Aislamiento Acustico Global}$

$$R_g = 10 \log \left(\frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{0.1R_i}}} \right) \quad (\text{dB}) \dots\dots\dots 3.1.3.1$$

Siendo S_i el área del elemento constructivo i (m^2) y R_i el aislamiento específico del elemento constructivo de área S_i . Para una pared con una ventana:

$$R_g = 10 \log \left(\frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{0.1R_c}} + \frac{S_v}{10^{0.1R_v}}} \right) \dots\dots\dots 3.1.3.2$$

Siendo S_c y S_v las áreas de pared y ventana, con aislamiento R_c y R_v

3.2 Acondicionamiento

El acondicionamiento acústico es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos de un recinto. Mejorando las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local.

- Las propiedades acústicas de un local están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos.
- La proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

CAPÍTULO IV

Resultados

4.1 n Introducción

Es un recinto de planta rectangular, en el Lado A tiene 5 ventanas, una puerta de emergencia, una bodega, con su respectiva puerta, las escaleras que acceden a un segundo piso en construcción, el Lado D tiene en su área un zaguán, dos ventanas y el lado posterior de la escalera, el Lado C se encuentra junto a la área de baños, los cuales forman una esquina con el Lado B, se cuenta con varias columnas en todo el recinto y por último la pista de baile se encuentra al centro del recinto. Los materiales del recinto de desglosan en el Anexo G

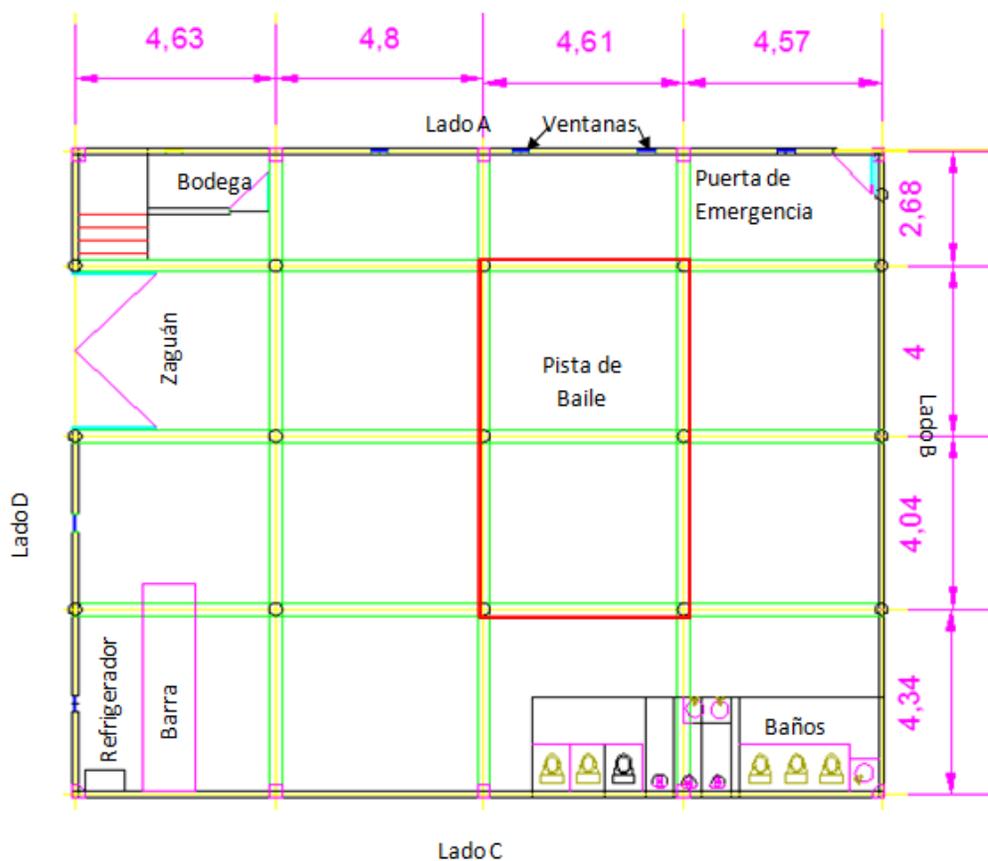


Figura 4.1 Plano arquitectónico del salón de fiestas "Mirador"

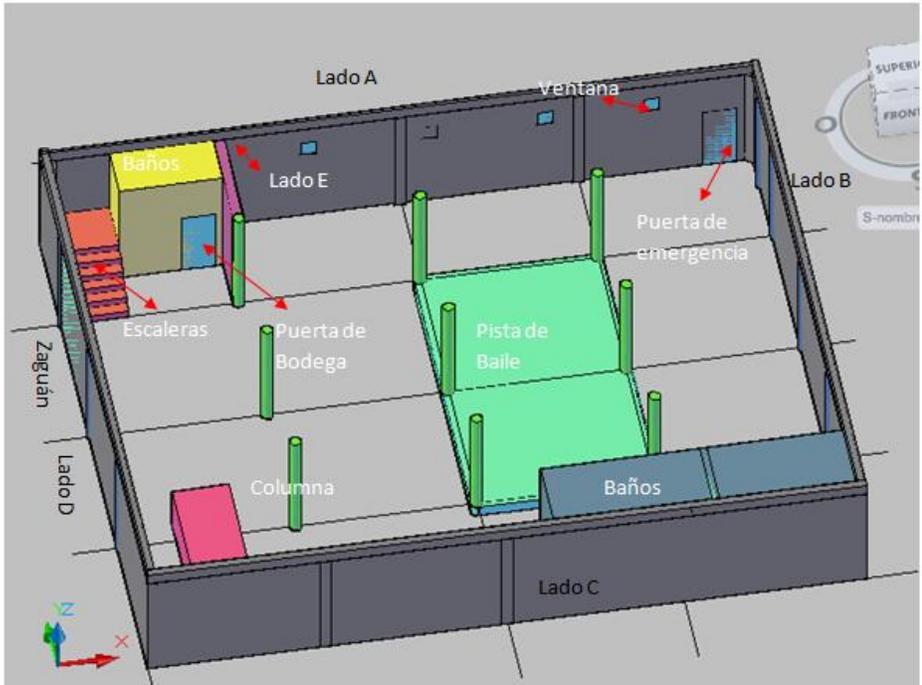


Figura 4.2 Partes que conforman el recinto

4.2 Medición de Ruido de fondo

El ruido de fondo se midió conforme a la Norma 61 (Ver Anexo), con el sonómetro EXTEC 467796, efectuando las mediciones en un horario de 6pm – 10pm mientras el recinto se encontraba vacío. El recinto se dividió en 16 puntos interiores y cuatro puntos exteriores (ver Figura 4.3).

Se realizaron 30 mediciones por cada punto obteniendo el Leq promedio (Tabla 1) basado en:

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{\text{Número de Muestras}} \sum_{n=0}^{\infty} 10^{\frac{NPS}{10}} \right] \dots\dots\dots 4.2.1$$

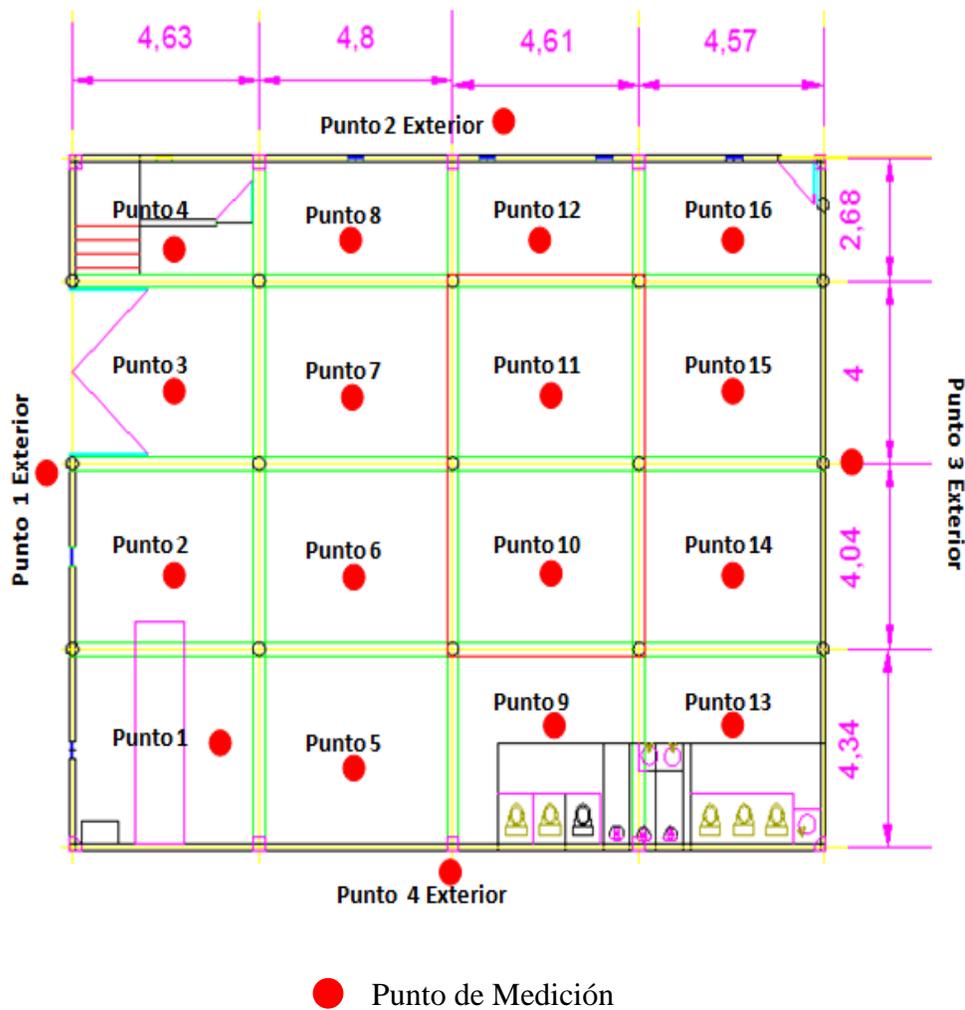


Figura 4.3 Puntos de Referencia para la medición de ruido de fondo

Las mediciones del ruido de fondo (Tabla 1) muestran que no existe un nivel elevado conforme a la NORMA 81, la cual especifica que el ruido de fondo en un lugar de trabajo no debe de exceder los 65 dB. Este nivel es debido al aislamiento que se genera a partir de los muros del recinto, del ruido exterior hacia el interior

Mediciones	Promedios
Punto 1	49.92 dB
Punto 2	49.49 dB
Punto 3	51.81 dB
Punto 4	48.61 dB
Punto 5	52.96 dB
Punto 6	48.90 dB
Punto 7	48.75 dB
Punto 8	49.52 dB

Punto 9	49.27 dB
Punto 10	49.36 dB
Punto 11	58.88 dB
Punto 12	53.49 dB
Punto 13	48.10 dB
Punto 14	46.13 dB
Punto 15	48.32 dB
Punto 16	56.93 dB
Punto 1 Exterior	53.45 dB
Punto 2 Exterior	64.52 dB
Punto 3 Exterior	56.16 dB
Punto 4 Exterior	62.65 dB

Tabla 1. Niveles de Ruido de fondo al interior del salón de fiestas “Mirador”

4.3 Medición de Ruido de fondo en el evento

La medición del ruido de fondo en el evento se efectuó en un horario de 9:30 pm-2am. La evaluación fue realizada con el sonómetro NOR 132. Teniendo como referencia los puntos de la Figura 4.4)

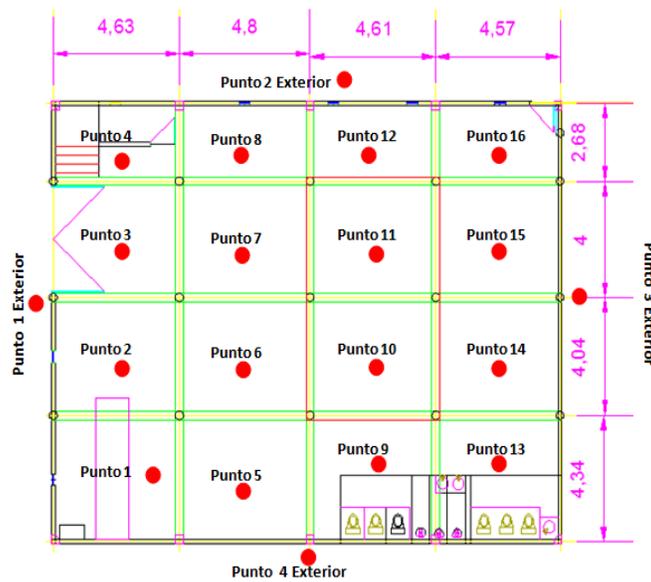


Figura 4.4 Puntos de referencia para la medición de Ruido de fondo en el evento

El nivel de presión sonora del recinto se obtuvo por el nivel de ancho de banda cuya característica es de los 125 Hz a los 4000 HZ siendo 16 puntos, en un intervalo de tiempo de 30 s por cada punto.

Nivel de presión sonora en	Frecuencia f(Hz)						dB(A)
	125	250	500	1000	2000	4000	
Punto 1 (dB)	84	81.1	81.1	81.4	83.6	84.4	90
Punto 2 (dB)	91.9	93.7	88.8	87.3	74.9	77.5	92
Punto 3 (dB)	93.6	98.2	89.8	85.8	84.5	85.2	93
Punto 4 (dB)	89.9	93.9	84.6	83.9	82	84.3	91
Punto 5 (dB)	92.7	94.6	85.6	83.2	79.9	79.6	90
Punto 6 (dB)	98.5	97.1	91	86.6	83.9	86.1	94.3
Punto 7 (dB)	102.2	96.2	91.1	88.4	86.2	87.7	95.7
Punto 8 (dB)	98.5	98.9	94.6	91.4	88.1	86.2	97.2
Punto 9 (dB)	95.2	93.3	83.7	81.8	79.7	80.1	89.4
Punto 10 (dB)	94.7	95.6	89.2	87.1	84.6	84.1	93.4
Punto 11 (dB)	99.2	100	93	90	93.4	91.4	99.4
Punto 12 (dB)	99.3	101.1	92.5	90.5	86.2	85.3	96.7
Punto 13 (dB)	96.8	93.8	88.3	87.4	89.5	89.6	96.2
Punto 14 (dB)	97.5	98.7	89.2	87	84.7	84.6	94.6
Punto 15 (dB)	95.8	99.3	94.5	91.7	88.4	85.6	97.5
Punto 16 (dB)	89.9	92.1	85.5	84.1	82.3	82.9	90.5
Punto Exterior 1 (dB)	77.8	74.7	66.8	63	58.5	60.1	70.8
Punto Exterior 2 (dB)	70	74	76.5	60.6	59.6	54.7	68.7
Punto Exterior 3 (dB)	60.9	57.7	53	51.2	46.9	41.3	56.3

Tabla 2. Niveles de presión sonora que inciden sobre los distintos puntos del recinto.

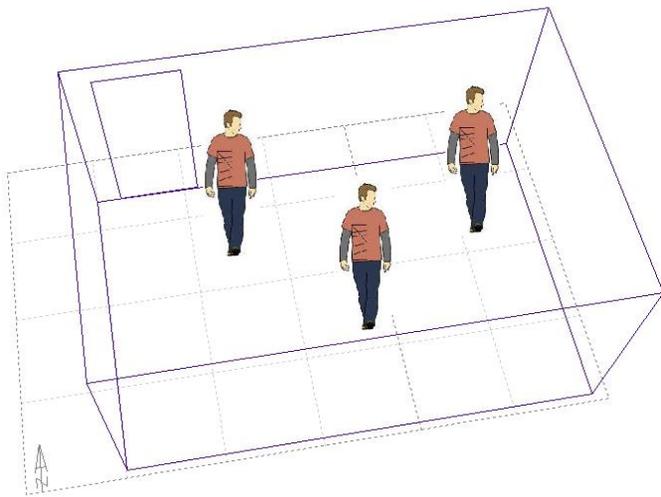
Los niveles de presión sonora al interior del recinto, exceden el límite máximo de 65 dB(A) para lugares de trabajo. Al exterior se presenta un nivel elevado conforme a la norma 81.

4.4 Medición del ruido de fondo y tiempo de reverberación de la cámara ecoica.

Para la elección de los materiales acústicos que se usaran en la construcción de paneles acústicos, fue necesario analizar su comportamiento de absorción por bandas de octava. Este análisis se debe realizar en un ambiente controlado, como la cámara ecoica.

Para realizar las mediciones una persona se encontrará dentro de la cámara ecoica, por lo que se medio el nivel de absorción de una persona.

Se realizaron las mediciones de ruido de fondo con una, dos y tres personas en la cámara ecoica, ubicada en el laboratorio de Acústica en el Edificio Z2 tercer piso, presentando las siguientes dimensiones:



Largo = 4.84m

Ancho = 3.32m

Alto = 2.53m

Volumen = 40.65 m³

Se utilizó el sonómetro NOR 132 para un rango de 125 Hz - 16 KHz durante un lapso aproximado por cada medición, de 60 seg.

Se observa que el ruido de fondo es inversamente proporcional al incremento de personas en el recinto.

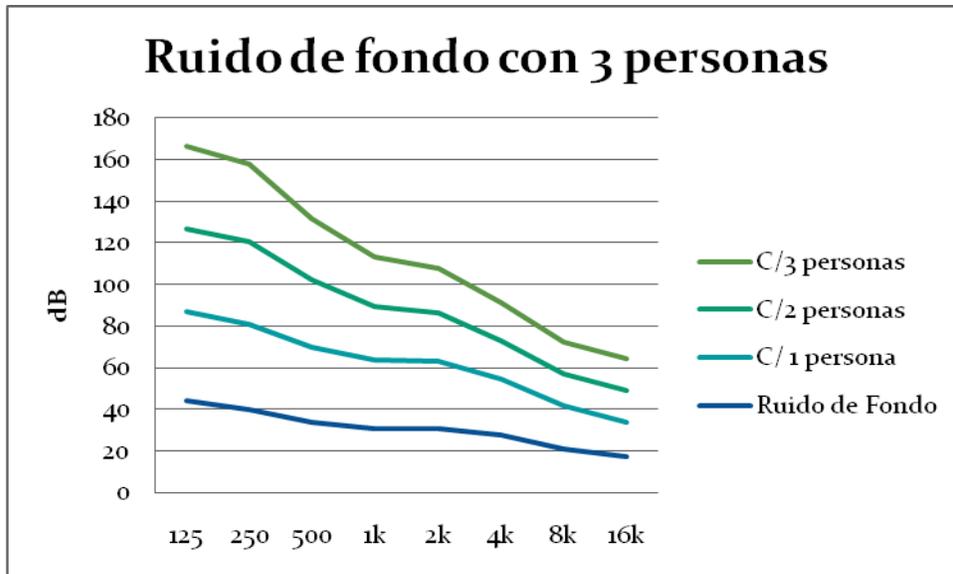


Figura 4.5 Gráfica de Ruido de fondo con tres personas.

Frecuencia	Ruido de Fondo	C/ 1 persona	C/2 personas	C/3 personas
125	44	43.2	39.6	39.4
250	40	41.2	39.4	37
500	33.8	36	32.6	29.2
1k	30.7	33	25.8	23.8
2k	30.4	32.7	23.5	20.7
4k	27.4	27.1	18.7	17.9
8k	20.9	20.9	15.4	15.1
16k	17.3	16.7	15.2	15

Tabla 3. Medición del ruido de fondo con una variación de 3 personas en su interior.

Coeficiente Absorción	
Persona de pie	S/Abrigo de pie
0.23	0.12
0.33	0.24
0.39	0.59
0.42	0.98
0.47	1.13
0.47	1.12

Tabla 4. Coeficientes de Absorción para una persona de pie c/s abrigo.

Mediante la medición del Nivel de presión sonora con el sonómetro NOR 132, en distintos puntos del recinto se obtuvieron los siguientes valores (mínimo a máximo dB's): (Ver Figura 4.6).

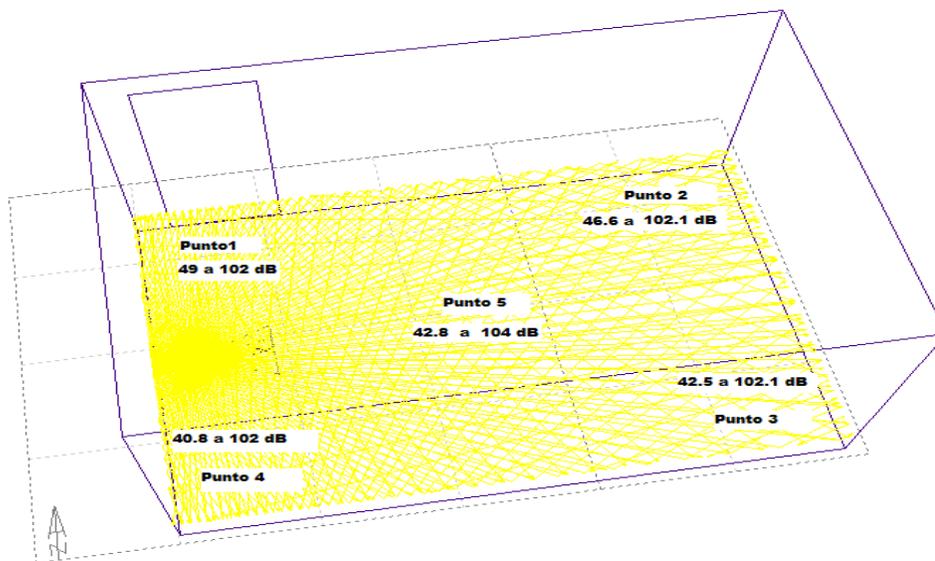


Figura 4.6 Cámara ecoica con un campo difuso de 102 dB aproximadamente.

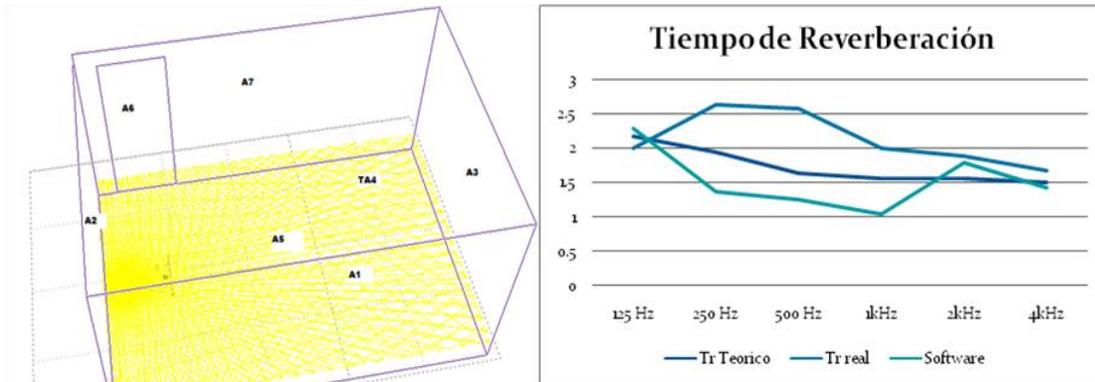
Se observó que dentro de la cámara ecoica la distribución de energía es uniforme comportándose como un campo difuso alrededor de la fuente, al centro de la fuente se presenta un nivel máximo de presión sonora.

La medición del tiempo de reverberación de la cámara ecoica se obtuvo con el sonómetro NOR 132 En bandas de octava de 125Hz - 4000Hz. El Tiempo de reverberación fue de 2.15 seg – 1.5 seg.

El cálculo teórico del tiempo de reverberación es caracterizado por la ecuación de Sabine:

$$RT = 0.161 \frac{V}{(S_1\alpha + S_2\alpha + S_3\alpha \dots S_n\alpha)} \dots\dots\dots 4.4.1$$

Comparando el tiempo de reverberación teórico(Ver Anexo I) , con el tiempo de reverberación simulado se observa, que este ultimo presenta un decremento menor a un segundo; sin embargo comparando el tiempo de reverberación simulado con el tiempo de reverberación real se observa que presenta una aumento de hasta 1 seg en frecuencias bajas y un decremento menor a 1 seg en frecuencias altas. Estos cambios son debidos a que el programa no considera factores externos, como: la construcción del recinto, el ruido exterior, etc. Estos factores afectan el tiempo de reverberación real. (Ver figura 4.7)



Frecuencia	Techo							Piso				Puerta			Ec. Sabine				
	A1(Piso)	A2=A3	A4	A5	A6	A7	TA4	Frecuencia	Tr Teorico	Tr real	Software	Frecuencia	Tr Teorico	Tr real	Software	Frecuencia	Tr Teorico	Tr real	Software
125	0.122452	0.83996	1.446192	0.321376	0.18216	0.102212	0.102212	125	2.17138022	2	2.28	125	2.17138022	2	2.28	125	2.17138022	2	2.28
250	0.122452	0.83996	1.285504	0.80344	0.22264	0.102212	0.102212	250	1.93865553	2.63	1.37	250	1.93865553	2.63	1.37	250	1.93865553	2.63	1.37
500	0.122452	0.83996	1.767568	0.964128	0.2024	0.102212	0.102212	500	1.63684987	2.58	1.25	500	1.63684987	2.58	1.25	500	1.63684987	2.58	1.25
1k	0.122452	0.83996	1.60688	1.285504	0.22264	0.102212	0.102212	1k	1.56599415	2	1.04	1k	1.56599415	2	1.04	1k	1.56599415	2	1.04
2k	0.244904	1.67992	1.285504	0.642752	0.16192	0.204424	0.204424	2k	1.55123171	1.89	1.79	2k	1.55123171	1.89	1.79	2k	1.55123171	1.89	1.79
4k	0.244904	1.67992	1.124816	0.964128	0.14168	0.204424	0.204424	4k	1.50126066	1.67	1.43	4k	1.50126066	1.67	1.43	4k	1.50126066	1.67	1.43

Figura 4.7 Tiempo de reverberación de la cámara ecoica

4.5 .Medición de materiales absorbentes.

El laboratorio de acústica cuenta con distintos paneles acústicos, como referencia se utilizan cinco de ellos para observar el comportamiento del tiempo de reverberación ante la atenuación que presenta cada material:

4.5.1 Panel triangular

La pirámide triangular está caracterizada por las siguientes dimensiones: largo = 0.4 m, alto= 1,26, Base = 0.7, volumen = 0.83 m³. Esta construido con fibra de vidrio al interior.

Se observa que la cámara ecoica tiene un Leq que va de 102.5 dB's - 100.4 dB's, al colocar el panel dentro de la cámara ecoica el Leq cambia de 97.3dB's - 99.7dB; y presenta una mayor atenuación a bajas frecuencias.

Panel 1 Triangular

	Largo	Ancho	Alto	Base	Area m ²	Volumen m ³
Panel 1	0.6		1.26	0.7	0.659734457	0.83126542

Grafica del Leq



Tabla de Leq

Frecuencia	Leq	Leq panel 1
125 Hz	102.5	97.3
250 Hz	101.5	96.3
500 Hz	101.9	98.7
1kHz	100.6	98.1
2kHz	100.4	98.4
4kHz	100.9	99.7



Figura 4.8 Comparación del Leq de la cámara ecoica en presencia del panel triangular.

La gráfica siguiente muestra la comparación del tiempo de reverberación por distintos métodos. El tiempo de reverberación teórico es muy similar al tiempo de reverberación real, sin embargo la simulación en ECOTEC muestra una variación considerable con respecto a los otros tiempos de reverberación debido a que no considera las condiciones reales del recinto. (Ver figura 4.7)

Gráfica del tiempo de reverberación

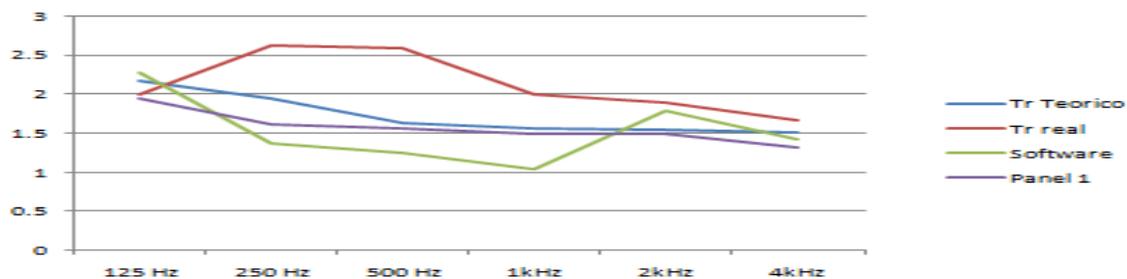


Tabla de tiempo de reverberación

Frecuencia	Tr Teórico	Tr real	Software	Panel 1
125	2.17138022	2	2.28	1.95
250	1.93865553	2.63	1.37	1.61
500	1.63684987	2.58	1.25	1.57
1k	1.56599415	2	1.04	1.49
2k	1.55123171	1.89	1.79	1.49
4k	1.50126066	1.67	1.43	1.31

Figura 4.9 Tabla de comparación entre tiempos de reverberación del panel triangular.

4.5.2 Rectangular grande

El panel rectangular grande está caracterizada por las siguientes dimensiones: largo = 0.84 m, ancho=0.295, alto=1,2, volumen = 0.307 m³. Esta construído con madera en el exterior, fibra de vidrio y perfoesel al interior

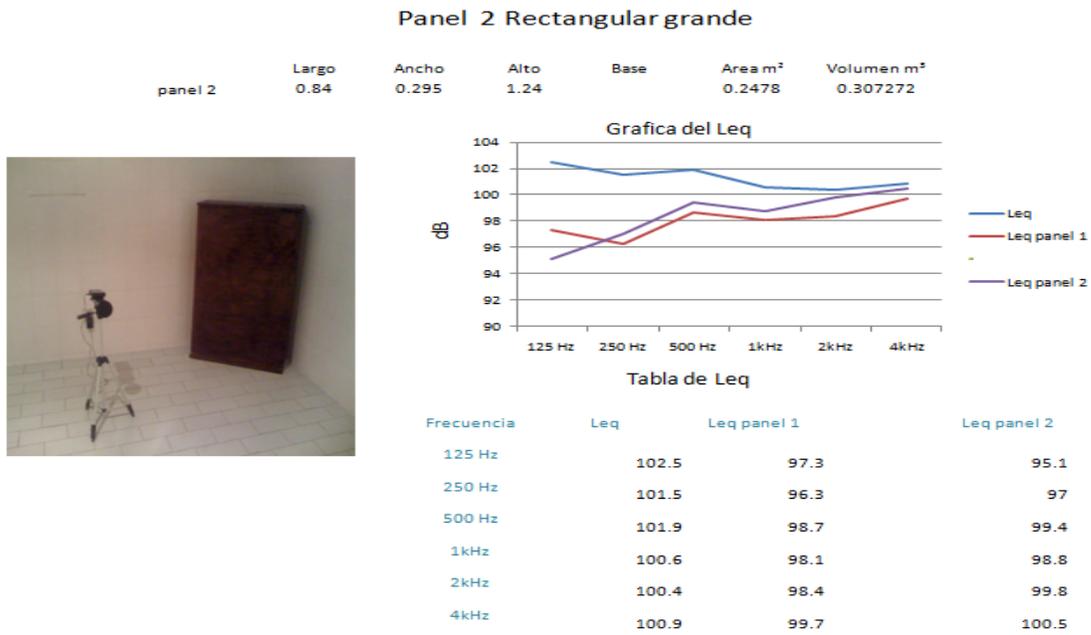


Figura 4.10 Comparación del Leq de la cámara ecoica en presencia del panel rectangular grande.

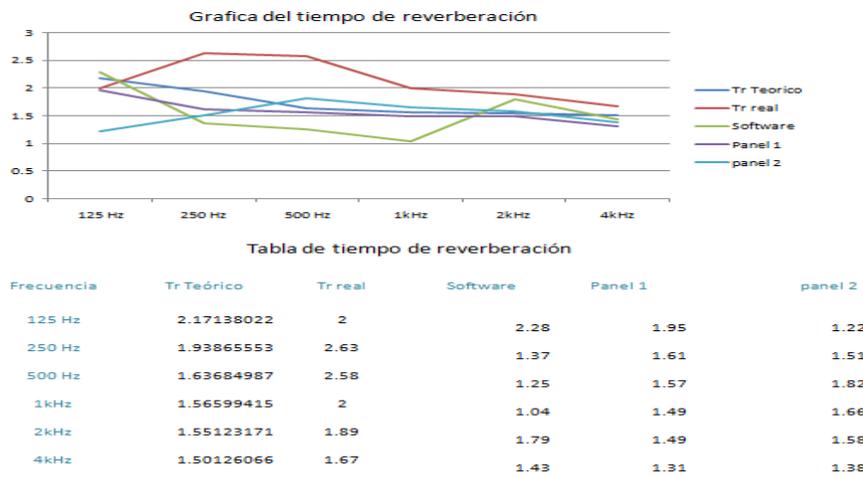


Figura 4.11 Tabla de comparación entre tiempos de reverberación del panel rectangular grande. Rectangular pequeño

El panel rectangular pequeño está caracterizada por las siguientes dimensiones: largo = 0.46 m, ancho=0.2, alto=0.8, volumen = 0.0736 m³. Esta construido con madera en el exterior, fibra de vidrio y perfofel al interior.

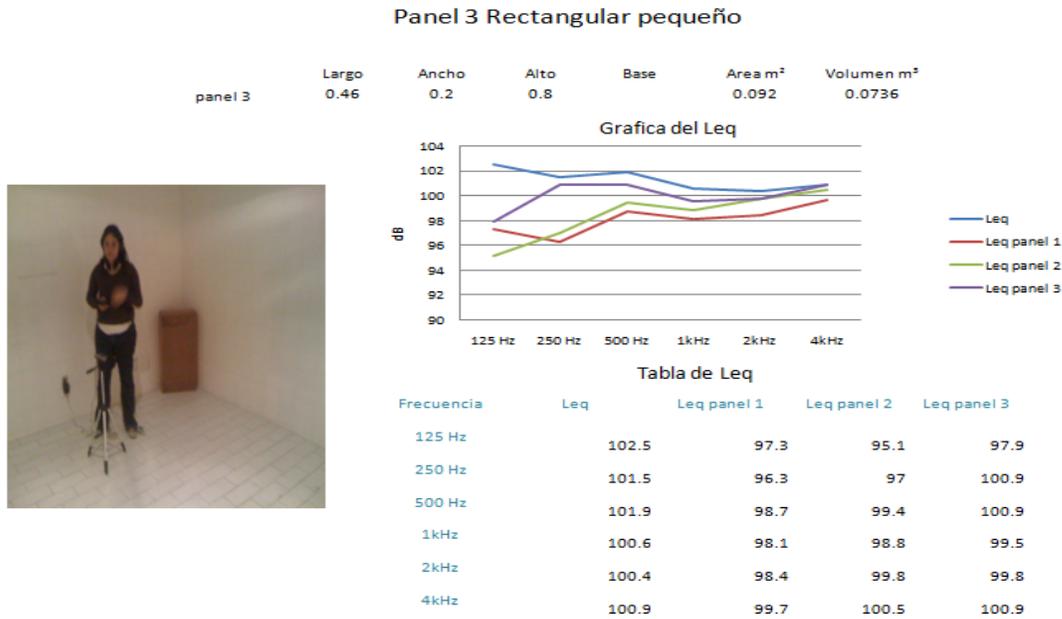


Figura 4.12 Comparación del Leq de la cámara ecoica en presencia del panel rectangular pequeño.

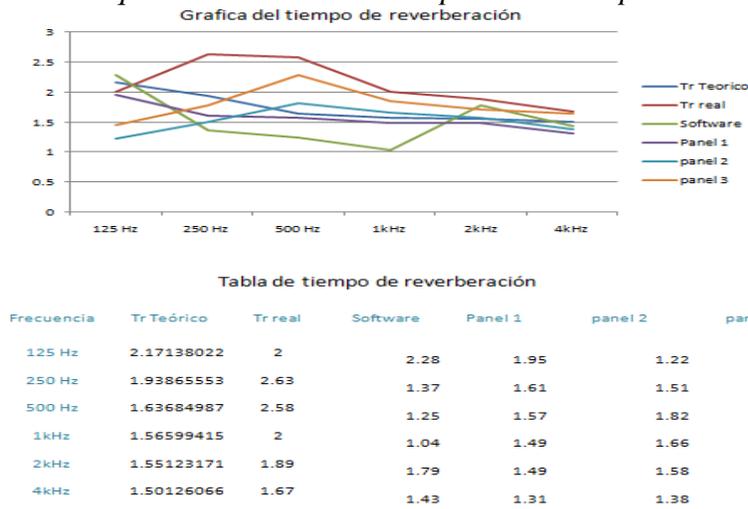


Figura 4.13 Tabla de comparación entre tiempos de reverberación del panel rectangular pequeño.

4.5.3 Fibra de Vidrio con tela

El panel de fibra de vidrio está caracterizada por las siguientes dimensiones: largo = 0.61 m, ancho=0.5, alto=0.075, volumen = 0.0228 m³. Esta construido con fibra de vidrio y forrado con tela.

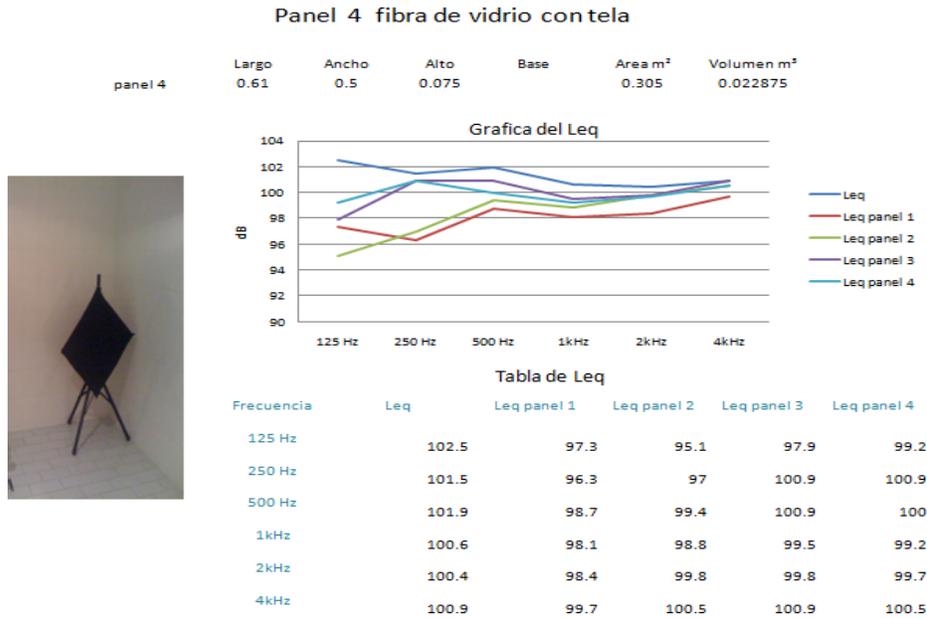


Figura 4.14 Comparación del Leq de la cámara ecoica en presencia del panel de fibra de vidrio.

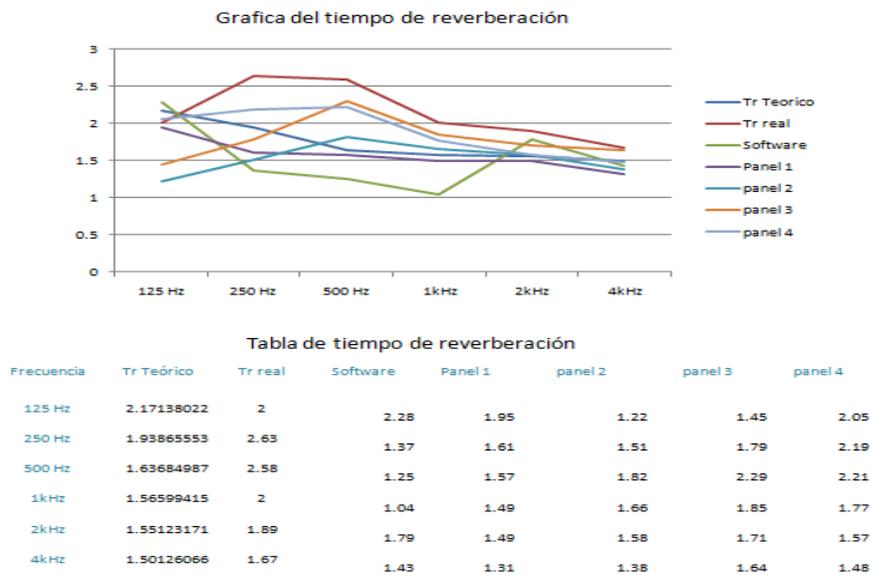


Figura 4.15 Tabla de comparación entre tiempos de reverberación del panel de fibra de vidrio.

4.5.4 Fibra de Vidrio con tela de fibra de vidrio

El panel de fibra de vidrio con tela de fibra de vidrio está caracterizada por las siguientes dimensiones: largo = 1.2 m, ancho=0.3, alto=0.08, volumen = 0.0288 m³. Esta construido con fibra de vidrio y forrado con tela de fibra de vidrio.

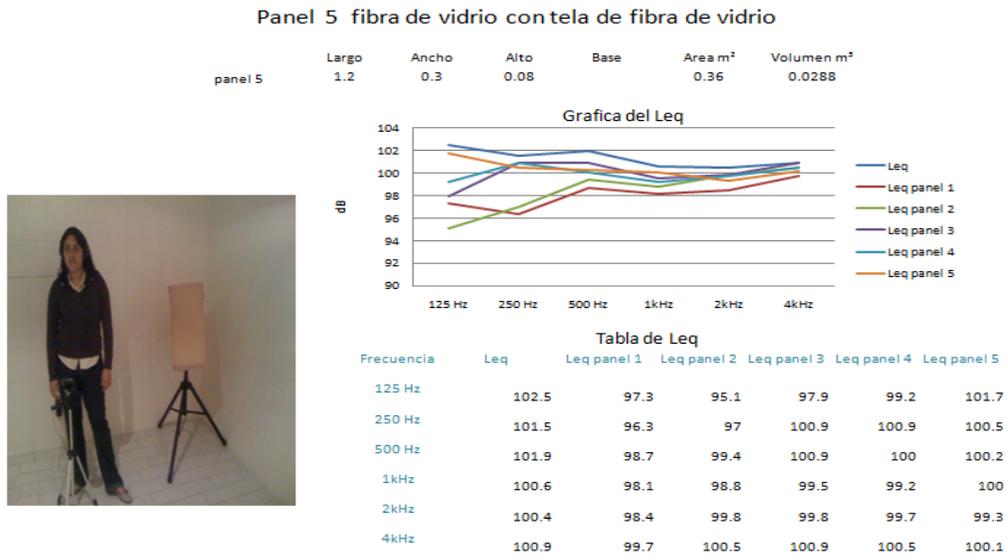


Figura 4.16 Comparación del Leq de la cámara ecoica en presencia del panel de fibra de vidrio.

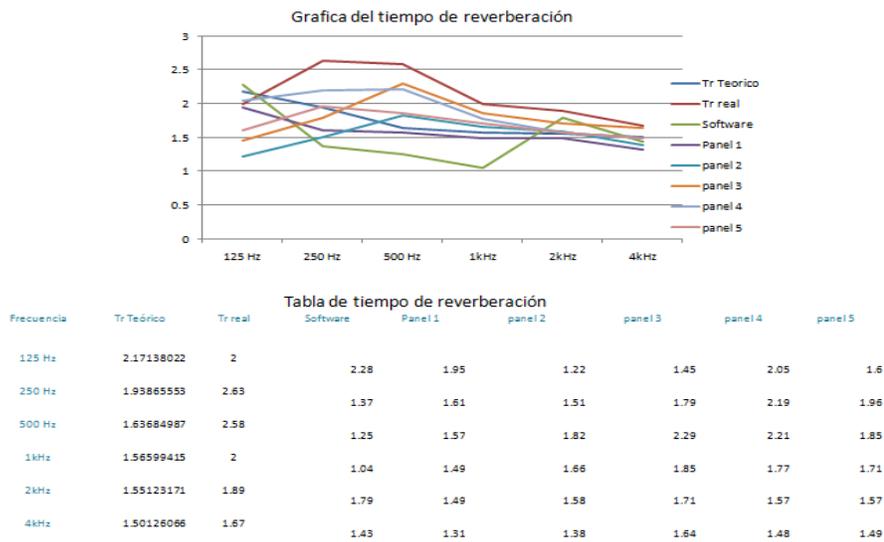


Figura 4.17 Tabla de comparación entre tiempos de reverberación del panel de fibra de vidrio.

4.6 Estructura del panel acústico

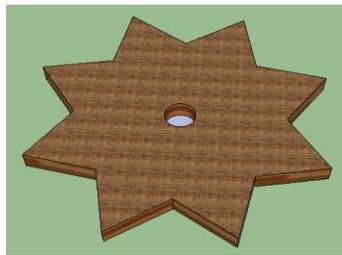
Los paneles acústicos cuentan con las siguientes medidas

Panel	Largo	Alto	Ancho	Area (m ²)
Estrella grande	0.5761	0.7654	0.2	4.8346
Estrella chico	0.3533	0.5358	0.2	2.4536
Rectangular	2.5	1.2	0.15	3

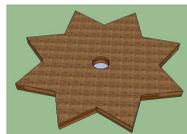
Tabla 5. Dimensiones de paneles acústicos

Su estructura está compuesta al exterior por: triplay alrededor del panel y en la tapa superior, perfocel en la tapa inferior, fibra de vidrio al interior, y tela de fibra de vidrio.

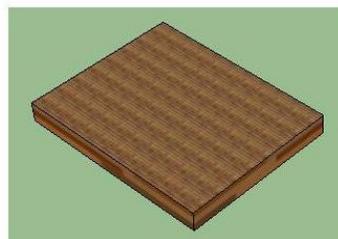
- Estrella Grande



- Estrella Pequeña



- Cuadrado



4.7 Cálculo del tiempo de Reverberación del salón de Fiestas

El tiempo de reverberación del recinto se calculó mediante la ecuación de Sabine:

$$RT = 0.161 \frac{V}{(S_1\alpha + S_2\alpha + S_3\alpha \dots S_n\alpha)} \dots\dots\dots 4.7.1$$

El recinto a analizar se muestra en la figura 4.15, muestra las distintas áreas con las que cuenta el salón, además de la distribución de las mesas dentro del recinto, esta caracterizado por las siguientes dimensiones: largo=18.61m, Ancho=15.06, Alto=3.2, y un Volumen=896.85m³

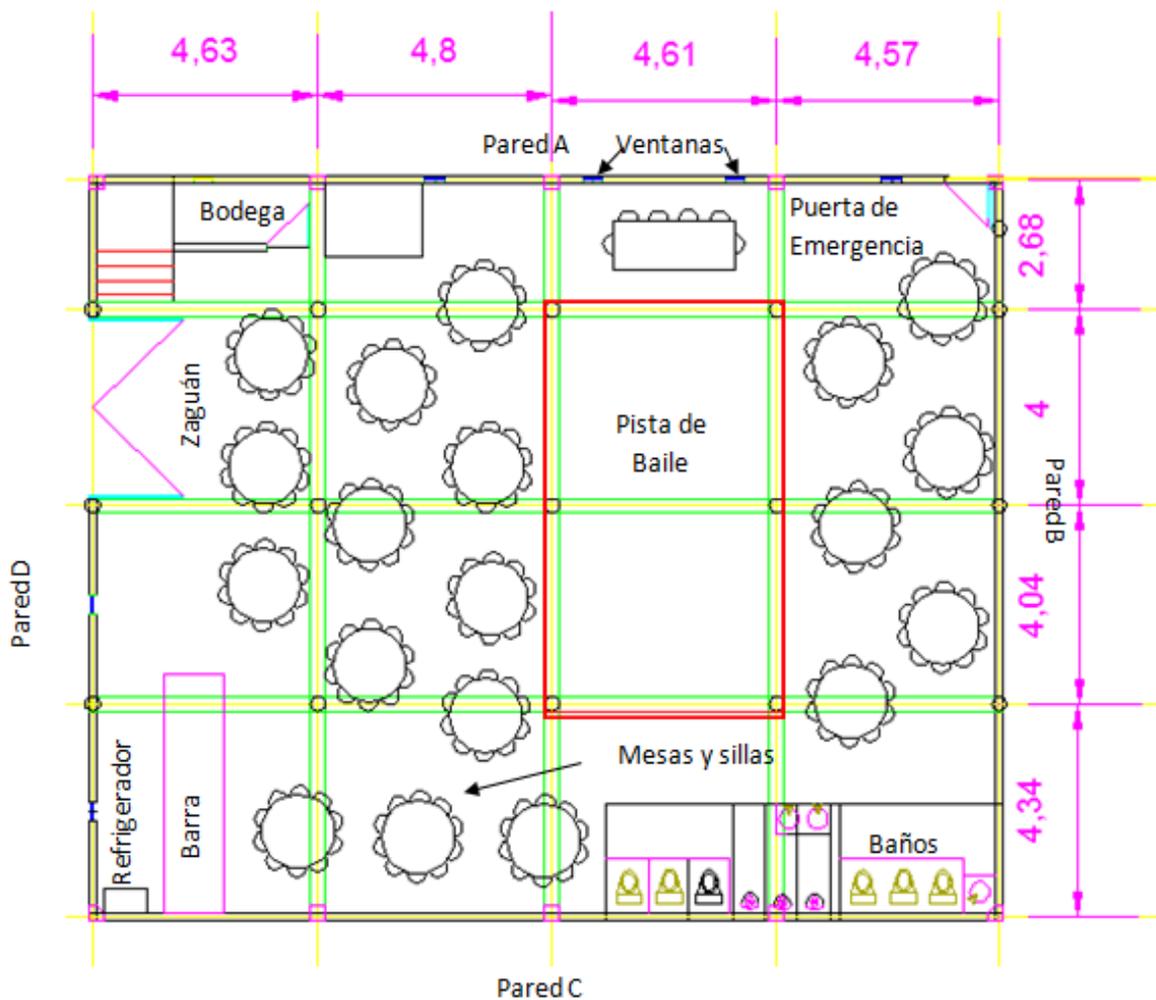


Figura 4.18 Plano del salón de fiestas “El mirador”

El tiempo de reverberación obtenido mediante la ecuación de Sabine es el que se muestra en la Tabla 3. Existe un alto tiempo de reverberación a frecuencias bajas.

Frecuencia	RT
125	8.108
250	7.747
500	7.857
1000	6.073
2000	4.362
4000	4.363

Tabla 6. Tiempos de reverberación en el salón de fiestas “El mirador”

Al colocar los paneles en el cálculo del RT se observa que este disminuye hasta 7 veces a altas frecuencias y tres veces a bajas frecuencias. (Ver Tabla 7)

Frecuencia	RT
125	1.781
250	1.764
500	1.741
1000	1.626
2000	1.465
4000	1.457

Tabla 7. RT con paneles en el salón de fiestas “El mirador”

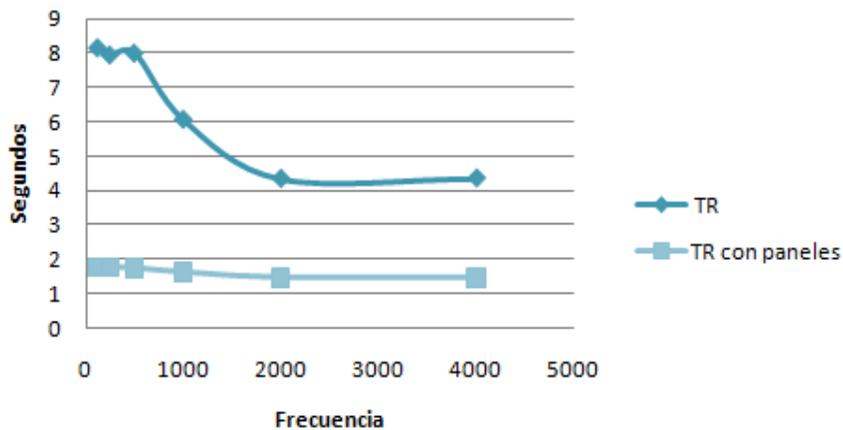


Figura 4.19 Cálculo del RT con y sin paneles

Al simular el RT mediante el programa Ecotec (ver anexo, manual de usuario), se encontró que el RT bajo el doble, en bajas frecuencias con respecto al RT calculado. (Ver Tabla 7)

Frecuencia	RT
125	3.31
250	3.67
500	3.6
1000	2.73
2000	3.5
4000	5.33

Tabla 8. Simulación del tiempo de reverberación en el salón de fiestas “El mirador”

Se emplearon paneles dentro de la simulación para reducir los RT, los resultados son satisfactorios conforme a la RT para salas de conciertos. (Ver Tabla 9)

Frecuencia	RT	RT Sala de Conciertos
125	1.28	1.96
250	1.32	1.58
500	1.33	1.4
1000	1.22	1.30
2000	1.32	1.20
4000	1.5	1.12

Tabla 9. Simulación del tiempo de reverberación con paneles en el salón de fiestas “El mirador”.

La simulación del RT con y sin paneles muestra que este disminuye considerablemente al colocar paneles acústicos dentro del recinto. (Ver Figura 4.20)

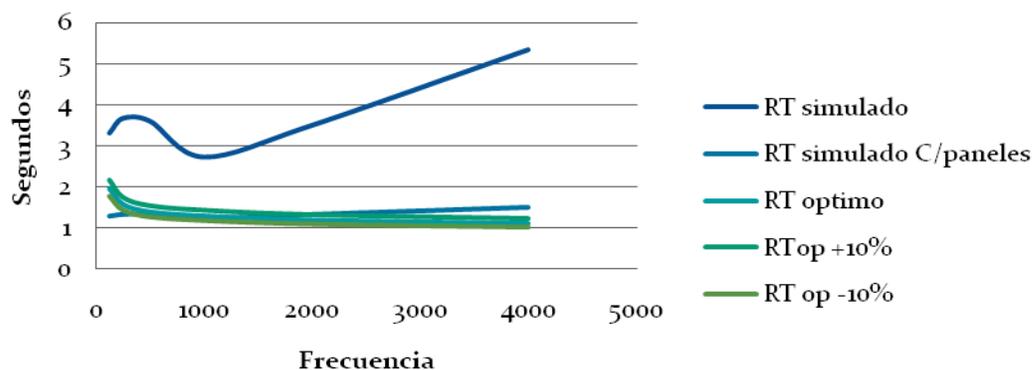


Figura 4.20 Simulación del RT con y sin paneles

Los paneles de estrella se colocan de la siguiente manera

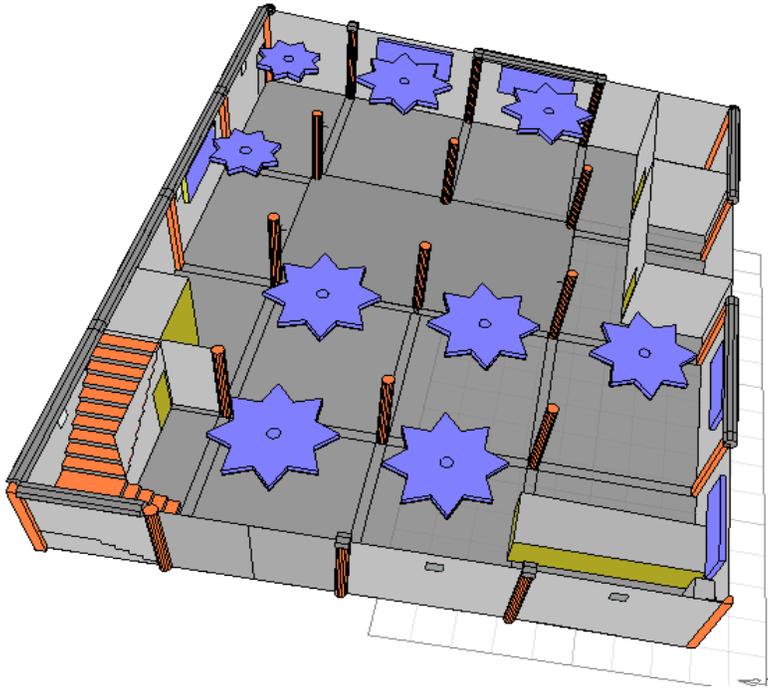


Figura 4.21 Acomodos de paneles

En los lugares donde no hay paneles es debido a que el espacio es muy reducido, por tanto el panel no cabe. En las paredes se colocan paneles que ayudan a absorber la segunda reflexión (ver figura 4.21)

4.8 Simulación de la distribución de la energía

Mediante el software Ecotec se observa cual es la mejor distribución de los altavoces en el recinto, ya que se simula la difusión de energía.

Se realizaron pruebas con: dos, cuatro y seis altavoces.

4.8.1 pruebas con dos altavoces

Al colocar dos altavoces existen varios puntos muertos dentro del recinto, como se observa en la Figura 4.22.

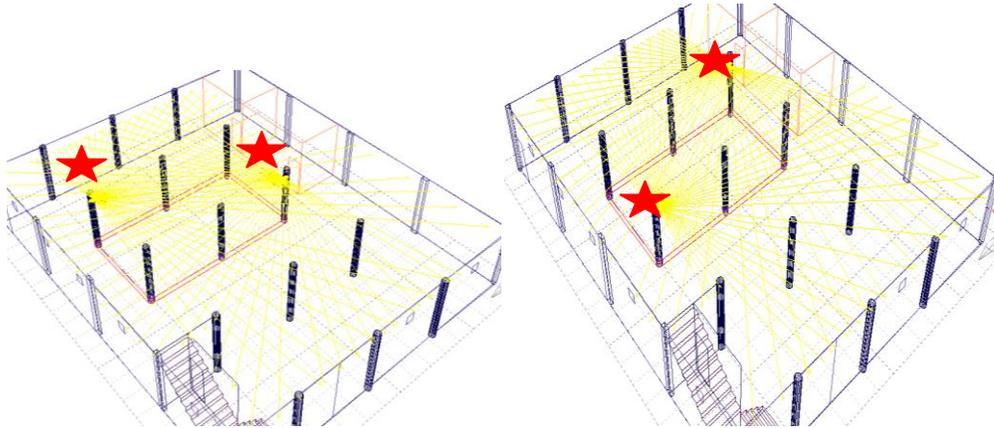


Figura 4.22 Distribución de la energía con dos altavoces

4.8.2 Pruebas con cuatro altavoces

Con cuatro altavoces los puntos muertos se reducen tal como se muestra en la Figura 4.23, 4.24.

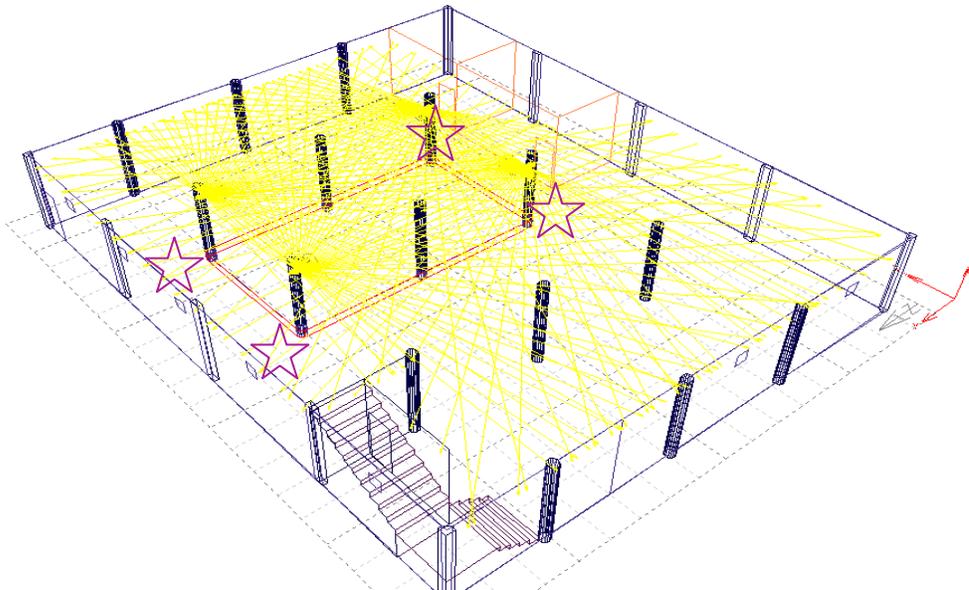


Figura 4.23 Distribución de la energía con cuatro altavoces

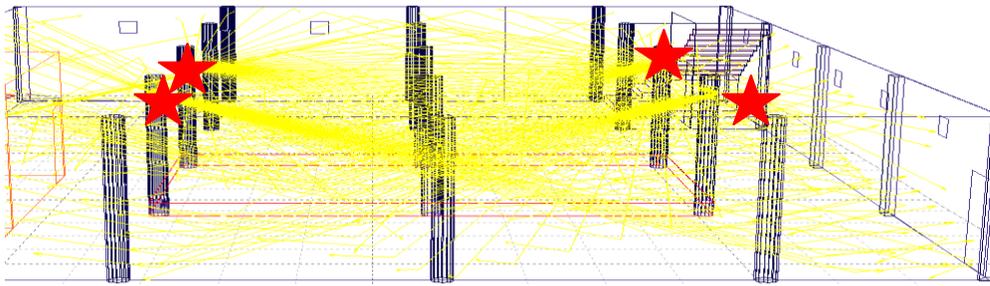


Figura 4.24 Reflexiones generadas por cuatro altavoces

4.8.3 Pruebas con seis altavoces

Para la cubrir la mayor área en la pista de baile fue necesario colocar dos altavoces más al recinto. (Ver Figura 4.25). Sin embargo la simulación muestra que la mayor concentración de energía se presenta de lado derecho e izquierdo de la pista de baile, por lo que será necesario absorber dicha energía.

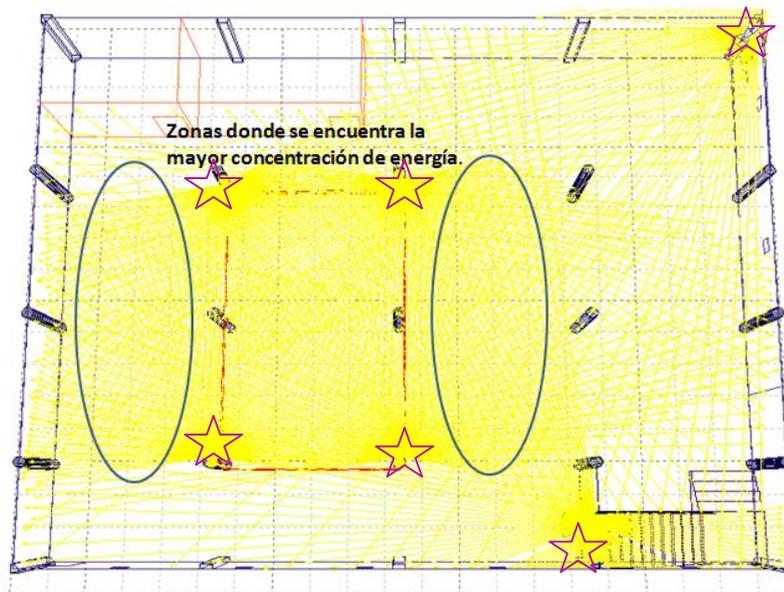


Figura 4.25 Reflexiones generadas por seis altavoces

La primera reflexión debe chocar contra la pista de baile para obtener la mayor concentración de nivel; a través del software ECOTEC se encontró que el ángulo que proporciona las reflexiones en el lugar deseado debe ser del -16° .

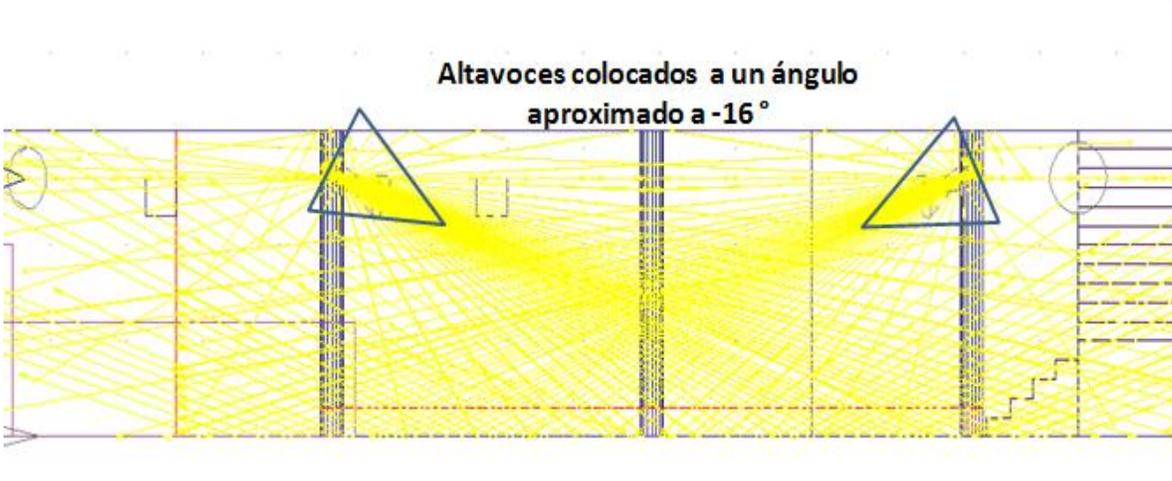


Figura 4.26 Angulo de colocación de los altavoces

4.9 Sistema de audio

El equipo de audio se conecta de la siguiente manera:



Figura 4.27 Diagrama de conexiones del sistema de audio.

A	Baffle JBL EON 1500
B	Conector macho TRS de 0,65 cm
C	Conector macho XLR de 0,65 cm
D	Conector macho RCA
E	Reproductor CDJ-200
F	Mezcladora DJM-400
G	Micrófono SENNHEISER E838
H	Audífonos HDJ-1000
I	Amplificador P2500S

Tabla 4.10 Equipo de sistema de audio.

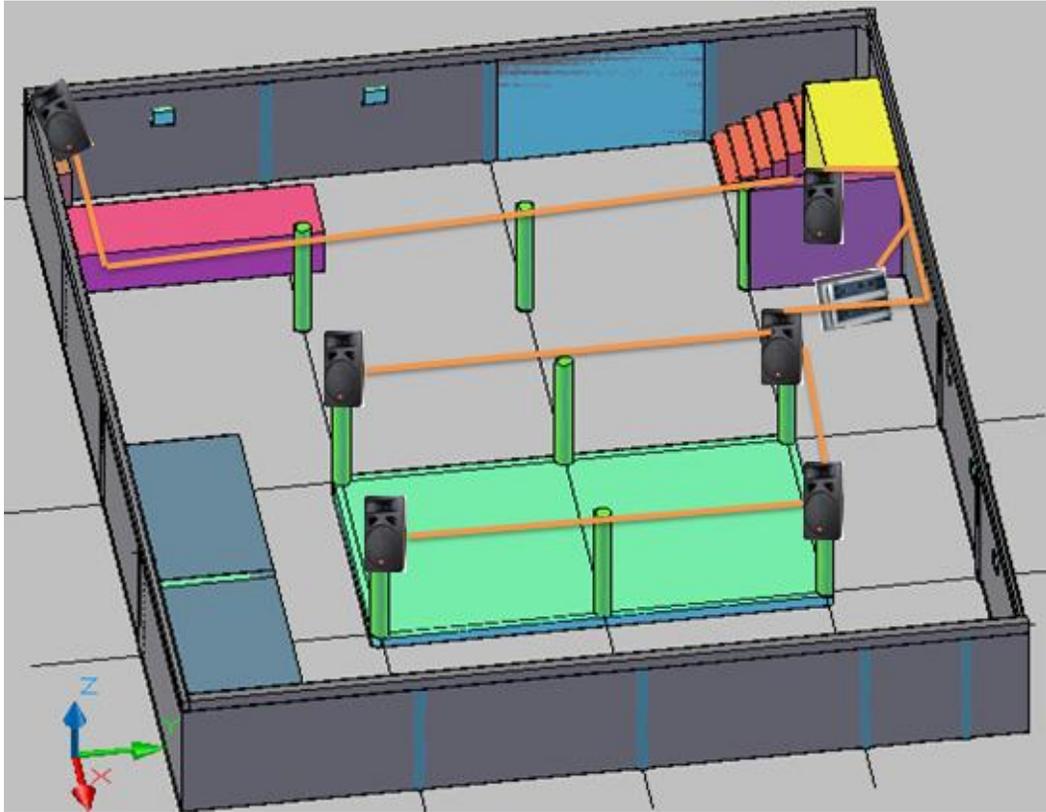


Figura 4.28 Mapa de instalación de Audio

El salón de fiestas el mirador cuenta con un sistema de audio (ver Figura 4.29) que fue adaptado para obtener la mejor sonorización posible, tanto en la pista de baile como en la zona de mesas; de acuerdo con la simulación de energía mediante el software Ecotec.

CAPÍTULO V

Análisis de costos

Presupuesto de paneles

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
MATERIAL:				
FIBRA DE VIDRIO:	m ²	\$35.00	\$169.21	
PERFOCEL:	m ²	\$18.00	\$87.02	
TRIPLAY:	m ²	\$41.67	\$201.44	
TELA:	m ²	\$6.50	\$31.42	
ADHESIVO:	pza.	\$3.50		
BROCHA PARA APLICAR ADHESIVO:	pza.	\$16.00	\$90.50	
TORNILLOS:	caja	\$20.00		
SUMINISTRO	m ²	\$0.90	\$60.00	
MANO DE OBRA	m ²	\$50.00		
	<u>TOTAL</u>	<u>m²</u>	<u>\$191.57</u>	
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
TRANSPORTACION	m ²	\$1.05	\$70.00	
MATERIAL DE SEGURIDAD (protector vocal)	pza.	\$1.47	\$98.00	
DESGASTE DE HERRAMIENTA	hora	\$0.90	1% de los costos directos	
SALARIO DE SUPERVISOR	hora	\$50.00		
	<u>TOTAL</u>		<u>\$53.42</u>	
<u>TOTAL COSTOS DIRECTOS MAS COSTOS INDIRECTOS:</u>			<u>\$244.99</u>	
PANELES DE ESTRELLA GRANDE 200 mm DE ESPESOR				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: <u>PANEL DE ESTRELLA GRANDE</u> INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	<u>\$191.57</u>	4.8346	<u>\$926.15</u>

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
MATERIAL				
FIBRA DE VIDRIO:	m ²	\$35.00	\$85.88	
PERFOCEL:	m ²	\$18.00	\$44.16	
TRIPLAY:	m ²	\$41.67		
TELA:	m ²	\$6.50	\$15.95	
ADHESIVO:	m ²	\$3.50	\$8.59	
BROCHA PARA APLICAR ADHESIVO:	pza.	\$16.00		
CLAVOS:	m ²	\$20.00		
SUMINISTRO	m ²	\$0.90	\$60.00	
MANO DE OBRA	m ²	\$50.00		
<u>TOTAL</u>	<u>m²</u>	<u>\$191.57</u>		
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
TRANSPORTACION	m ²	\$1.05	\$70.00	
MATERIAL DE SEGURIDAD (protector vocal)	pza.	\$1.47	\$98.00	
DESGASTE DE HERRAMIENTA	hora	\$0.90	calculado al 1% de los costos directos	
SALARIO DE SUPERVISOR	hora	\$50.00		
<u>TOTAL</u>		<u>\$53.42</u>		
<u>TOTAL COSTOS DIRECTOS MAS COSTOS INDIRECTOS:</u>		<u>\$244.99</u>		
PANELES DE ESTRELLA PEQUEÑO 200 mm DE ESPESOR				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: <u>PANEL DE ESTRELLA PEQUEÑO</u> INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	<u>\$191.57</u>	2.4536	<u>\$470.03</u>

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
MATERIAL:				
FIBRA DE VIDRIO:	m ²	\$35.00	\$105.00	
PERFOCEL:	m ²	\$18.00	\$54.00	
TRIPLAY:	m ²	\$41.67		
TELA:	m ²	\$6.50	\$19.50	
ADHESIVO:	m ²	\$3.50	\$10.50	
BROCHA PARA APLICAR ADHESIVO:	pza.	\$16.00		
CLAVOS:	m ²	\$20.00		
SUMINISTRO	m ²	\$0.90	\$60.00	
MANO DE OBRA	m ²	\$50.00		
<u>TOTAL</u>	<u>m²</u>	<u>\$191.57</u>		
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
TRANSPORTACION	m ²	\$1.05	\$70.00	
MATERIAL DE SEGURIDAD (protector vocal)	pza.	\$1.47	\$98.00	
DESGASTE DE HERRAMIENTA	hora	\$0.90	calculado al 1% de los costos directos	
SALARIO DE SUPERVISOR	hora	\$50.00		
<u>TOTAL</u>		<u>\$53.42</u>		
<u>TOTAL COSTOS DIRECTOS MAS COSTOS INDIRECTOS:</u>		<u>\$244.99</u>		
PANELES RECTANGULAR 150 mm DE ESPESOR				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: PANEL RECTANGULAR INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	<u>\$191.57</u>	3	<u>\$574.70</u>

SALON DE FIESTAS "EL MIRADOR"

MATERIALES

<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TOTAL</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: PANEL DE ESTRELLA GRANDE INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	\$ <u>926.15</u>	7	\$ <u>6,483.05</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: PANEL DE ESTRELLA PEQUEÑO INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	\$ <u>470.03</u>	2	\$ <u>940.06</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: PANEL CUADRADO INCLUYE MATERIAL, MANO DE OBRA CALIFICADA ASI COMO EQUIPO ADECUADO PARA SU CORRECTA EJECUCION	m ²	\$ <u>574.70</u>	5	\$ <u>2,873.50</u>
	TOTAL			\$ <u>10,296.61</u>

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
CDJ-200	pza.	1	\$5,400.00	\$5,400.00
conector RCA	pza.	2	\$50.00	\$100.00
CABLE	M	2	\$10.00	\$20.00
MANO DE OBRA	Horas	1	\$20.00	\$20.00
SUMINISTRO	Horas	1	\$50.00	\$50.00
	<i>TOTAL</i>	<i>m²</i>		\$5,590.00
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
DESGASTE DE MATERIALES	Horas	\$46.58	\$279.50	
SALARIO DE SUPERVISOR	Horas	\$100.00	\$600.00	
	<i>TOTAL</i>	<i>m²</i>		\$879.50
Total de cococacion instalacion y suministro				
	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TOTAL</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: CDJ-200	pza.	\$6,469.50	2	\$12,939.00

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Sennheiser E838	pza.	1	\$515.00	\$515.00
MANO DE OBRA	Hora	1	\$20.00	\$20.00
SUMINISTRO	Hora	1	\$50.00	\$50.00
	<u>TOTAL</u>	<u>m²</u>		\$585.00
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
SALARIO DE SUPERVISOR	Hora	\$100.00	\$600.00	
	<u>TOTAL</u>	<u>m²</u>		\$600.00
Total de colocacion instalacion y suministro				
<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TOTAL</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: Sennheiser E838	pza.	\$1,185.00	1	\$1,185.00

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
AUDIFONOS HDJ-1000	pza.	1	\$1,800.00	\$1,800.00
TOTAL	m²			\$1,800.00
Total de colocacion instalacion y suministro				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: <u>AUDIFONOS HDJ-1000</u>	pza.	\$1,800.00	1	\$1,800.00

COSTOS DIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
AMPLIFICADORES DE POTENCIA YAMAHA P2500S	pza.	1	\$6,500.00	\$6,500.00
MANO DE OBRA	Hora	1	\$50.00	\$50.00
SUMINISTRO	Hora	1	\$50.00	\$50.00
TOTAL	m²			\$6,600.00
COSTOS INDIRECTOS				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO		
SALARIO DE SUPERVISOR	Hora	\$100.00	\$600.00	
TOTAL	m²		\$600.00	
Total de colocacion instalacion y suministro				
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: <u>AMPLIFICADORES DE POTENCIA YAMAHA P2500S</u>	pza.	\$7,200.00	2	\$14,400.00

INSTALACION DE EQUIPO				
<u>CONCEPTO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>ECIO UNITAR</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>TOTAL</u>
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: BAFLE JBL EON 1500	pza.		1	\$34,720.20
INSTALACION , COLOCACION Y SUMINISTRO DE: MEZCLADORA DJM-400	pza.		1	\$7,882.50
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: CDJ-200	pza.		1	\$12,939.00
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: Sennheiser E838	pza.		2	\$1,185.00
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: AUDIFONOS HDJ-1000	pza.		2	\$1,800.00
INSTALACION, COLOCACION Y SUMINISTRO DE: AMPLIFICADORES DE POTENCIA YAMAHA P2500S	pza.		1	\$14,400.00
	<u>TOTAL</u>			\$72,926.70

CONCLUSIÓN

El ruido de fondo en el evento, excede los niveles establecidos por la NR-50, debido a las múltiples reflexiones que se generan, una de las principales causas es el material del piso (Cerámica vitriada). Siendo necesario acondicionar el recinto, para adecuar la intensidad sonora en la pista de baile y en el área de mesas.

La solución más viable y económica para disminuir el tiempo de reverberación y adecuar la intensidad sonora, es la colocación de paneles acústicos. A fin de elegir un conjunto de materiales apropiados para la mayor absorción de reflexiones en el recinto, se midió el RT de cinco paneles del laboratorio de acústica, dentro de la cámara ecoica; para tener una referencia del comportamiento del tiempo de reverberación ante la atenuación de cada material. El conjunto de materiales que evita que el ruido de fondo exceda los niveles establecidos por la norma NR-50, es el del panel 1.

AL simular (en ECOTEC) el recinto con paneles acústicos tanto en techo como en paredes se disminuyó el RT hasta quedar dentro de la tolerancia de la curva del tiempo de reverberación óptimo.

La simulación de difusión de energía permite distinguir la distribución apropiada de los altavoces para cubrir la mayor área en la pista de baile al menor costo. Estas mejoras al diseño proporcionan un máximo desempeño al recinto.

ANEXOS

Apéndice A. Especificaciones Técnicas del Bafle JBL EON 1500



Figura 4.23 Bafle JBL EON 1500

Potencia	:	225 W continua / 450 W programa / 900 W de pico
Gama de frecuencias	:	55 Hz a 16 kHz
Dimensiones (H x W x D)	:	686 mm x 430 mm x 444 mm (27.0 "x 17.0" x 17.5 in)
Sensibilidad (1W/1m)	:	98 dB
Horiz. Cobertura	:	90 ° nominal (-6 dB)
Vert. Cobertura	:	60 ° nominal (-6 dB)
Nominal máxima de SPL	:	129 dB
Impedancia nominal	:	8 ohms
Peso neto	:	17,24 kg (38 lb)
Dimensiones (H x W x D)	:	686 mm x 430 mm x 444 mm (27.0 "x 17.0" x 17.5 in)
Sensibilidad (1W/1m)	:	98 dB
Horiz. Cobertura	:	90 ° nominal (-6 dB)
Vert. Cobertura	:	60 ° nominal (-6 dB)
Nominal máxima de SPL	:	129 dB
Impedancia nominal	:	8 ohms
Peso neto	:	17,24 kg (38 lb)

Apéndice B. Especificaciones Técnicas de la Mezcladora djm-400



Figura 4.24 Mezcladora djm-400

Velocidad De Muestreo	96 KhZ / 24 bits
Alimentación	AC 110v a 120v – 50hZ/60Hz
Consumo	13 W
Peso	3.2 Kg.
Dimensiones (an X Pn X Al)	223 x 304.7 x 106.6 mm
Respuesta De Frecuencia	20 hZ a 20 kHz
Relación Señal/Ruido	línea 106 db / Phono 82 db
Distorsión Armónica Total	0.007 % o menos

Apéndice C. Especificaciones Técnicas del CD Player CDJ-200



Figura 4.25 CD player CDJ-200

Características	CDJ-200
Alimentación	AC 110v a 120v –50hZ/60Hz
Consumo	16 W
Peso	3.2 Kg.
Dimensiones (an X Pn X Al)	216 x 292 x 99.5 mm
Respuesta De Frecuencia	4 hZ a 20 kHz
Relación Señal/Ruido	110 db (JEITA)
Distorsión Armónica Total	0.006% (JEITA)

Apéndice D. Especificaciones Técnicas Audífonos Pioneer



Figura 4.26 Audífonos Pioneer

Características.	HDJ-1000
Respuesta De Frecuencia	5 hZ a 30 kHz
Impedancia	40 ohms
Entrada Máxima	3,500 mW
Nivel De Salida De Sonido	107 db
Altavoz	50 mm
Peso (Sin Cable)	350 g

Apéndice E. Especificaciones Técnicas del Micrófono Sennheiser E838



Figura 4.27 Micrófono Sennheiser E838

Principio del transductor:	Dinámico
Respuesta en frecuencia:	40 - 17,000 Hz
Patrón Polar:	Cardioide
Sensibilidad (free field, no load at 1 kHz):	2 mV/Pa 3 dB
Impedancia nominal:	Conector: XLR-3
Peso:	11.64 oz. (330 g)
Dimensiones (diámetro x longitud):	1.85 x 7.125" (47 x 181 mm)
Características del Sennheiser e838:	Cuerpo de metal resistente Cápsula con soporte interno Excelente rechazo de los feedbacks Excelente proyección vocal

Apéndice F. Especificaciones Técnicas del Amplificador de potencia Yamaha



Figura 4.28 Amplificador de Potencia Yamaha

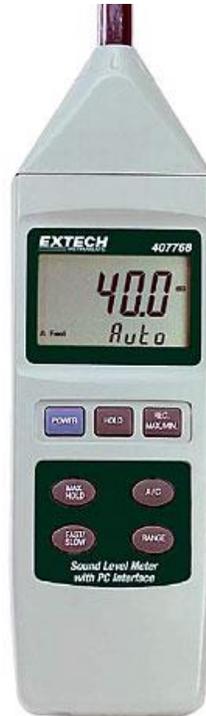
La potencia abarca desde los 3.200 Watts del P7000S hasta 1.300 watts del P2500S Con una impedancia de 4 ohm.

Cada amplificador de la serie P está equipado con este circuito específicamente diseñado para proporcionar una salida a la medida de la respuesta de los altavoces.

Todos los modelos incluyen entradas XLR y TRS de 0,65 cm, así como salidas Neutrik Speakon, de toma de auriculares y de bornes de conexión de cinco vías.

Otras características incluidas son la tecnología Engine de Yamaha para lograr un alto rendimiento y una eficacia excepcional, filtros de paso alto y bajo de frecuencia variable para adaptar la salida a cualquier altavoz y un chasis de tamaño 2U compacto y resistente, así como ventiladores de refrigeración de velocidad variable.

Apéndice G. Sonometro Extech 407768



- Alta precisión cumple con ANSI y IEC 651 tipo 2 de las normas
- Auto / Manual van
- Min / Max y Max Hold
- RS-232 para la captura de datos directamente en un PC
- Salida analógica de CA para la conexión a un grabador
- Trípode de montaje ideal para uso en el campo
- Completo con batería de 9V, software compatible con Windows, cable serial y maletín de transporte

Apéndice H. Especificaciones Técnicas Nor132



- Único rango de medición.
- Operación extremadamente simple.
- Medida de LAeq y LCpeak de forma paralela.
- Alta memoria interna.
- Mediciones sincronizadas.
- Filtro de 1/1 octavas en tiempo real.
- Filtro de 1/3 octavas en tiempo real.
- Nivel vs tiempo con resolución de 1 seg.
- Cálculos estadísticos disponibles en 8 percentiles de los cuales uno es escogido por el usuario.
- Cálculos estadísticos disponibles Ln incluso en las bandas de 1/1 y 1/3 de octavas.
- Interfaz USB 2.0.
- Permite el uso del cable de extensión del micrófono (sólo Nor131).
- Pantalla iluminada de alta resolución.
- Cumple con la normativa IEC y ANSI.
- Examen de modelo en España.

Aplicaciones

- Riesgos del ruido en el lugar de trabajo.
- Elección de protectores auditivos.
- Investigaciones en ruido medioambiental.
- Ensayos de ruido en equipos.
- Sonómetro de propósito general.

Apéndice I. Especificación de ECOTEC

El software Autodesk Ecotect™ Analysis 2010 es una herramienta de análisis para diseños desde su concepción hasta finalización que provee una amplia gama de funcionalidad de análisis y simulación a través de plataformas web y de PC. Poderosos análisis web de edificios completos se combinan con herramientas de la PC para visualizar y simular el comportamiento del modelo del edificio dentro de contexto de su ambiente. Usuarios pueden interactuar con poderosas retroalimentaciones 3D para explorar factores tales como los efectos solares, sombras y reflejos. Clientes que compran suscripción con su licencia de Autodesk Ecotect™ Analysis tienen acceso* a tecnología basada en web disponible en la plataforma Autodesk Green Building Studio para evaluar rápidamente múltiples alternativas de diseño para eficiencia de energía y neutralidad de emisión de carbón. Utilizando Autodesk Ecotect™ Analysis los arquitectos y diseñadores podrán obtener una mejor perspectiva de cómo su edificio se comportará desde el inicio del diseño, ayudando a que se llegue a diseños sostenibles en un menor tiempo y con menores costos totales del proyecto.

Características

- El software de análisis de diseño sostenible Autodesk Ecotect Analysis:
- Análisis de energía de todo el edificio
- Rendimiento térmico
- Utilización del agua y evaluación de costos
- Radiación solar
- Iluminación solar
- Sombras y reflejos

Requerimientos

- Windows 7; Windows Vista; o Windows XP; Windows NT 3.5x; o Microsoft 95 (o superior)
- Procesador Intel Pentium II o equivalente, 300 MHz o superior
- 128 MB RAM o superior
- 85 MB de espacio en disco
- Tarjeta de video con soporte OpenGL
- Pantalla 1,024 x 768 high-color (16-bit)

Apéndice J. Materiales característicos del Recinto

Lado A

	Material	Área (m ²)
Lado A		59.55
Muro	Ladrillo con aplanado de cemento y yeso	57.04
Ventana	Vacía	0.8
Puerta	Lámina de acero	1.70

Lado B

	Material	Coefficiente de Absorción	Área (m ²)
Lado B			48.19
Muro	Ladrillo con aplanado de cemento y yeso		48.19

Lado C

	Material	Área (m ²)
Lado C		59.55
Muro	Ladrillo con aplanado de cemento y yeso	59.55

Lado D

	Material	Área (m²)
Lado D		48.19
Muro	Ladrillo con aplanado de cemento y yeso	33.77
Ventana	Vacía	0.32
Zaguán	Lámina de acero	11.1

Piso

	Material	Área (m²)
Piso	Azulejo	280.26

Columnas

	Material	Área (m²)
Columna	Cemento mas enlucido de yeso	0.07

Apéndice K. Coeficiente $S_n\alpha_n$ de materiales que posee el recinto

Frecuencia	Lado a	Lado b	Lado c	Lado d	Techo	Piso (azulejo)	Ventana	Puerta de emergencia	Zaguán	Columna
125	1.140	0.963	1.191	0.735	5.605	2.802	0.32	0.00170	0.011	0.147
250	1.140	0.963	1.191	0.735	5.605	2.802	0.32	0.00170	0.011	0.128
500	1.140	0.963	1.191	0.735	5.605	2.802	0.32	0.00170	0.011	0.132
1000	1.711	1.445	1.786	1.103	8.407	2.802	0.32	0.00170	0.011	0.178
2000	2.281	1.927	2.382	1.470	11.210	5.605	0.32	0.00170	0.011	0.115
4000	2.281	1.927	2.382	1.470	11.210	5.605	0.32	0.00170	0.011	0.0570

Frecuencia	Puertas de baño	Bodega de frente	Baños de frente	Puerta de Bodega	Escaleras	Pared de lado de la bodega	Baños pared de lado	Pista de baile	Barra
125	0.364	0.145	0.451	0.182	0.103	0.166	0.140	0.405	0.36
250	0.668	0.145	0.451	0.334	0.107	0.166	0.140	0.405	0.66
500	0.5168	0.145	0.451	0.258	0.247	0.166	0.140	0.405	0.51
1000	0.273	0.218	0.676	0.136	0.350	0.249	0.211	0.405	0.27
2000	0.304	0.291	0.902	0.152	0.177	0.332	0.281	0.810	0.3
4000	0.304	0.291	0.902	0.152	0.231	0.332	0.281	0.810	0.3

Personas + silla	Panel de estrella grande	Panel de estrella chico
53.834	36.714	4.658
65.370	36.695	4.655
75.944	37.462	4.753
79.790	37.715	4.785
82.674	37.906	4.809
82.674	38.216	4.848

Apéndice L. Cálculo del Tiempo de Reverberación del Recinto

Superficie	Largo	Ancho	Alto	Área (m ²)
Lado a	18.61		3.2	59.552
Lado b	15.06		3.2	48.192
Lado c	18.61		3.2	59.552
Lado d	15.06		3.2	48.192
Techo	18.61	15.06		280.2666
Piso	18.61	15.06		280.2666

Cálculo del RT para 125 Hz:

De la Ecuación de Sabine se obtiene que:

$$RT = 0.161 \frac{V}{(S_1\alpha + S_2\alpha + S_3\alpha \dots S_n\alpha)}$$

Donde:

V = Volumen del recinto

S = Superficie del recinto

α = Coeficientes de absorción

Lado A

Cálculo del RT para 125 Hz:

$$RT = 0.161 \frac{799.86}{(1.14 + 0.96 + 1.19 + 0.73 + 5.60 + 0.32 + 0.0017 + 0.01 + 0.14 + 2 + 0.15 + 53.83)}$$

$$RT = 8.108 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 250 Hz:

$$RT = 7.747 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 500 Hz:

$$RT = 7.85 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 1 KHz:

$$RT = 6.03 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 2 KHz:

$$RT = 4.36 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 4 KHz:

$$RT = 4.36 \text{ seg}$$

Apéndice M. Coeficientes de absorción de materiales que posee el recinto

Frecuencia	Ladrillo con aplanado de cemento y yeso	Ventana abierta	Lamina de acero	Azulejo	Cemento mas enlucido de yeso
125	0.0725	1	0.001	0.01	0.02
250	0.063	1	0.001	0.01	0.02
500	0.065	1	0.001	0.01	0.02
1000	0.0875	1	0.001	0.01	0.03
2000	0.0565	1	0.001	0.02	0.04
4000	0.028	1	0.001	0.02	0.04

Apéndice N. Cálculo del Tiempo de Reverberación de la cámara Ecoica

Lado A

Superficies				
Superficie	Largo	Ancho	Alto	Área(m ²)
S1	4.84		2.53	16.06
S2		3.32	2.53	8.39
S3		3.32	2.53	8.39
S4	4.84	3.32		16.55
S5	4.84	3.32		16.55
S6(puerta)				2.24
S7	4.84	3.32		16.55

Coeficientes de Absorción de Materiales						
Frecuencias	Azulejo S1	Azulejo S2=S3	Techo S4	Piso S5	Puerta S6	Pared (-) Puerta S7
125	0.1	0.1	0.09	0.02	0.09	0.01
250	0.1	0.1	0.08	0.05	0.11	0.01
500	0.1	0.1	0.11	0.06	0.1	0.01
1000	0.1	0.1	0.1	0.08	0.11	0.01
2000	0.1	0.2	0.08	0.04	0.18	0.02
4000	0.1	0.2	0.07	0.06	0.07	0.02

Cálculo del RT para 125 Hz:

De la Ecuación de Sabine se obtiene que:

$$RT = 0.161 \frac{V}{(S1\alpha + S2\alpha + S3\alpha \dots S_n\alpha)}$$

Donde:

$V = \text{Volumen del recinto}$

S = Superficie del recinto

α = Coeficientes de absorcion

Lado A

Cálculo del RT para 125 Hz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.12 + 0.83 + 0.83 + 1.44 + 0.32 + 0.18 + 0.10)}$$

$$RT = 2.17 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 250 Hz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.12 + 0.83 + 0.83 + 1.28 + 0.80 + 0.22 + 0.10)}$$

$$RT = 1.93 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 500 Hz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.12 + 0.83 + 0.83 + 1.76 + 0.96 + 0.20 + 0.10)}$$

$$RT = 1.63 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 1 KHz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.12 + 0.83 + 0.83 + 1.60 + 1.28 + 0.22 + 0.10)}$$

$$RT = 1.56 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 2 KHz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.24 + 1.67 + 1.67 + 1.28 + 0.64 + 0.16 + 0.20)}$$

$$RT = 1.55 \text{ seg}$$

Cálculo del RT para 4 KHz:

$$RT = 0.161 \frac{40.65}{(0.24 + 0.67 + 0.67 + 1.12 + 0.96 + 0.14 + 0.22)}$$

$$RT = 1.50 \text{ seg}$$

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

CARRIONI I. Antoni. “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”. 1ª. Ed. España: Alfaomega, 2001. pp. 27- 384.

RECUERO L. Manuel. “Acondicionamiento Acústico”. 1ª. Ed. España: Paraninfo, 2001. pp 1- 279.

RECUERO L. Manuel. “Acústica Arquitectónica aplicada”. 1ª. Ed. España: Paraninfo, 1999. pp. 1 - 771.

RECUERO L. Manuel. “Acústica Arquitectónica soluciones practicas”. 1ª. Ed. España: Paraninfo, 1992. pp. 1 - 689.

MADAN Metha. “Architectural acoustic: principles and design”. 1ª. Ed. New Jersey: Prince Hall, 1999. pp. 218

ROSSING Thomas D. “The Science of sound”. 3ª. Ed. USA: Addison Wesley, 1990 .pp. 534,535

Cajas Acústicas <http://ingemeda.tripod.com/medpar.html>

Materiales Acústicos <http://www.analfatecnicos.net/archivos/28.MaterialesAcusticos.pdf>

Acondicionamiento acústico <http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/aiaces/aiaces.html>