



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS SALAS DE  
CONFERENCIA LIFE LEARNING

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para optar por el título de  
INGENIERO EN SONIDO Y ACÚSTICA

Profesor Guía:  
Ing. Luis Bravo

Autor:  
Juan Pablo Hidalgo Artieda

Año  
2011

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

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

---

Luis Bravo  
Ingeniero Acústico  
C.I.: 171171060-6

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

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

---

Juan Pablo Hidalgo

C.I.: 171264018-2

## **AGRADECIMIENTO**

Un especial agradecimiento a mis padres, hermanos, amigos y familia en general por el apoyo y presencia incondicional.

### **DEDICATORIA**

El trabajo presentado va dedicado  
Para mis padres por su inmensa  
paciencia, apoyo y comprensión.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación trata sobre el acondicionamiento y aislamiento de las tres salas de conferencia que posee la empresa Life Learning ubicada en Av. Granados y Av. de los Naranjos 271. Lo primero que hay que considerar es que el lugar no está adecuadamente acondicionado acústicamente y tampoco tiene tratamiento de aislamiento correcto en paredes y puertas.

Sabiendo que el local posee deficiencias en acondicionamiento y aislamiento acústico, se realizaron las respectivas mediciones, cálculos y simulaciones de: T60 con Software (Spectra Plus) y Fórmula de Sabine, medición de ruido de fondo, medición y simulación de aislamiento (Insul), resonancias e inteligibilidad de la palabra.

Obtenidos estos datos se siguió con la propuesta de diseño de acondicionamiento y diseño de particiones (puertas y paredes) para el aislamiento acústico de los recintos. En la parte de diseño se tuvieron en cuenta valores preestablecidos o recomendados para el tipo de recinto y su uso, en este caso, se trata de salas destinadas a dar conferencias y cursos interactivos. Al momento de llegar al objetivo planteado de valores recomendados, se realizó un análisis económico de la propuesta.

## **ABSTRACT**

The present thesis is about the conditioning and isolation of three conference rooms which belong to Life Learning Company, located at Av. Granados and Av. de los Naranjos 271. To begin with, the rooms lack adequate acoustic conditions, in addition to the absence of proper isolation of walls and doors.

Understanding the needs for acoustic conditioning and isolation of the place in question, the necessary measurements, calculations and simulation were made of: T60 with Software (SpectraPlus) and Sabine's formula, calculations of background noise, calculations and simulations of isolation (Insul), resonance and calculations for intelligibility of speech.

Based on the data obtained by these procedures, the acoustic design and conditioning of partitions (doors and walls) was carried on for the acoustic isolation of the rooms. For the design, the pre-established or recommended values for this type of space were used accordingly, which are the ones used for conference rooms or interactive classrooms. Finally, after achieving the recommended values, a monetary estimate was made for this proposal.

## ÍNDICE

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. INTRODUCCION .....</b>                                 | <b>1</b> |
| 1.1 Antecedentes .....                                       | 3        |
| 1.2 Objetivos .....  | 5        |
| 1.3 Hipótesis.....   | 5        |
| <b>2 Marco Teórico.....</b>                                  | <b>6</b> |
| 2.1 Psicoacústica. ....                                      | 6        |
| 2.2 Sensación de altura, timbre y sonoridad.....             | 6        |
| 2.3 Curvas de Fletcher y Munson.....                         | 6        |
| 2.4 Acústica arquitectónica.....                             | 8        |
| 2.4.1 Introducción .....                                     | 8        |
| 2.4.2 El sonido al aire libre .....                          | 8        |
| 2.4.3 El sonido en recintos cerrados .....                   | 9        |
| 2.4.4 Reflexiones.....                                       | 9        |
| 2.4.5 Reflexión y longitud de onda .....                     | 10       |
| 2.4.6 Las reflexiones tempranas.....                         | 12       |
| 2.4.7 Eco y eco flotante .....                               | 14       |
| 2.4.8 Modos propios de una sala.....                         | 14       |
| 2.4.9 Balance energético sonoro .....                        | 15       |
| 2.4.10 Campo directo y campo reverberante .....              | 16       |
| 2.4.11 Absorción sonora.....                                 | 17       |
| 2.4.12 Tiempo de reverberación .....                         | 18       |
| 2.4.13 Valores recomendados de tiempo de reverberación ..... | 19       |
| 2.4.14 Inteligibilidad de la palabra: % AICons .....         | 19       |
| 2.5 Materiales para acondicionamiento acústico .....         | 21       |
| 2.5.1 Introducción.....                                      | 21       |
| 2.5.2 Materiales absorbentes acústicos.....                  | 21       |
| 2.6 Resonadores .....  | 24       |
| 2.6.1 Resonadores de membrana o de diafragma.....            | 25       |
| 2.6.2 Resonador simple de cavidad o de Helmholtz.....        | 26       |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.6.3 Resonador de cavidades múltiples (Helmholtz) con paneles perforados o ranuras. .... | 28        |
| 2.6.4 Resonador de cavidades múltiples (Helmholtz) con listones .....                     | 33        |
| 2.7 Estudio de reflexiones sonoras .....  | 35        |
| 2.7.1 Reflectores planos .....  | 35        |
| 2.7.2 Reflectores curvos .....  | 35        |
| 2.8 Difusión del sonido .....   | 36        |
| 2.9 Aislamiento acústico .....  | 37        |
| 2.9.1 Introducción .....  | 37        |
| 2.9.2 Pérdida por transmisión (TL) .....  | 39        |
| 2.9.3 Clase de transmisión sonora (STC).....  | 39        |
| 2.9.4 Clase de aislamiento de ruido (NIC y NNIC).....                                     | 39        |
| 2.9.5 Clase de aislamiento de impacto (IIC).....  | 40        |
| 2.9.6 Diferencia de niveles de presión sonora .....                                       | 40        |
| 2.9.7 Índice ponderado de reducción de ruido ( $R_w$ ).....                               | 41        |
| 2.10 Paredes simples .....  | 41        |
| 2.10.1 Aislamiento de paredes simples .....   | 43        |
| 2.10.2 Rigidez y efecto de coincidencia.....  | 43        |
| 2.11 Particiones dobles .....   | 44        |
| 2.11.1 Distancia entre particiones y resonancia masa-aire-masa .....                      | 44        |
| 2.11.2 Material absorbente entre particiones .....  | 45        |
| 2.11.3 Acoplamiento entre particiones .....   | 45        |
| 2.12 Aislamiento de puertas .....   | 45        |
| 2.12.1 Puertas simples .....  | 46        |
| 2.12.2 Puertas simples especiales .....   | 47        |
| 2.12.3 Como mejorar el aislamiento en puertas existentes. ....                            | 47        |
| 2.12.4 Puertas dobles .....   | 48        |
| <b>3 Descripción de la situación actual .....</b>   | <b>49</b> |
| 3.1 Descripción del lugar .....   | 49        |
| 3.1.1 Acceso a las instalaciones.....   | 50        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.2 Interior de las salas y planos de plantas .....                                | 53        |
| <b>3.2 Descripción la geometría del lugar .....</b>                                  | <b>58</b> |
| 3.2.1 Superficies.....   | 58        |
| 3.2.2 Volúmenes.....   | 60        |
| <b>3.3 Información recopilada después de mediciones .....</b>                        | <b>61</b> |
| 3.3.2 Análisis mediante la fórmula de Sabine para T60.....                           | 61        |
| 3.3.3 Mediciones mediante software (SpectraPLus 5.0) del T60.....                    | 65        |
| 3.3.4 Análisis de los datos de tiempo de reverberación de las salas<br>A, B y C..... | 71        |
| <b>3.4 Medición de ruido de fondo de las tres salas .....</b>                        | <b>72</b> |
| <b>3.5 Medición de aislamiento de pared y puerta .....</b>                           | <b>74</b> |
| 3.5.1 Aislamiento de la pared.....   | 74        |
| 3.5.2 Aislamiento de la puerta.....  | 75        |
| <b>3.6 STC de las particiones.....</b>   | <b>77</b> |
| 3.6.1 Puertas.....   | 78        |
| 3.6.2 Pared de gypsum.....   | 79        |
| 3.6.3 Techo .....  | 79        |
| 3.6.4 Pared de Hormigón.....   | 80        |
| <b>3.7 STC combinado para las 3 salas .....</b>                                      | <b>81</b> |
| <b>3.8 Resonancias.....</b>  | <b>82</b> |
| <b>3.9 Modos normales de las salas .....</b>   | <b>82</b> |
| <b>3.10 Inteligibilidad de la palabra .....</b>                                      | <b>85</b> |
| <b>4 Propuesta de diseño acústico y de aislamiento .....</b>                         | <b>87</b> |
| 4.1 Propuesta para T60 de las salas .....  | 87        |
| 4.1.2 Propuesta de material absorbente dentro de las salas.....                      | 88        |
| 4.2 Cálculo de la variación de personas dentro de los recintos ..                    | 93        |
| 4.3 Localización de los materiales absorbentes dentro de las<br>salas.....           | 96        |
| 4.4 Cálculo de la inteligibilidad de la palabra en los recintos ....                 | 101       |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 4.4 Aislamiento de particiones ..... | 102        |
| 4.4.1 Diseño de nueva puerta .....   | 103        |
| <b>5 Análisis económico .....</b>    | <b>111</b> |
| <b>6 Conclusiones .....</b>          | <b>113</b> |
| <b>7 Recomendaciones .....</b>       | <b>116</b> |
| <b>8 Bibliografía.....</b>           | <b>117</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                  | <b>118</b> |

## 1. INTRODUCCION

Los seres vivos tenemos la inherente necesidad de comunicarnos y transmitir un mensaje, ya sea de forma escrita, visual, auditiva, lenguaje de señas, entre otras. En este trabajo nos centraremos en el mensaje transmitido mediante sonidos y su posterior recepción. Hay tres factores importantes para una adecuada transmisión del mensaje sonoro: Primero la fuente de emisión del sonido, el cual va a depender de la composición física de la fuente, brindándonos su característica sonora única, la fuente puede ser una voz humana, instrumentos musicales, o cualquier objeto que produzca una vibración para que una onda se propague a través un medio elástico. El segundo punto a tener en cuenta es el receptor de la información sonora, su ubicación, su característica de recepción (si es el oído humano o si es por ejemplo un micrófono) y su condición. Y tercero punto a tomar en cuenta es la acústica del recinto por donde va a viajar el frente sonoro, construcción, materiales utilizados, actividades que se realizan etc.

Esta rama de la ciencia fue considerada como una ciencia inexacta y sin fundamentos, por lo que generalmente se otorgaban explicaciones mágicas para explicar las interrogantes de la acústica. Se tuvo hasta la idea que la acústica de algún local era como el vino, que mejoraba con el tiempo.

A través de los tiempos se han construido salas con buena o con mala acústica, las salas con excelente acústica han resistido el tiempo. El éxito de dichas salas generalmente se debió a la suerte de sus constructores al momento de elegir geometrías y materiales.

Los criterios acerca de la acústica en general no tenían ninguna base científica hasta que en el siglo I antes de Cristo un arquitecto llamado Marco Vitrubio expusiera los primeros criterios acerca de la acústica, en el decía que la acústica dependía totalmente de la geometría, refiriéndose a teatros griegos y romanos de la época.

En cuanto a sonido se trata, se podría decir que Aristóteles empezó a estudiar el eco como reflexiones, sin embargo fue Herón de Alejandría que dijo que los

sonidos son vibraciones longitudinales que se propagan a través del aire. Luego fue Lucio Anneo quien expuso que esto solo es posible por las características elásticas del aire. Pero fue en el libro Armónicos de Claudio Ptolomeo que se juntaron todos estos criterios del sonido.

Fue para el siglo XIX que el científico inglés Lord Rayleigh publicó su libro "Theory of Sound", el cual contenía fundamentos acústicos que sirven hasta la época. En este libro se da los primeros indicios acerca de colocar materiales como cortinas o el mismo público presente para la absorción sonora, claro está que este criterio iba junto con el de la reverberación de las salas.

Para este momento de la historia todavía existía mucha incertidumbre acerca de la acústica. Por un lado la falta de información acerca del tema y la poca experiencia de las personas. El principal problema de los arquitectos de la época era la falta de criterios claros acerca de la forma en la que deberían ser construidas las salas para una buena acústica.

Fue para el año de 1885 cuando Wallace Clement Sabine tomó la batuta de los estudios de la acústica. Sabine era parte del departamento de física de la Universidad de Harvard en donde no estaba al cargo del estudio de la acústica, pero hubo un problema con la acústica del Fogg Art Museum. Después de este encargo de la Universidad de Harvard la historia vería como Sabine era encargado para la realización de estudios de la acústica del Boston Music Hall, considerado como una de las mejores salas del mundo hasta hoy.

El trabajo de Sabine fue el de determinar cómo es que los materiales del recinto afectaban a la reverberación de las salas, llegó a la conclusión de que la reverberación es inversamente proporcional a la absorción del recinto. Con esto se vio el nacimiento de la famosa ecuación de Sabine para calcular la reverberación, la cual se utiliza hasta nuestros días.

Una de las razones de la dificultad para realizar estudios acerca de la acústica, era el hecho de que no existían instrumentos para realizar mediciones acústicas y por lo tanto la dificultad de determinar criterios válidos. Fue para los

años 30 que la creación de micrófonos, amplificadores y altavoces que se hicieron posibles mediciones de campo que determinarían criterios válidos.

Ya para los años 80 llegaría la programación y software para simulaciones acústicas precisas. Para ese entonces los softwares ahorrarían mucho dinero puesto que antes a la llegada de éstos se realizaban maquetas a escala del recinto a construir y luego extrapolar los resultados obtenidos.

Siguiendo con las nuevas tecnologías en los años 90 se crearían sistemas de auralización, el sonido virtual nos podría trasladar virtualmente a cualquier punto del recinto y escuchar su interacción virtual, preferentemente esta escucha se debe hacer con audífonos.

Hoy en día los avances en software son tan grandes que existen potentes programas de simulación de sonido en recintos. El poder de dichos programas de simulación y sonido virtual da las herramientas necesarias para crear modelos acústicos virtuales para recintos. Para la parte de diseño de los recintos es una herramienta importante ya que nos facilita la elección de geometría del recinto como de los materiales a utilizarse. Luego del diseño es primordial el análisis de información recopilada y como es que este recinto va a responder y su comportamiento.

### **1.1 Antecedentes**

Generalmente en nuestro medio y sociedad la construcción de recintos no se ve ligada a ningún interés de parte de la constructora o el dueño a que el recinto posea ni siquiera una aceptable acústica. Quizá muchas veces esto se deba a que simplemente a la gente no le importa un confort acústico, o también por un total desconocimiento acerca del tema, o simplemente podría ser un tema de carácter económico.

Para la mayoría de las personas el tema de la acústica es totalmente desconocido o irrelevante, su interés no se basa en que un lugar suene bien o no, simplemente no le toman la atención que deberían. Un tema en el que las

personas no toman atención es el ruido. El ruido dentro de muchos lugares laborales es, aparte de molesto, es dañino para la salud. La cuestión es que como sociedad nos hemos acostumbrado a trabajar en situaciones adversas y no pensar en la posibilidad de mejorar la situación.

En definitiva la acústica de los recintos debe ser la adecuada dependiendo de la función que tiene el espacio, las actividades que se realicen dentro de éste, de la cantidad de gente que estén interactuando al mismo tiempo en el mismo espacio, del mensaje transmitido, la capacidad de los espectadores o receptores de captar correctamente el mensaje dependerá de que si hay o no ruido presente, el cual pueda enmascarar el mensaje.

Para salas de conferencia es imprescindible que la inteligibilidad de la palabra sea adecuada, ya que en este caso el mismo éxito de la conferencia dictada depende de la comprensión del 100 % del mensaje enviado. Si existe ruido dentro de la intervención entonces este ruido enmascara la palabra, si el recinto no tiene una reverberación adecuada entonces las reflexiones van a ser molestas y no provechosas. Si existen problemas de ecos o ecos flotantes van a ser molestos.

Hay que tener en cuenta que el sonido dentro del recinto tiene que ser uniforme en todos los lugares del recinto, el espectro de frecuencia tiene que ser lo más plano posible para toda la sala, esto para que no importe el lugar en donde este el receptor el mensaje llegue correctamente.

Los recintos o salas de Life Learning no fueron construidos para el propósito que tienen ahora. Las instalaciones fueron compradas sin tener en cuenta ningún parámetro acústico ni de aislamiento.

La empresa Life Learning empezó a realizar las conferencias y cursos con total desconocimiento de la acústica de los locales, por lo que las personas involucradas dentro de las actividades no poseen un confort acústico adecuad

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo general**

- Proponer el diseño de aislamiento y acondicionamiento acústico para las tres salas de conferencias de LifeLearning, utilizando para esto software y fórmulas para corroborar resultados.

### **Objetivos específicos**

- Realizar las mediciones necesarias para su posterior análisis y toma de decisiones respectivas.

- Proponer soluciones teniendo en cuenta las mediciones obtenidas, para solucionar los problemas de acústica y aislamiento en los recintos.

- De ser necesarios realizar el diseño de difusores, resonadores, además de colocación de materiales para la absorción acústica.

- Obtener los tiempos de reverberación óptimos para cada una de las salas del complejo.

- Lograr la óptima inteligibilidad de la palabra en los recintos.

## **1.3 Hipótesis**

El presente trabajo de titulación pretende demostrar que teniendo un local que no ha sido tratado adecuadamente en aspectos acústicos, se puede proponer un diseño acústico para las salas que solucionaría los problemas de acústica existente, es decir, un acondicionamiento y aislamiento adecuados para los propósitos de los recintos.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Psicoacústica.

La Psicoacústica es una rama de la psicofísica que estudia la relación existente entre el estímulo de carácter físico y la respuesta de carácter psicológico que el mismo provoca. Estudia la relación entre las propiedades físicas del sonido y la interpretación que hace de ellas el cerebro es decir, estudia la percepción individual de las características del sonido tono, timbre e intensidad. Estas características del sonido están relacionadas con la frecuencia y la amplitud.

### 2.2 Sensación de altura, timbre y sonoridad.

La sonoridad, timbre y altura son cualidades que son distinguidas al escuchar un sonido estas características determinados principalmente por la amplitud y la frecuencia. Definiendo a cada una de estas cualidades podemos decir:

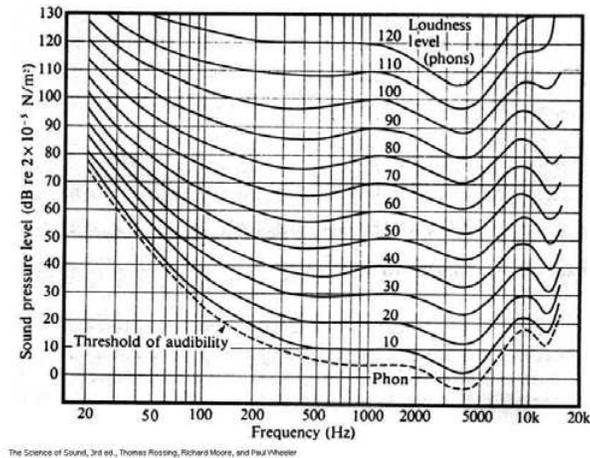
- **Sonoridad:** Es la medida subjetiva de la intensidad con la que el oído percibe un sonido. Para poder medir cuan fuerte es un sonido respecto a otro se obtiene el nivel de sonoridad hay dos unidades para hacer esta medición el son y el fon.
- **Altura:** Descrita como una sensación psicoacústica depende de la frecuencia fundamental de la señal, es decir si es un sonido grave o agudo.
- **Timbre:** Se puede definir como el tono propio de un sonido, esto nos permite distinguir un sonido de otro. La forma de onda y los componentes armónicos son las características principales del timbre.
- 

### 2.3 Curvas de Fletcher y Munson.

Estas curvas son el resultado de experimentar la forma cuantitativa en la respuesta auditiva de los seres humanos. Los investigadores norteamericanos H. Fletcher y W. A. Munson en 1933 obtuvieron estas curvas comparando la

sonoridad de un tono puro de 1KHz al que varían su NPS. Para diferenciar el NPS del nivel de sonoridad, se lo expresa en FON.

**Figura 2.1** Curvas de Fletcher y Munson.



**Fuente:** The Science of Sound, 3ra Edición, Thomass Rossing, Richard Moore y Paul Wheeler

Observando el gráfico se observa que un tono de 200Hz y 40dB se puede escuchar como uno de 1000Hz y 20dB, también podemos decir que el primer tono tiene un nivel de sonoridad de 20 Fon.

La curva de 0 Fon representa el umbral de audición de una persona con una buena audición, tener una pérdida de 10 a 20 dB a partir de este umbral se puede considerar normal, si se sobrepasa una pérdida de 25 dB se tienen problemas para la comprensión oral.

Estas curvas describen todas las combinaciones de frecuencias y niveles de presión sonora que se pueden escuchar igual de intensas que un tono de referencia de 1KHz y el nivel de presión dado este nivel dado en decibeles es numéricamente idéntico al nivel de sonoridad dado en fones.

Se puede concluir que el oído es más sensible en la parte central del espectro de frecuencias (500Hz – 5KHz) ya que es necesario un menor nivel de presión sonora para producir la misma impresión de sonoridad. La mayor sensibilidad

se produce en la frecuencia cercana a 3KHz que corresponde a la frecuencia de resonancia del canal auditivo del oído humano.

## **2.4 Acústica arquitectónica**

### **2.4.1 Introducción**

La acústica arquitectónica es una rama del estudio del sonido que se centra en el estudio del comportamiento del sonido dentro de recintos cerrados y abiertos. Estos recintos puede ser cualquier lugar donde se desee que estas características de propagación sonora sean las adecuadas. Generalmente se busca una buena acústica en locales destinados a la grabación sonora de cualquier tipo, salas de conferencia, auditorios, salas de conciertos, etc.

Los locales mencionados anteriormente deberán tener características acústicas que se acoplen a su tipo de funcionamiento y uso del recinto. Es por esta razón que para cada tipo de recinto y su función se usan criterios acústicos distintos.

Para lograr los resultados deseados, básicamente hay que centrarse en dos puntos clave: el aislamiento y acondicionamiento acústico.

Un factor importante de la acústica es que esta dependerá también de la geometría del recinto, puesto que esto definirá la difusión del sonido y su campo sonoro. Además es primordial tener en cuenta el material usado en todas las superficies.

### **2.4.2 El sonido al aire libre**

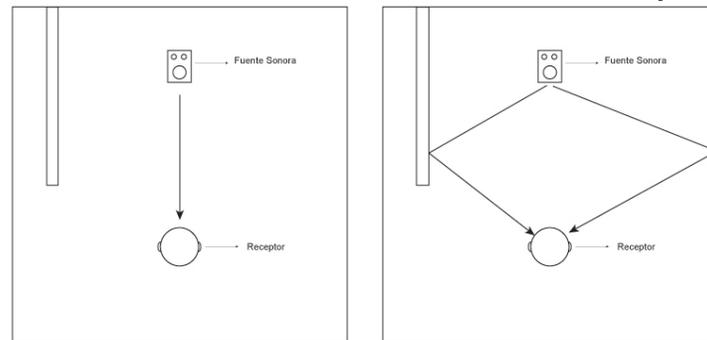
Cuando una fuente sonora de factor de directividad  $Q=1$  entra en funcionamiento el sonido viaja en todas la direcciones radialmente con respecto a la fuente. En el escenario propuesto (al aire libre), las ondas viajan y no chochan con nada, es decir, no existen reflexiones del sonido en ninguna superficie y por lo tanto no hay campo reverberante. Para una persona situada

en este escenario, este escucharía solamente sonido directo. El sonido directo es aquel que llega al receptor sin ninguna variación en su trayectoria.

### 2.4.3 El sonido en recintos cerrados

En el caso de los recintos cerrados, la energía sonora llega al receptor de dos maneras: llega como sonido directo y el sonido reflejado o indirecto.

**Figura 2.2** Representación gráfica del sonido directo e indirecto o reflejado.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

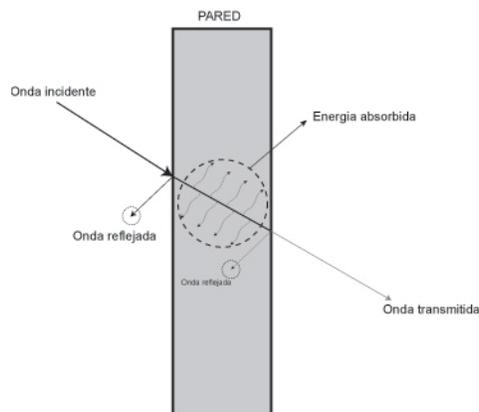
El sonido reflejado o indirecto se debe a que se le asocia reflexiones dentro del recinto con cualquier superficie presente dentro del mismo. La energía que se le asocia al sonido reflejado dependerá del recorrido y las reflexiones de las ondas sonoras por las superficies, y también dependerá del grado de absorción acústica de los materiales que conforman las superficies. Es por esto que se deduce que mientras más es la distancia recorrida y más absorbente el recinto menor energía reflejada habrá.

### 2.4.4 Reflexiones

La energía reflejada por alguna superficie dependerá de la dirección de incidencia y del material de la superficie en cuestión. Vamos a suponer una pared lisa dentro del recinto, a esta llega una onda sonora con un ángulo

determinado, la energía al ver oposición a su paso se refleja en la superficie. Ya que ninguna superficie es totalmente reflectante, sino existe la energía que es absorbida por el material de la superficie y otra energía que se transmite a través de la estructura. En la figura 2.3 se muestra claramente estos 3 fenómenos de interacción de las superficies y la energía incidente en ella.

**Figura 2.3** Los tres fenómenos que ocurren con la energía sonora en una partición.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La onda choca con la superficie y la onda se refleja en primera instancia, existe energía que es absorbida por el material y en tercera instancia la onda se transmite a través del material, a esta se la conoce como transmisión estructural.

Hay que tener en cuenta que el grado de reflexión depende totalmente tanto de la longitud de onda como del material utilizado en la superficie.

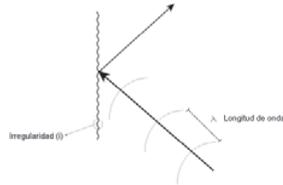
#### 2.4.5 Reflexión y longitud de onda

En el caso anterior se supuso que la superficie era lisa y homogénea, pero hay que tener en cuenta que las reflexiones dependen tanto de la superficie como de la longitud de onda que incide sobre ésta.

A continuación se presentan tres casos y el comportamiento de la onda sonora al chocar con diferentes superficies:

- a. Cuando la longitud de onda es mucho mayor que la dimensión de la irregularidad (i)

$$\lambda \gg i$$

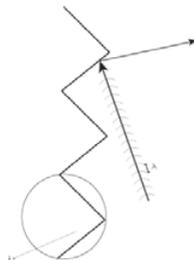


Para este caso la irregularidad es tan pequeña con respecto a la longitud de onda que el frente de onda se refleja de manera regular y se difracta totalmente rodeando la irregularidad.

Por ejemplo este sería el caso de una frecuencia de 100 Hz de longitud de onda de 3.45 m y la irregularidad bastante más pequeña.

- b. Cuando la longitud de onda es mucho menor que la dimensión de la irregularidad

$$\lambda \ll i$$



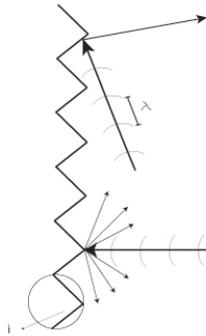
Para este caso la irregularidad es tan grande para la longitud de onda que cada superficie representa un obstáculo para la onda, es decir, cada superficie es independientemente reflectante. Este fenómeno está

sujeto al ángulo de incidencia del sonido

Por ejemplo una frecuencia de 10000Hz de longitud de onda de 3.45 cm y la irregularidad bastante más grande

c. Cuando la longitud de onda es similar a la dimensión de la irregularidad

$$\lambda \approx i$$



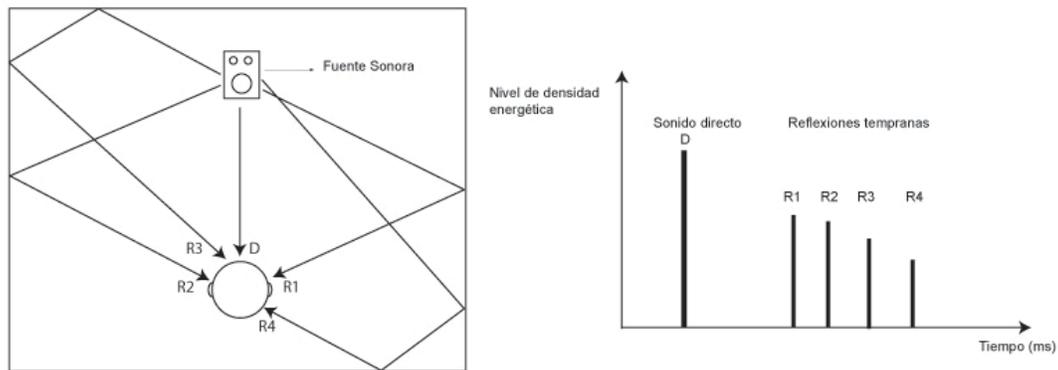
Para este caso la irregularidad y la longitud de onda son similares. Se puede dar dos casos dependiendo del ángulo de incidencia de la onda: para el primer caso existe una reflexión regular y en el segundo caso existe un campo difuso.

#### 2.4.6 Las reflexiones tempranas

En este punto hay que hacer una diferenciación de gran importancia, existen las llamadas reflexiones tempranas o primeras reflexiones que son las reflexiones que llegan al receptor inmediatamente después que el sonido directo, y existen las reflexiones tardías las cuales constituyen la cola reverberante.

Las reflexiones tempranas dentro de un recinto suelen ser las reflexiones que llegan al receptor dentro de los primeros 100 ms después de que la onda llega como sonido directo, también se las conoce como reflexiones de orden bajo, es decir, de orden menor o igual a tres. Se habla de orden en reflexiones cuando la onda incide  $n$  veces en cualquiera de las superficies dentro del recinto antes de llegar al receptor. Así mismo al ser estas reflexiones de orden bajo se asocia que estas tienen una mayor nivel energético que la cola reverberante. A continuación en la figura 2.10 se muestra el sonido directo y las reflexiones tempranas.

**Figura 2.4** Nivel relacionado al sonido directo y primeras reflexiones en un recinto cerrado



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Existen las reflexiones tempranas que llegan al receptor dentro de los 50 ms, estas reflexiones se podría decir que se unen al sonido directo. Nuestro oído no es capaz de desasociar los sonidos directos de los que llegan en los primeros 50 ms, es por esto que se percibe como un solo sonido y no por separado. Estas reflexiones que están muy unidas en tiempo y el oído no disocian, son de mucha utilidad cuando se trata de que la inteligibilidad de la palabra sea buena, estas reflexiones ayudan a que la palabra sea más comprensible y clara dentro de un recinto.

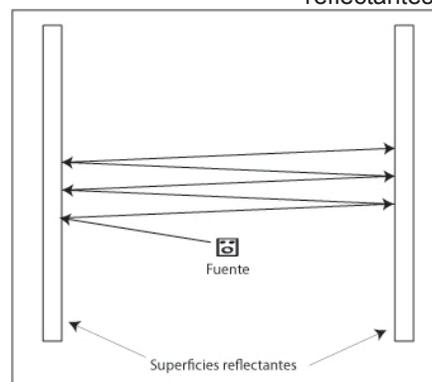
La inteligibilidad de la palabra dentro de un recinto depende del tiempo en el que las reflexiones lleguen al receptor, si dichas reflexiones llegan dentro de los 50 ms ayudan a mejorar la inteligibilidad. Luego existe una zona en la que depende del nivel de la reflexión al llegar para determinar si esta es de utilidad, ya que si una reflexión llega después de los 50 ms y el nivel es bajo, entonces esta reflexión no va a ser perjudicial para la inteligibilidad, mientras que si el nivel es alto esta reflexión se va a distinguir como un eco perjudicial para la inteligibilidad.

### 2.4.7 Eco y eco flotante

Se define al eco como la disociación realizada por el oído humano de una reflexión tardía. Para que exista eco debe existir una reflexión que llegue al receptor después de los primeros 50 ms y que esta reflexión tenga un nivel elevado.

El eco flotante es aquella reflexión que se repite varias veces en un corto periodo de tiempo y se da cuando existen dos superficies paralelas y altamente reflectantes.

**Figura 2.5** Eco flotante entre dos superficies paralelas y reflectantes.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 2.4.8 Modos propios de una sala

Al combinarse dentro de una sala las ondas incidentes y reflejadas se generan las denominadas ondas estacionarias o modos propios de la sala. Cada uno de estos modos va asociada a una frecuencia denominada propia y aun nivel NPS dependiente del punto dentro del recinto.

Estos modos propios generan coloraciones dentro de las salas que no son más que concentraciones de energía en determinadas frecuencias propias, es por esto que cada sala tiene su característica sonora.

La coloración de los recintos generalmente es más notoria en espacios o recintos reducidos como estudios de grabación, por esto es que existe un criterio de medidas para los recintos recomendadas para que los modos propios de una sala estén correctamente distribuidos, a este criterio se lo conoce como Criterio de Bonello.

La densidad de los modos propios de una sala aumenta con la frecuencia. Esto significa que existe una cierta frecuencia en la que los modos dejan de tener sentido. Es por esto que la fórmula empírica (2.1) la  $f_{\max}$  que determina desde que frecuencia los modos propios no influyen.

$$f_{\max} = 1849 \sqrt{\frac{RTmid}{V}} \quad [2.1]$$

Si el caso fuera que se necesitaría atenuar estos modos, esto se logra con sistemas de ecualización o resonadores.

#### **2.4.9 Balance energético sonoro**

Teniendo una fuente sonora que radia de forma continua se espera que una vez que pase el tiempo transitorio la energía alcance un estado de equilibrio, en donde, la absorción acústica es igual al aporte energético generado por la fuente. Ya que la fuente genera sonido de forma constante se espera que la energía total en cualquier punto de la sala sea la suma del sonido directo y reflejado, y que así esta vaya subiendo constantemente hasta llegar al punto de equilibrio. El mismo fenómeno se obtiene al revertir el proceso, ya que una vez apagada la fuente de manera abrupta la energía va disminuyendo hasta estar solamente en presencia del ruido de fondo. Obviamente este tiempo depende del grado de absorción de las superficies y determinada por el tipo de reverberación del recinto.

### 2.4.10 Campo directo y campo reverberante

Como se dijo anteriormente, la energía total dentro de un recinto se obtiene con la suma de una energía de valor variable y otra constante.

El valor variable en este caso corresponde al sonido directo, ya que el receptor puede estar alejándose o acercándose a la fuente y mientras que la energía constante corresponde al sonido indirecto o a las reflexiones.

La zona en donde el sonido directo es preponderante se le denomina zona de campo directo, es decir a puntos muy cercanos a la fuente sonora, y en esta zona el nivel viene dado por el llamado nivel de campo sonoro ( $L_D$ ). Este nivel disminuye 6 dB al doblar la distancia de la fuente, es decir, como que el receptor se encontrara al aire libre o en una cámara anecoica.

Por otro lado la zona de reflexiones se le denomina campo reverberante y le corresponde puntos bastante alejados de la fuente. Al nivel se le llama nivel de campo reverberante ( $L_R$ ).

Existe una distancia crítica ( $D_C$ ) en donde el nivel de campo cercano y el reverberante son iguales:  $L_D = L_R$

Teniendo en cuenta esta igualdad se tiene que:

$$D_C = 0,14 \sqrt{QR} \quad [2.2]$$

En donde:

$Q \rightarrow$  factor de directividad de la fuente

$R \rightarrow$  constante de la sala =  $S_t * \alpha / 1 - \alpha$

$S_t \rightarrow$  superficie total del recinto

$\alpha \rightarrow$  coeficiente medio de absorción.

### 2.4.11 Absorción sonora

En un recinto las superficies reflejan parcialmente el sonido y el resto es absorbido según el tipo de material del cual están construido las paredes, piso y techo, esta mayor o menor absorción tiene gran importancia en el comportamiento acústico de un recinto y viene definido por el coeficiente de absorción sonora ( $\alpha$ ) mediante la fórmula (2.3):

$$\alpha = E_{\text{absorbida}} / E_{\text{incidente}} \quad [2.3]$$

Donde:

E absorbida → energía absorbida

E incidente → energía incidente

En general los materiales duros como el hormigón y mármol son muy reflectores y absorben muy poco el sonido, lo contrario de los materiales blandos y porosos son poco reflectores y en consecuencia muy absorbentes.

El coeficiente de absorción se ha medido y tabulado para los diferentes elementos presentes en un recinto tales como:

- Tipo de materiales rígidos y porosos de las paredes, piso y techo.
- Las superficies de las salas susceptibles de vibraciones como puertas, ventanas, paredes separadoras ligeras.
- El público y las sillas
- Los materiales absorbentes colocados en áreas determinadas del recinto.

### 2.4.12 Tiempo de reverberación

La reverberación es la permanencia del sonido después de interrumpida la fuente sonora, y es consecuencia de las reflexiones, iniciales y tardías.

En cada reflexión una parte del sonido es absorbido y otro reflejado, el sonido reflejado viaja dentro del recinto hasta encontrar otra superficie en la cual nuevamente parte es absorbido y otra se refleja. Este proceso continúa hasta que la mayor parte del sonido se absorbe y el restante es débil y no audible.

La cuantificación del proceso de extinción del sonido se denomina tiempo de reverberación RT, técnicamente definido como el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB por debajo de su nivel inicial.

El tiempo de reverberación depende de cuán absorbentes son las superficies del recinto, así un recinto grande como una nave industrial o una iglesia que está construida con materiales duros tendrá un RT alto, a estos recintos se los denomina “vivos”, mientras que si el RT es pequeño recibe el nombre de “apagado” o “sordo” como son los locutorios, estudios de grabación, cuyos materiales con los que están contruidos son absorbentes.

El tiempo de reverberación RT se define con la fórmula de Sabine (2.4):

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} (\text{seg}) \quad [2.4]$$

Donde:

V → Volumen del recinto en m

A<sub>tot</sub> → Absorción total del recinto.

### 2.4.13 Valores recomendados de tiempo de reverberación

Ya que se debe obtener un solo valor de tiempo de reverberación RT para un recinto, se toma la media aritmética de los valores asociados a las frecuencias de 500 Hz y 1000 Hz, y a este valor se le denomina  $RT_{mid}$ . Para que este valor de  $RT_{mid}$  sea el correcto depende tanto del volumen y de la actividad que se vayan a realizar dentro del recinto. La tabla 2.2 define valores recomendados de RT para distintos tipo de sala:

**Tabla 2.1** RT para distintos tipos de salas

| <b>Tipo de sala</b>                     | <b>Rtmid sala ocupada en seg</b> |
|---|----------------------------------|
| Sala de conferencias                    | 0,7 - 1,0                        |
| Cine                                    | 1,0 - 1,2                        |
| Sala polivalente                        | 1,2 - 1,5                        |
| Teatro de ópera                         | 1,2 - 1,5                        |
| Sala de conciertos (música de cámara)   | 1,3 - 1,7                        |
| Sala de conciertos (música sinfónica)   | 1,8 - 2,0                        |
| Iglesia catedral (órgano y canto coral) | 2,0 - 3,0                        |
| Locutorio de radio                      | 0,2 - 0,4                        |

**Fuente:** Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Carrión Antoni, pag.64.

### 2.4.14 Inteligibilidad de la palabra: % AICons

La inteligibilidad de la palabra en una sala depende tanto de la presencia de ecos o ecos flotantes y la comprensión del mensaje enviado depende de la correcta apreciación de las consonantes.

El estudio del % AICons lo realizó el holandés V.M.APeitz y consistía en dos partes: la primera parte se le pidió a la audiencia que analizaran una serie de logátomos (palabra sin definición conformada por: consonante – vocal – consonante). Luego el investigador analizaba el porcentaje de logátomos correctamente percibidos por la audiencia y el restante del porcentaje se le denominaba como él %AICons. Por ejemplo si el porcentaje de logátomos correctamente identificados era de 90% entonces él %AICons era de 10%, por lo tanto mientras más alto el porcentaje de %AICons mejor la inteligibilidad de la palabra.

La segunda parte consistía en encontrar la relación matemática para conocer el %AICons del recinto. Esta relación la encontró al determinar que el valor de %AICons se lo podía determinar conociendo el tiempo de reverberación y la diferencia entre el NPS del campo directo  $L_D$  y del campo reverberante  $L_R$ .

El cálculo de  $L_D - L_R$  se emplea la siguiente fórmula (2.5):

$$L_D - L_R = 10 \log \left( \frac{QR}{r^2} \right) - 17 \text{ (dB)} \quad [2.5]$$

Log → logaritmo decimal

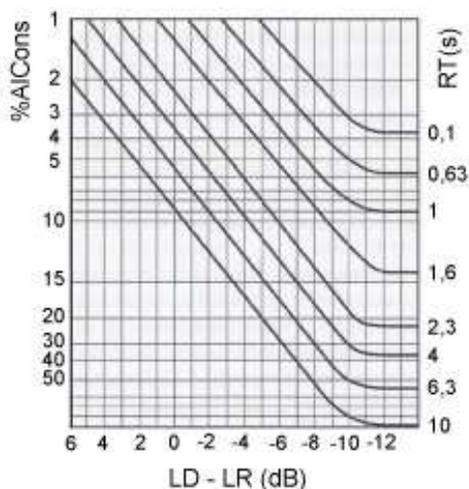
Q → factor de directivita de la fuente

R → constante de la sala

r → distancia del punto hacia la fuente

El investigador holandés después de deducir la fórmula de  $L_D - L_R$  realiza un gráfico en donde se muestra los valores de RT,  $L_D - L_R$  y su respectivo % AICons.

**Figura 2.6** % AICons, valores de RT



| % AICons     | Valoración subjetiva |
|--------------|----------------------|
| 1,4% - 0%    | Exelente             |
| 4,8% - 1,6 % | Buena                |
| 11,4% - 5,3% | Aceptable            |
| 24,2% - 12%  | Pobre                |
| 46,5% - 27%  | Mala                 |

**Fuente:** Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Carrión Antoni, pag.67, 69.

Ya que gran parte del éxito de la inteligibilidad de la palabra depende de que se entiendan las consonantes, entonces se deduce que el cálculo del  $\alpha$  se debe hacer con la frecuencia de 2000 Hz ya que esta frecuencia contribuye mayormente a la inteligibilidad de la palabra.

De estos conceptos planteados acerca de los parámetros del %AICons se desprende que mientras el receptor esté más cerca de la fuente entonces el  $L_D - L_R$  es mayor por lo tanto la inteligibilidad es mejor. Si el RT es bajo entonces el %AICons va a ser mayor.

Como se dijo antes mientras más lejos este el receptor de la fuente menor el %AICons por lo tanto existe una distancia en la cual la inteligibilidad de la palabra ya no empeora, esta distancia está definida como  $r = 3.16D_c$ .

## **2.5 Materiales para acondicionamiento acústico**

### **2.5.1 Introducción**

Básicamente los materiales de las superficies son primordiales en el diseño de un recinto por la razón de que estos definen como suena una sala. Los materiales en una sala pueden ser de tres tipos o producen el siguiente efecto:

- Absorción acústica
- Reflexión acústica
- Difusión acústica

### **2.5.2 Materiales absorbentes acústicos**

Con la finalidad de obtener una elevada absorción sonora es necesario optimizar las condiciones acústicas de las salas de espectáculos o estudios de grabación. Los materiales de construcción y los revestimientos comúnmente usados no tienen las propiedades absorbentes adecuadas para conseguir una absorción acústica adecuada.

Para este propósito existen varios tipos de materiales entre los cuales el más económico es la fibra de vidrio que viene en dos presentaciones: en forma de fieltro o como panel rígido. La absorción aumenta en función del espesor y de la densidad de la fibra. La fibra de vidrio tiene el inconveniente de que se requiere de planchas perforadas protectoras para evitar el contacto con la piel y para evitar el respirar las partículas que se desprendan y afecten a la salud puesto que estas se alojan en los pulmones. Estas planchas perforadas son fabricadas con materiales celulósicos y el aplicar estas planchas de gran espesor directamente sobre las paredes son poco efectivas.

Otra opción son las espumas de poliuretano o de melamina cuya superficie tiene cuñas anicónicas que actúan como trampa de sonido, la forma de cuña hace que el sonido se refleje varias veces y en la contigua, consiguiendo un aumento de la superficie efectiva en tres o más.

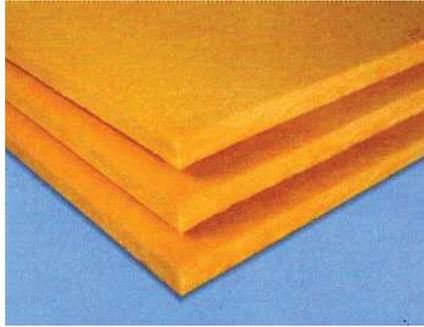
Para los cielos rasos es adecuado revestimientos a base de fibras minerales, fibra de vidrio, fibras celulósicas, corcho etc., suspendidas del techo con bastidores a cierta distancia de la losa, mientras mayor la distancia y si se intercala fibra de vidrio mejor es la absorción que se obtiene.

En los pisos lo recomendable es instalar alfombras sobre materiales porosos de fibra vegetal como el yute, mientras mayor es el espesor de la alfombra se consiguen mejores resultados, además la alfombra sirve para evitar ruidos al caminar, rozaduras de cables en el piso o caídas de objetos.

Las cortinas también colaboran con la aislación acústica, mientras más separada de la pared aumenta la absorción. Es importante la porosidad por lo que se recomienda tela gruesa o terciopelo, el plegado aumenta la absorción, una cortina fruncida al 50% puede llegar a duplicar su coeficiente de absorción.

A continuación hay fotos de 4 materiales absorbentes:

**Figura 2.7** Ejemplos de materiales absorbentes



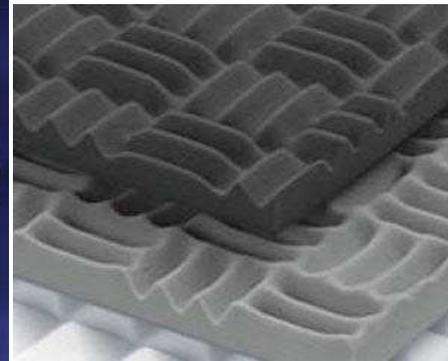
a. Fibra de vidrio



b. Fibra mineral



c. Espuma melanina



d. Espuma de poliuretano

**Fuente:**

- a) <http://edu.jccm.es/ies/losolmos/TECNOLOGIA/Tecno/Trabajos3%BA/MaterialesConstruccion/CeramicasYvidrios/lanadevidrio.html>
- b) <http://www.elaireacondicionado.com/noticias/knauf-insulation-gana-el-dubo-award-con-su-lana-mineral-natural.611.html>
- c) <http://www.cemigest.es/productos1.htm>
- d) <http://www.directindustry.es/prod/pinta/paneles-acusticos-de-espuma-polieter-22406-519442.html>

Los materiales absorbentes de sonido se caracterizan por que estos hacen que parte de la energía incidente se transforme en calor pero la absorción de los materiales depende también de otros factores:

- a. Del espesor (D) del material: si se aumenta el espesor de un material colocado en una superficie rígida, entonces la absorción se espera que sea mayor principalmente para frecuencias medias y bajas. La absorción

depende de una relación entre la longitud de onda y el espesor. Mientras mayor la longitud de onda menor absorción y viceversa.

La mayor absorción que se puede dar dependiendo del espesor del material es cuando existe una relación de  $D=\lambda/4$  y sus múltiplos impares.

- b. De la porosidad del material: parecido al caso anterior porque mientras más porosidades tenga el material entonces las ondas penetran más en el material y por consiguiente la absorciones mayor.
- c. De la densidad del material: si un material es poco denso entonces la absorción es poca, mientras que si el material es más denso la absorción aumenta. Esta absorción en materiales más densos tiene un límite, ya que llega un punto de densidad del material que las ondas se reflejan.
- d. Del material a la pared rígida: ya que no es muy conveniente colocar material con espesores muy grandes para mejorar la absorción en bajas frecuencias se tiende a colocar material de espesor medio a una distancia para la que  $D=\lambda/4$ .

Por otro lado existen elementos especiales que sirven como absorbentes acústicos pero que son contruidos y generalmente trabajan para determinadas frecuencias y se los llama resonadores.

## 2.6 Resonadores

Los resonadores sirven como ayuda para los materiales absorbentes y especialmente para los casos en que se necesita absorción para bajas frecuencias. Existen distintos tipos de resonadores:

- De membrana o de diafragma. Para frecuencias bajas menores a 500 Hz.
- De cavidad simple o de Helmholtz. Para frecuencias bajas y medias bajas menores a 500 Hz.
- De cavidades múltiples (Helmholtz) con paneles perforados o ranuras. Para frecuencias medias y medias altas de 500 Hz a 2000 Hz.

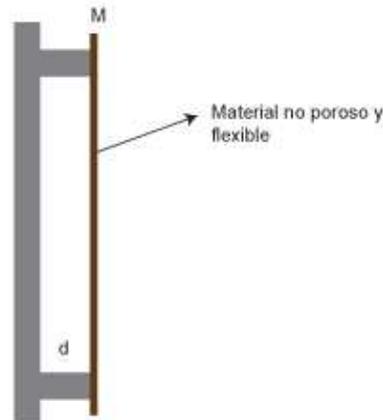
- De cavidades múltiples (Helmholtz) con listones. Para frecuencias medias y medias altas de 300 Hz a 2000 Hz.

### 2.6.1 Resonadores de membrana o de diafragma

Este tipo de resonador está conformado por una material no poroso y flexible colocada a cierta distancia de la superficie rígida, esto para dejar entre medio una capa de aire.

La idea es que la onda incida en el material para que este entre en vibración, dicha vibración de la frecuencia y la amplitud de la misma es máxima a la frecuencia de resonancia, por lo que se produce una deformación y por consiguiente una transformación de energía en calor. El esquema gráfico se presenta en la figura 2.8.

**Figura 2.8** Resonador diafragmático



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Las frecuencias de diseño son generalmente frecuencias bajas en donde se cumple  $d \ll \lambda$ . Entonces el aire dentro de la cavidad tiene una rigidez que aumenta con la disminución del volumen de aire. Esta rigidez produce que exista un sistema resonante que tiene un pico de absorción en la frecuencia de resonancia  $f_0$ . la fórmula teórica de la  $f_0$  es:

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{Md}}(\text{Hz}) \quad [2.6]$$

**Donde:**

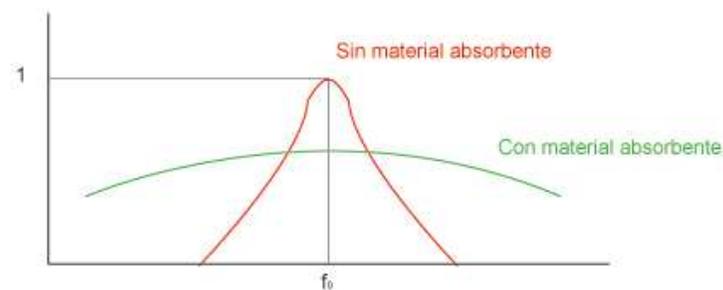
$M \rightarrow$  masa por unidad de superficie

$d \rightarrow$  distancia del panel a la pared

\*Esta fórmula funciona para paneles rígidos de espesores de hasta 20 mm.

En cuanto a la variación del coeficiente de absorción, para la frecuencia de resonancia se tendrá un valor  $\alpha = 1$ , y este irá decreciendo a medida que la frecuencia se aleje de la frecuencia  $f_0$ , hasta llegar a 0. Se puede rellenar parte del volumen del resonador con material absorbente con el fin de suavizar la curva de absorción del dispositivo.

**Figura 2.9** Respuesta de absorción de un resonador con o sin material absorbente.

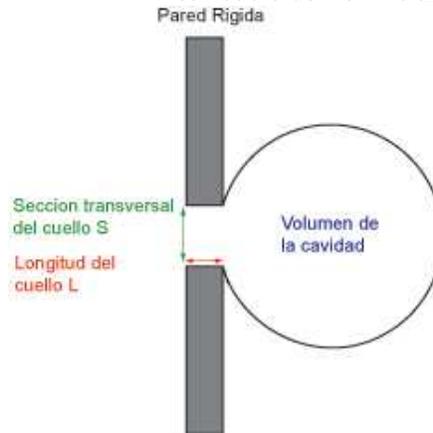


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 2.6.2 Resonador simple de cavidad o de Helmholtz

Resonador conformado por una cavidad cerrada de aire la cual está conectada a la sala a través de una abertura o cuello. El esquema es el siguiente:

**Figura 2.16** Resonador simple de cavidad o de Helmholtz



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Diseño para frecuencias bajas para las que se cumple que:

$$L \ll \lambda$$

$$3V \ll \lambda$$

Dentro del cuello el aire se comporta como una masa mientras que el volumen de aire en la cavidad como un muelle rígido, estos dos elementos dan lugar al sistema resonante con su pico de absorción en  $f_0$ . El cálculo de esta frecuencia  $f_0$  es:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{LV}} (\text{Hz}) \quad [2.7]$$

Donde:

$S \rightarrow$  Sección transversal del cuello ( $\text{cm}^2$ )

$L \rightarrow$  Longitud del cuello (cm)

$V \rightarrow$  Volumen de la cavidad ( $\text{cm}^3$ )

Hay que hacer una corrección en la longitud del cuello, ya que la longitud efectiva del cuello es mayor al valor  $L$ , el factor de corrección es el siguiente si se supone que la abertura es circular:

$$L_c = 2(0,8a) = 1,6a$$

Donde:

a → radio del cuello (cm)

Por lo que la formula anterior cambia a:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{L'V}} (\text{Hz}) \quad [2.8]$$

Donde:

$$L' = L + L_c = L + 1,6a \quad [2.9]$$

Una diferencia bastante marcada con los resonadores de diafragma es que en el caso de los resonadores simples la absorción es bastante más selectiva, es decir, presenta una elevada absorción en la frecuencia de resonancia  $f_0$  y decreciendo abruptamente en cuanto la frecuencia se aleja de la  $f_0$ .

Como en el caso anterior se puede rellenar la cavidad del resonador con el propósito de suavizar la curva de absorción y tener un rango más amplio.

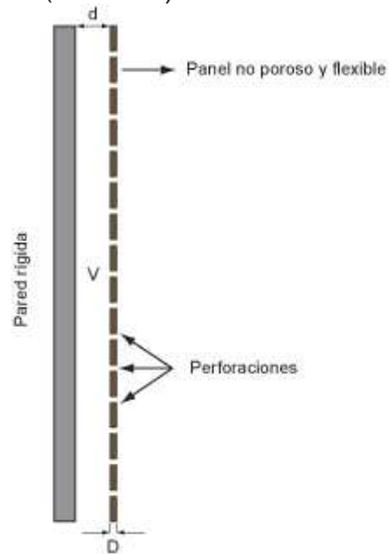
En la práctica no se suele usar un solo resonador dentro de una sala ya que la superficie que ocupa en una sala es muy pequeña, por lo que se suele colocar una agrupación de resonadores simples. Esta agrupación de resonadores simples dará lugar a una mayor absorción A para una frecuencia ya que cada uno de estos resonadores son iguales.

### **2.6.3 Resonador de cavidades múltiples (Helmholtz) con paneles perforados o ranuras.**

Es muy similar a un resonador diafragmático ya que posee un material no poroso flexible de espesor específico (D) colocado a cierta distancia (d) de una

pared rígida, pero con la gran diferencia de que posee perforaciones circulares o ranuras. El esquema es el siguiente:

**Figura 2.10** Esquema de resonador de Cavidades múltiples (Helmholtz)



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Suponiendo que se cumple que  $d \ll \lambda$ , la expresión para el cálculo de la  $f_0$  es la siguiente:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{DV}} (\text{Hz}) \quad [2.10]$$

Donde:

S → Suma de las secciones transversales de los orificios ( $\text{cm}^2$ )

D → Espesor del panel (cm)

V → volumen de la cavidad ( $\text{cm}^3$ )

Si se tiene que:

$$V = S_p d \quad [2.11]$$

Donde:

$S_p \rightarrow$  Superficie del panel ( $\text{cm}^2$ )

$d \rightarrow$  Distancia del panel a la pared rígida

Entonces:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{DS_p d}} (\text{Hz}) \quad [2.12]$$

o también:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{p}{Dd}} (\text{Hz}) \quad [2.13]$$

Donde:

$P \rightarrow S/S_p$  Porcentaje de perforación en el panel

Como en el resonador simple hay que hacer una corrección a la longitud (igual que  $D$ ) porque la masa efectiva de aire en los orificios es mayor a la masa que ocupa su volumen. Teniendo la expresión:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{p}{D'd}} (\text{Hz}) \quad [2.14]$$

Para la construcción de estos resonadores múltiples se realiza dos tipos de perforaciones: perforaciones circulares y de ranuras.

## 1. Panel con perforaciones circulares

Para este caso se necesita saber el valor del porcentaje de perforación  $p$ :

$$p = \pi a^2 / D_1 D_2 \quad [2.15]$$

$D_1$  y  $D_2$  es la distancia vertical y horizontal entre perforaciones.

La longitud efectiva de las perforaciones necesitan igualmente una corrección:

$$D' = D + 1.6a \text{ (cm)} \quad [2.17]$$

## 2. Panel con ranuras

Igualmente que en las perforaciones se necesita saber el porcentaje de ranuras que ocupa el panel con lo siguiente:

$$p = a_1 a_2 / D_1 D_2 \quad [2.18]$$

La corrección para este caso es:

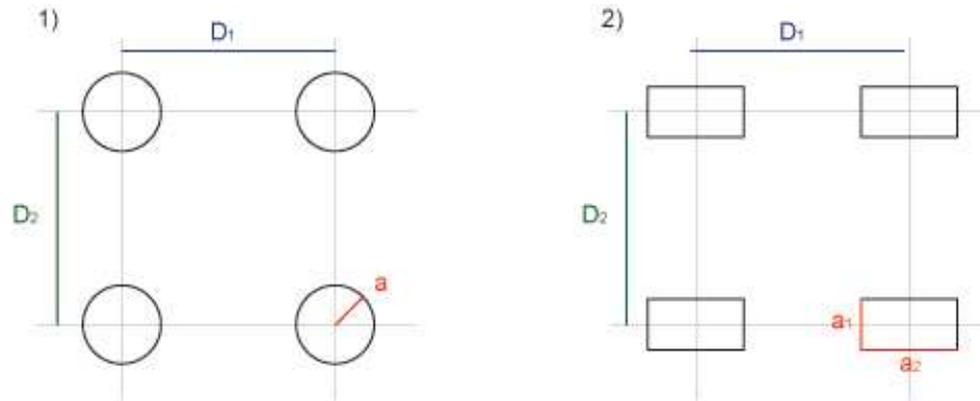
$$D' = D + 1.6a_{eq} \text{ (cm)} \quad [2.19]$$

Definiéndose  $a_{eq}$  como:

$$a_{eq} = \sqrt{\frac{a_1 a_2}{\pi}} \text{ (cm)} \quad [2.20]$$

El esquema para cada uno de estos resonadores es el siguiente:

**Figura 2.11** Resonadores perforados y ranurados.

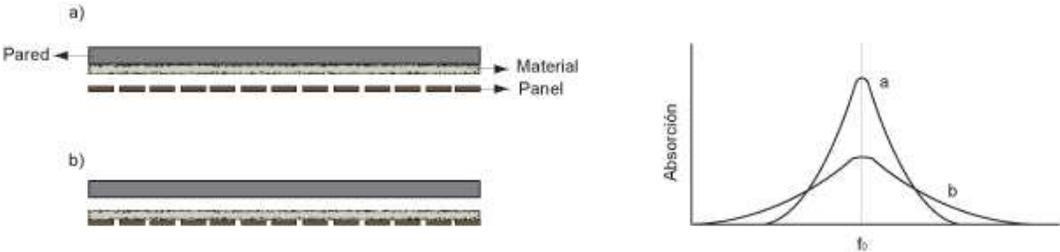


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Por la manera en que los orificios están distribuidos y su efecto de acoplamiento, estos resonadores son menos selectivos que los resonadores Helmholtz y la curva asociada de absorción es más amplia. Para lograr una mayor grado de absorción para todas las frecuencias se puede colocar material absorbente con lo cual también se consigue una disminución en la frecuencia de resonancia.

Mientras que la posición del material absorbente en el sistema cambia también la respuesta de absorción del resonador. Cuando se coloca el material inmediatamente después del panel perforado la curva de absorción es poco selectiva. Para que la absorción sea más selectiva se debe colocar el material en la pared rígida. En la figura (2.12) se observa claramente que el ejemplo a presenta una mayor absorción en la frecuencia de resonancia mientras que en el caso b disminuye esta absorción para  $f_0$ , sin embargo la absorción se hace más amplia en frecuencia.

Figura 2.12 Resonador con material absorbente en diferente posición.

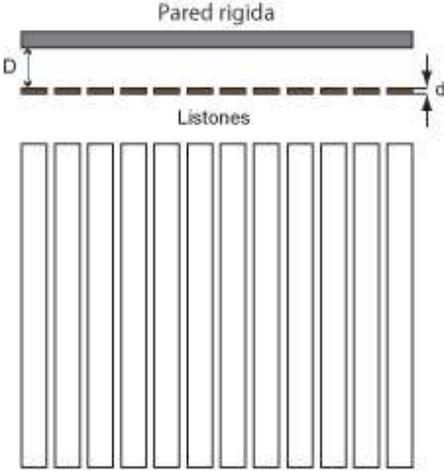


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

2.6.4 Resonador de cavidades múltiples (Helmholtz) con listones

Este resonador se compone de un grupo de listones con un espesor específico  $D$  equiespaciados y a una cierta distancia a una estructura rígida con una cavidad de aire cerrada. El esquema es el siguiente:

Figura 2.13 Resonador de listones



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La masa de aire a considerarse es la que se crea entre cada uno de los listones y la expresión teórica para el cálculo de  $f_0$  es:

$$f_0 = 5480 \text{ (Hz)} \quad [2.21]$$

Donde:

S → Suma de secciones transversales entre listones

D → Espesor del listón

V → Volumen de la cavidad

Para este caso se hace el mismo reemplazo de la formula mostrada en el apartado (2.6.3), quedando así:

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{p}{Dd}} \text{ (Hz)} \quad [2.22]$$

$$p = S/S_p = r/r+w \quad [2.23]$$

Donde:

r → Separación entre listones (cm)

w → Ancho del listón (cm)

Nuevamente hay que hacer una corrección a la longitud efectiva:  $D' = 1,2D$ .

Quedándonos una fórmula final para el cálculo de  $f_0$ :

$$f_0 = 5002 \sqrt{\frac{r}{Dd(r+w)}} \text{ (Hz)} \quad [2.26]$$

El comportamiento de este tipo de resonadores es muy similar a los perforados o ranurados, tanto en cuanto a absorción cuando se coloca material absorbente como a la disminución de su frecuencia de resonancia. Además de tener las mismas características de curva de absorción con respecto a la posición del material absorbente. Figura 2.12

## **2.7 Estudio de reflexiones sonoras**

Como se mencionó anteriormente las reflexiones del sonido son muy importantes dentro del acondicionamiento acústico de locales. Las reflexiones útiles son las que mejoran o incrementan la calidad sonora de un local según el uso del mismo. Para que exista reflexión de ondas en un material debe ser rígida, no porosa y lisa para que la mayor parte de la energía incidente se refleje. Depende también de la longitud de onda incidente, ya que la superficie del reflector debe ser mayor que la longitud de onda, de otra forma el sonido se difracta, es decir, el sonido pasa como si el obstáculo no estuviera presente. Este fenómeno se describe en el apartado 2.4.5.

Los reflectores que se construyen son hechos con el objetivo de reflejar el sonido en cierta dirección, mientras que otras superficies reflectantes forman parte de la reverberación propia de los locales. Los reflectores son generalmente planos o curvos.

### **2.7.1 Reflectores planos**

Los reflectores planos son elementos que tienen como función la reflexión de las ondas hacia cierto punto de un local determinado. Estos reflectores tienen como dimensiones  $A * B$ . Ya que se sabe que existe la difracción para longitudes de onda mayores a las dimensiones de los elementos, entonces los reflectores tendrán límites de frecuencia ( $f_A$  y  $f_B$ ) desde los cuales los niveles de reflexión disminuyen progresivamente al igual que la frecuencia.

### **2.7.2 Reflectores curvos**

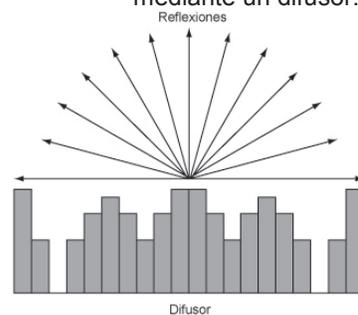
Los reflectores curvos (convexos) tiene la característica que estos dispersan el sonido más que los anteriores reflectores, estos relectores tienen una cobertura más amplia. Para que el reflector consiga trabajar de manera correcta, se recomienda que el radio de curvatura se demás de 5 m.

Por el contrario las superficies cóncavas generan lo que se llama focalizaciones del sonido o focos sonoros. Estos focos sonoros se generan por las reflexiones de ondas hacia un punto específico dentro de la curva que genera un NPS más elevado, incluso puede llegar a ser mayor que el omitido por la misma fuente lo que provoca un desequilibrio en sonoridades.

## 2.8 Difusión del sonido

La difusión del sonido se genera con elementos específicos que hacen que el sonido se disperse en el aire de manera uniforme y en todas las direcciones. La función de dispersión de un difusor se ve expresada en la figura 2.21.

**Figura 2.21** Esquema de difusión del sonido mediante un difusor.



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Los difusores generalmente son utilizados en salas de conciertos o teatros para que la difusión del sonido en el espacio sea bastante disperso para que el oyente pueda percibir correctamente la música interpretada además de utilizarse bastante en estudios de grabación. A veces se utiliza en salas de conferencia cuando existen deficiencias como las coloraciones sonoras, fuentes fantasmas, ecos, focos etc.

Existen varios tipos de difusores que se construyen o diseñan, los más utilizados son:

1. **Difusor policilíndrico:** estos difusores se construyen generalmente de madera, de manera secuencial y con curvaturas menores a 5 metros para que la cobertura de las reflexiones sea mayor que las de un reflector.

2. **Difusores de Schroeder:** estos elementos son diseñados para un margen de frecuencias determinado, y se basa en la teoría de números del científico Manfred Schroeder denominada RPG (ReflectionPhaseGrating). Estos difusores se construyen en madera y existen 3 tipos: MLS, QRD y PRD.

## 2.9 Aislamiento acústico

### 2.9.1 Introducción

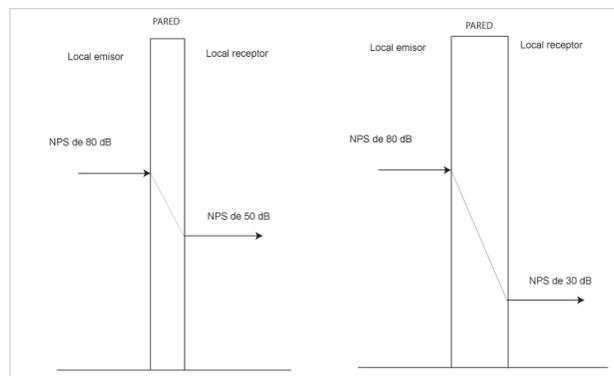
El aislamiento acústico que se produce por transmisión aérea se lo puede definir como la pérdida de energía de las ondas acústicas al interactuar con una partición, ya sea esta pared, techo, ventana, puerta, etc.

Las ondas acústicas al llegar muy cerca de las particiones hacen que las partículas próximas a la superficie se desplacen, lo cual hace vibrar a la superficie sólida y estas partículas se compriman. Este proceso genera dos frentes de onda diferentes, es decir, una parte de la energía se refleja y la otra se transmite por la estructura. La energía que se trasmite también sufre otro proceso que es el de la absorción.

Imaginémonos dos cuartos separados por una pared delgada, existe un NPS de 80 dB en el cuarto a (local emisor), y 50 dB en el cuarto b (local receptor). Existe una diferencia en nivel de presión acústica de 30 dB.

La pérdida por transmisión en este caso es por la condición de la pared, si la pared fuese más gruesa y con las mismas características físicas, entonces se deduce que la pérdida por transmisión va a ser mayor por el simple hecho de que las ondas tienen que desplazar más partículas a su paso y la transmisión por lo tanto es menor.

**Figura 2.14** Diferencia de transmisión entre pared delgada y gruesa



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La onda eventualmente va a llegar a la superficie opuesta, y se genera una vibración mecánica que a su vez desplaza a estas partículas de aire más próximas a la pared, es decir, lo que se percibe en el cuarto adjunto es la energía que se trasmite a través de la estructura sólida.

Un factor crucial en el aislamiento acústico es el de la frecuencia. Es más complicado aislar frecuencias bajas que las agudas, ya que mientras sube la frecuencia la longitud de onda disminuye y por lo tanto la masa de aire desplazada es pequeña. En el rango de 50 Hz a 1000 KHz se considera que la longitud de onda es lo suficientemente grande para que se transmita energía a través de una partición. Para un material específico, la pared debe ser más gruesa o densa, cuanto más baja sean las frecuencias incidentes, es decir, mientras más baja la frecuencia la partición debería ser más gruesa, haciendo que el montaje de paredes muy gruesas sea muy difícil y por lo tanto el aislamiento de bajas frecuencias también.

Otros factores determinantes son las fisuras o huecos entre puertas y paredes, flancos, ventanas, rendijas etc. Hay que tener especial precaución con estos factores que disminuyen el aislamiento acústico.

### **2.9.2 Pérdida por transmisión (TL)**

La pérdida por transmisión es la diferencia de los valores medios de NPS entre el local fuente y el local receptor. El valor de TL es mejor si es mayor, por lo tanto existe mayor pérdida de energía sonora entre locales vecinos.

Por motivo de buena acústica se espera que la pérdida por transmisión sea bastante alta y por lo tanto solamente una pequeña parte de la energía que se transmite a través de una estructura.

### **2.9.3 Clase de transmisión sonora (STC)**

La STC es una valoración de un solo número con el fin de comparar el aislamiento de paredes, ventanas, techos, cubiertas o puertas. Esta valoración de pérdida se obtiene a partir de 16 bandas de prueba. Este índice se utiliza con el fin de facilitar la comparación de aislamiento entre distintas estructuras. El valor único de STC mientras más alto significa que la estructura es más aislante. La finalidad de este parámetro es la de evaluar las particiones con respecto a ruidos como el habla, música, maquinaria etc.

### **2.9.4 Clase de aislamiento de ruido (NIC y NNIC)**

El NIC es un índice, un valor único que se calcula igual que la STC a partir de valores de reducción de ruido. Este parámetro brinda una estimación del aislamiento que hay entre dos particiones unida por una o más vías de transmisión.

El NNIC es el aislamiento de ruido normalizado de valor único para la reducción de ruido. Muestra una estimación de aislamiento entre dos habitaciones amobladas, y suponiendo que el tiempo de reverberación de la habitación amueblada es de 0,5 seg.

### 2.9.5 Clase de aislamiento de impacto (IIC)

Es un valor único a partir de niveles de presión sonora de impactos medidos. Este proceso de impactos se da con una maquina normalizada que golpea el suelo de una habitación y se mide los niveles de presión en la sala debajo en bandas de tercio de octava de 100 Hz a 3150 Hz. Al igual que para la transmisión sonora se ajustan estos valores para una medida de referencia.

### 2.9.6 Diferencia de niveles de presión sonora

**Aislamiento acústico (D):** es la diferencia de NPS entre el local donde está la fuente o local emisor y el local donde el sonido se transmite o local receptor, este valor puede ser para una sola frecuencia o al espectro completo de frecuencias y viene dada por la siguiente expresión:

$$D=L_1 - L_2 \quad [2.24]$$

**Aislamiento acústico normalizado (D<sub>n</sub>):** es la diferencia de NPS del local emisor con respecto al local receptor pero teniendo en cuenta la influencia que ejerce la reverberación. Se deduce que si la reverberación en el local receptor es elevada, entonces el valor de L<sub>2</sub> es mayor que el valor esperado de aislamiento de la partición. Lo contrario sucede si el local receptor es bastante absorbente. Para una frecuencia específica se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_n=L_1 -L_2 + 10\log (T/0.5) \text{ Db} \quad [2.25]$$

$$D_n=L_1 -L_2 + 10\log (10/A) \text{ dB} \quad [2.26]$$

$$D_n=L_1 -L_2 + 10\log (S/A) \text{ dB}^* \quad [2.27]$$

Donde:

T → Tiempo de reverberación del local receptor.

A → Área de absorción del local receptor.

A → Absorción Sabine. \*

S → Superficie de la partición.\*

### **2.9.7 Índice ponderado de reducción de ruido ( $R_w$ )**

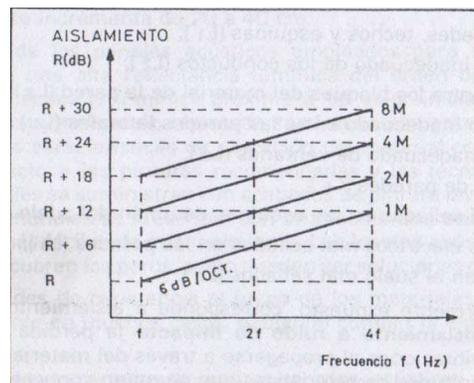
El índice ponderado de reducción de ruido es un valor único a partir de los valores de reducción de ruido. Este parámetro es muy parecido a la STC pero con la diferencia que en este caso el rango de frecuencias de referencia están entre 100 Hz y 3150 Hz y no existe limitación de ajuste de 8 dB.

### **2.10 Paredes simples**

Las paredes simples son aquellas que tienen sus dos caras externas conectadas rígidamente de forma que esta se mueva como una sola estructura. Para las paredes simples la pérdida por transmisión depende de su masa por unidad de área, la rigidez y el amortiguamiento.

**La ley de masa:** el aislamiento aumenta en 6 dB cada vez que se duplica la masa y se mantiene la frecuencia fija y para un valor determinado de masa, el aislamiento aumenta 6 dB cada vez que se duplica la frecuencia.

Figura 2.15 Ley de masa



Fuente: Acústica de estudios para grabación sonora, Recuero Manuel, pág. 86.

Las fórmulas semiempíricas para la obtención de los valores de aislamiento de particiones simples son las siguientes:

$$D = 20 \log(Mw/2Z) \quad [2.28]$$

Donde:

$M \rightarrow$  masa por unidad de superficie

$w \rightarrow$  frecuencia angular  $2\pi f$

$Z \rightarrow$  impedancia acústica del aire ( $Z = 415 \text{ rayls}$ )

O también:

$$TL = 20 \log_{10}(mf) - 48 \text{ (dB)} \quad [2.29]$$

Donde:

$m \rightarrow$  masa de la superficie ( $\text{Kg/m}^2$ )

$f \rightarrow$  frecuencia (Hz)

Esta ley al ser experimental no es absoluta, es más bien una aproximación, pero se utiliza mucho para tener un punto de partida o una referencia cercana del aislamiento de una partición simple.

### 2.10.1 Aislamiento de paredes simples

La ley de la masa previamente revisada se cumple para con cierto intervalo de frecuencias que está determinado por dos frecuencias características y donde no se cumple la ley de la masa. Estas dos frecuencias son:

- Frecuencia natural del sistema ( $f_0$ ), depende de la masa de la pared.
- Frecuencia crítica o de coincidencia ( $f_c$ ), las ondas incidentes coinciden con la frecuencia de las ondas longitudinales de flexión presentes en la pared.

Para un rango determinado de frecuencias la pérdida por transmisión está controlada por la rigidez y amortiguamiento de la pared. La ley de masa sirve para paneles de construcción delgados y por debajo de la frecuencia de coincidencia.

### 2.10.2 Rigidez y efecto de coincidencia

La pérdida de transmisión de una partición para cierto rango de frecuencias es controlada por la rigidez de la partición y su amortiguamiento. Este fenómeno o efecto es más notable para la frecuencia crítica, en donde la longitud de onda flexionadas en la partición coincide con la longitud de onda del sonido incidente. Esta pérdida por transmisión baja por efecto de coincidencia para frecuencias inferiores más cercanas a la frecuencia crítica y a una octava por encima.

Esta bajada por coincidencia por las características del material o partición, ya que el material hace que se pierda energía si como la transferencia energética hacia las estructura de apoyo.

La rigidez en este caso juega un papel preponderante ya que la frecuencia crítica de una partición se ve determinada por cuánto más o menos rígido y grueso es el material. Por lo tanto mientras más rígido y grueso el material entonces la frecuencia es más baja.

## 2.11 Particiones dobles

Generalmente existen particiones simples que necesitan de un mayor grosor para un adecuado aislamiento, pero para esto se necesitan estructuras a veces muy gruesas, pesadas y costosas. Por lo que en la práctica se utilizan dos paredes separadas en donde la transmisión del sonido depende del acoplamiento entre paredes, las masas, la distancia entre paredes y el material absorbente utilizado en la cavidad de aire.

### 2.11.1 Distancia entre particiones y resonancia masa-aire-masa

Por lo general mientras mayor sea la profundidad de aire entre particiones dobles mayor será la pérdida por transmisión sonora, pero como el aire dentro de la cavidad se comporta como un muelle, entonces la energía vibratoria se transmite de una partición a la otra. Este comportamiento del aire produce que baje la pérdida de transmisión y también puede bajar la clase de transmisión (STC). A esta reducción se le denomina resonancia masa-aire-masa y depende de la masa de las particiones y del aire entre ellas. Mientras mayor es el espacio o más pesados los materiales, menor es la frecuencia de resonancia del sistema.

Para este tipo de sistemas la colocación de materiales absorbentes reduce la frecuencia de resonancia y hay una mejora en el aislamiento. La reducción de la frecuencia de resonancia ( $f_{mam}$ ) por colocar material absorbente mejora también la STC.

Para calcular la frecuencia de resonancia ( $f_{mam}$ ) se tiene la siguiente expresión:

$$f_{mam} = K [(m_1 + m_2) / d m_1 m_2]^{0.5} \quad [2.30]$$

Donde:

$m_1$  → masa de la primera partición ( $\text{kg/m}^2$ )

$m_2$  → masa de la segunda partición ( $\text{kg/m}^2$ )

$d$  → separación entre particiones (mm)

$K$  → 60 cuando la cámara es vacía y 43 con cámara rellena

Para sacar mayor provecho a este tipo de construcciones se debe tener en cuenta que la pérdida por transmisión comienza aproximadamente a una octava arriba de la frecuencia de resonancia, mientras más baja la  $f_{mam}$  es mejor. Por ejemplo para un diseño donde la frecuencia de resonancia sea de 63 Hz se obtendría que el sistema mejora la pérdida por transmisión desde la frecuencia de 125 Hz para arriba, y por lo tanto una mejora en la STC.

### **2.11.2 Material absorbente entre particiones**

Como se ha visto a lo largo de varios enunciados el material absorbente dentro de las cámaras de aire mejoran el aislamiento de cierto sistema. Los materiales que se suelen poner como aislante térmicos como la lana de vidrio, lana mineral o fibra de celulosa también funcionan como aislantes acústicos.

El material absorbente dentro de la cámara de aire mejora la pérdida por transmisión y reduce la frecuencia de resonancia del sistema y además puede reducir los efectos negativos de grietas u otro tipo de escapes.

### **2.11.3 Acoplamiento entre particiones**

Los acoplamientos mecánicos entre particiones pueden ser un problema si estos transmiten demasiada energía vibratoria, así mismo si se coloca material absorbente no serviría de mucho si la estructura de acoplamiento transmite mucho sonido, por lo que estos acoplamientos deben ser lo suficientemente flexibles para que las vibraciones que pasa por éstas sean atenuadas.

## **2.12 Aislamiento de puertas**

El aislamiento en puertas depende del tipo de estructura que posea la puerta, además de tener especial cuidado en los marcos y las juntas alrededor del

perímetro de una puerta. Es primordial especialmente en puertas existentes asegurarse que el marco no tenga fallas como orificios entre pared o marco, y que las juntas tampoco tengan orificios.

### 2.12.1 Puertas simples

Para las puertas simples el STC depende de su construcción y de las posibles filtraciones u orificios entre en los laterales de la puerta, para tener por lo menos un STC de 20 se tiene que cerrar totalmente el perímetro de las puertas. Como ejemplo se muestran en la tabla 2.2 los valores de STC para varios tipos de puertas:

**Tabla 2.2** Valores de STC (puertas) con sellos y sin sellos.

| Tipo de puerta         | Masa superficial<br>kg/m <sup>2</sup> | STC(sin sellar) | STC(sellada) |
|------------------------|---------------------------------------|-----------------|--------------|
| Madera - núcleo hueco  | 7                                     | 17              | 20           |
| Madera - núcleo macizo | 20                                    | 20              | 28           |
| Acero - núcleo hueco   | 25                                    | 20              | 30           |

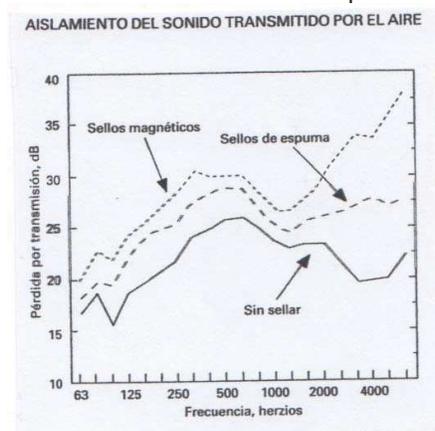
**Fuente:** Manual de medidas acústicas y control de ruido, Harris Cyril, pág.31.24.

Los valores tomados para la STC sin sellos es teniendo fisuras de 6mm arriba y debajo de la puerta y 3mm en los lados. **(Datos tomados del libro Manual de medidas acústicas y control de ruido)**. Como se ve en la tabla el STC sube si la puerta tiene sellos correctamente colocados.

Los sellos que se pueden colocar son juntas de espuma alrededor del perímetro de la puerta y se obtiene mejor resultado con sellos de cierres magnéticos que se utilizan más en puertas de metal. Otra opción es la de sellos de caucho o neopreno comprimidos entre las holguras, pero tiene el inconveniente de ser más difíciles de cerrar o abrir.

En la figura 2.16 se muestra tres valores de pérdida de transmisión de una puerta de madera maciza para ejemplificar la mejoría de aislamiento con sellos de distintos tipos.

**Figura 2.16** Pérdida por transmisión de  
pendiendo del tipo de sellos  
en la puerta.



**Fuente:** Manual de medidas acústicas y control de ruido,  
Harris Cyril, pág.31.25.

Como se puede observar en la figura 2.16 el aislamiento cambia drásticamente para puertas que tienen sellos. Con sellos de espuma se observa una mejora con respecto a la puerta sin sellos y con sellos magnéticos la pérdida por transmisión mejora aún más.

### 2.12.2 Puertas simples especiales

Es lógico pensar que por ser puertas simples su aislamiento no es muy bueno, por su construcción, pero existen fabricantes especializados que brindan productos que pueden tener una STC de 35 o superior. El momento más crítico es al momento de colocar la puerta en un recinto. En la práctica estos valores solo se logran si la puerta se instala bien, es decir, que no existan fugas entre sellos o entre la puerta y el marco.

### 2.12.3 Como mejorar el aislamiento en puertas existentes.

Básicamente la mejora del aislamiento de una puerta se puede mejorar aumentando el peso de ésta. Si se tiene una puerta simple con núcleo hueco se puede colocar material aislante entre las capas de la puerta y así llegar a un

rendimiento parecido a una puerta maciza. Otra forma es colocar una capa de material denso pegada a una o a las dos capas de la puerta.

Como se ha ido revisando esta mejora estructural en la puerta no lograría buenos resultados sin los correctos sellos y especial cuidado en no permitir orificios en el perímetro de la puerta.

#### 2.12.4 Puertas dobles

Una opción bastante barata es colocar una segunda puerta y un espacio de aire entre las dos puertas. En la práctica estas puertas se usan en hoteles como puertas de comunicación entre habitaciones, se puede colocar también materiales aislantes en una de las caras de las puertas se pueden obtener valores de STC hasta de 45.

**Tabla 2.3** Tipo de puertas de comunicación y sus respectivos STC.

| <b>2 puertas de comunicación</b>                     | <b>STC (sin sellar)</b> | <b>STC(sellada)</b> |
|--|-------------------------|---------------------|
| Madera-núcleo hueco, cámara:100mm                    | 22                      | 26                  |
| Madera maciza o acero hueco, cámara:70mm             | 28                      | 40                  |
| Madera maciza o acero hueco, cámara+absorción:70mm   | 40                      | 44                  |
| Madera maciza o acero hueco, cámara+absorción: 230mm | 42                      | 50                  |

**Fuente:** Manual de medidas acústicas y control de ruido, Harris Cyril, pág.31.24.

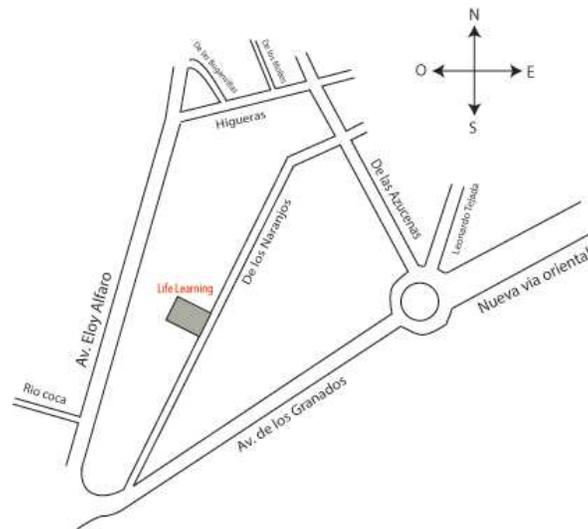
### 3 Descripción de la situación actual

#### 3.1 Descripción del lugar

Lifelearning es una entidad en donde se dictan conferencias o cursos en donde se ve involucradas bastantes personas en interacción constante.

Esta empresa se ubica en la Av. de los Naranjos 271 y Av. De los Granados, es en la zona norte de la ciudad de Quito en el sector de Monteserrin. A continuación se muestra el croquis y fotos del lugar.

**Figura 3.1** Croquis de las instalaciones de Life Learning

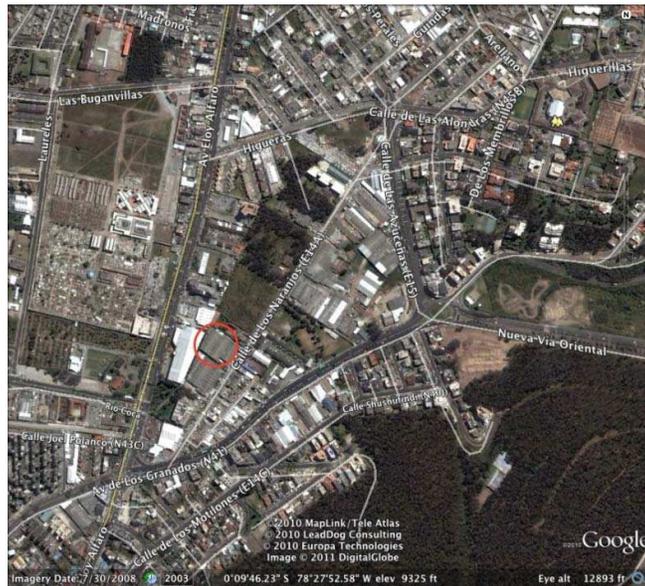


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En croquis se puede observar las avenidas y calles cercanas a Life Learning así como su ubicación. Se puede observar también las vías de acceso hacia este establecimiento.

Para mejor comprensión de la ubicación del lugar a continuación se muestra una toma aérea del lugar tomada desde un satélite. El lugar exacto está marcado dentro del círculo rojo.

**Figura 3.2** Foto satelital del lugar



**Fuente:** Google Earth

Como se puede observar en la foto este complejo esta situado en un galpon, de estructura metálica y techo de eternit. Las 3 salas estan construidas debajo de esta estructura y estan situadas una a lado de otra.

### 3.1.1 Acceso a las instalaciones

A continuación se detallan las instalaciones de la empresa. La fachada del lugar esta construida de vidrio asi como su puerta y una seccion de pared de ladrillo y cemento pintado. En la foto se puede observar que el techo es de lámina metálica doblada y una parte es de placa translúcida.

**Figura 3.3** Entrada a las instalaciones

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Al entrar al establecimiento se dobla a la derecha en donde hay una rampa de madera por la cual se tiene acceso a las instalaciones.

**Figura 3.4** Rampa de acceso a las salas y oficinas

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

A través de esta rampa es el acceso general y principal, al final de esta hay una puerta de vidrio y metal por donde se entra a una sección que está destinada para varias actividades como recepción de inscritos a los cursos o almuerzos dentro de los cursos.

Figura 3.5 Espacio contiguo a las salas



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En esta sección del establecimiento se encuentra también los servicios higienicos y la entrada a las oficinas administrativas. Adjunto a esta hall exterior se encuentran las tres salas del lugar.

Los accesos a las tres salas en donde se planea plantear la propuesta de diseño se encuentran justo desde la sala principal de recepción en las siguientes fotografías se especifican estos accesos

Figura 3.6 Accesos a las salas



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 3.1.2 Interior de las salas y planos de plantas

Detallados los accesos ahora se muestra el interior de las salas. La primera foto corresponde a la sala A, en donde se puede observar la forma piramidal del techo, además, esta sala tiene una diferencia con las demás y es que esta carece de columnas de soporte ya que se encuentran en las otras salas. Esta tiene 2 puertas de acceso.

**Figura 3.7** Interior de la sala A



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La sala B es muy similar, casi idéntica a la sala A con la diferencia antes mencionada de las columnas. Igualmente que la sala A tiene 2 puertas de acceso.

**Figura 3.8** Interior sala B



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La sala C es la más grande de las tres y posee también otro diseño ya que el techo de esta sala está dividido en cuatro pirámides de iguales características divididas en el techo. Además esta sala tiene 4 puertas de acceso.

**Figura 3.9** Interior sala C

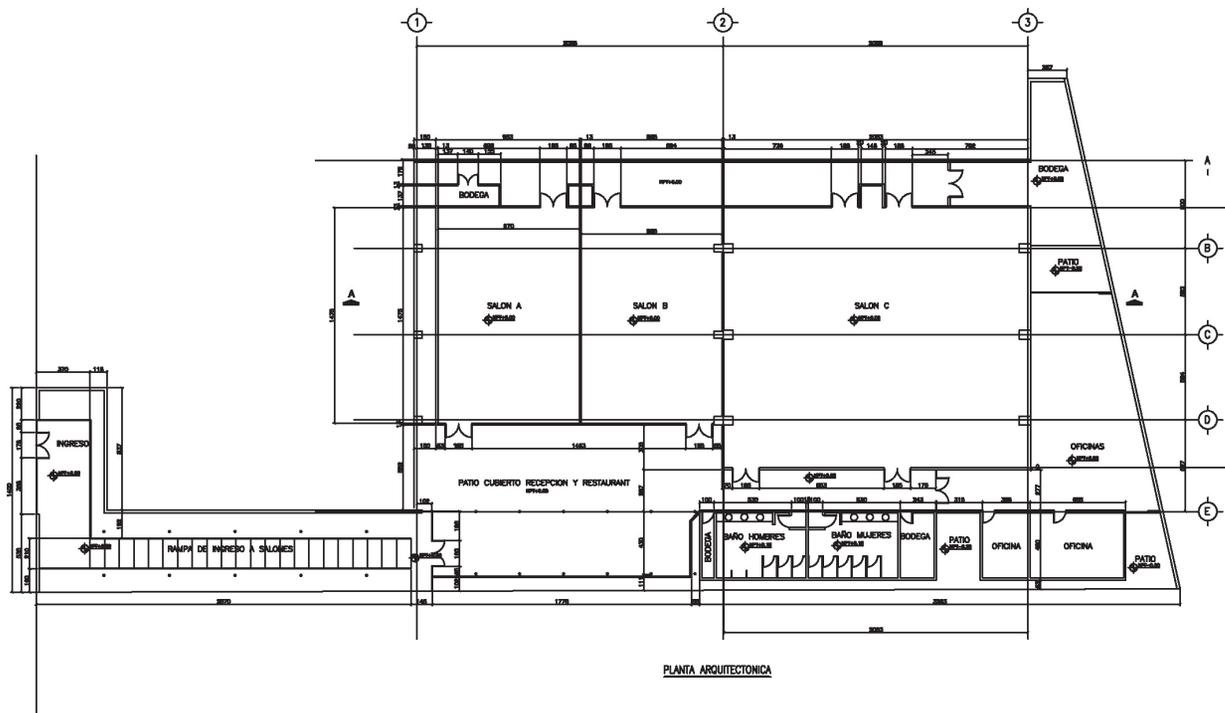


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Descritos los espacios de acceso de las salas es primordial saber acerca de los planos de la estructura o la planta arquitectónica de todas las instalaciones, en las siguientes tres páginas se describen gráficamente la planta arquitectónica, planta de techos y el corte transversal de las tres salas.

Planta arquitectónica de instalaciones existentes Life Learning

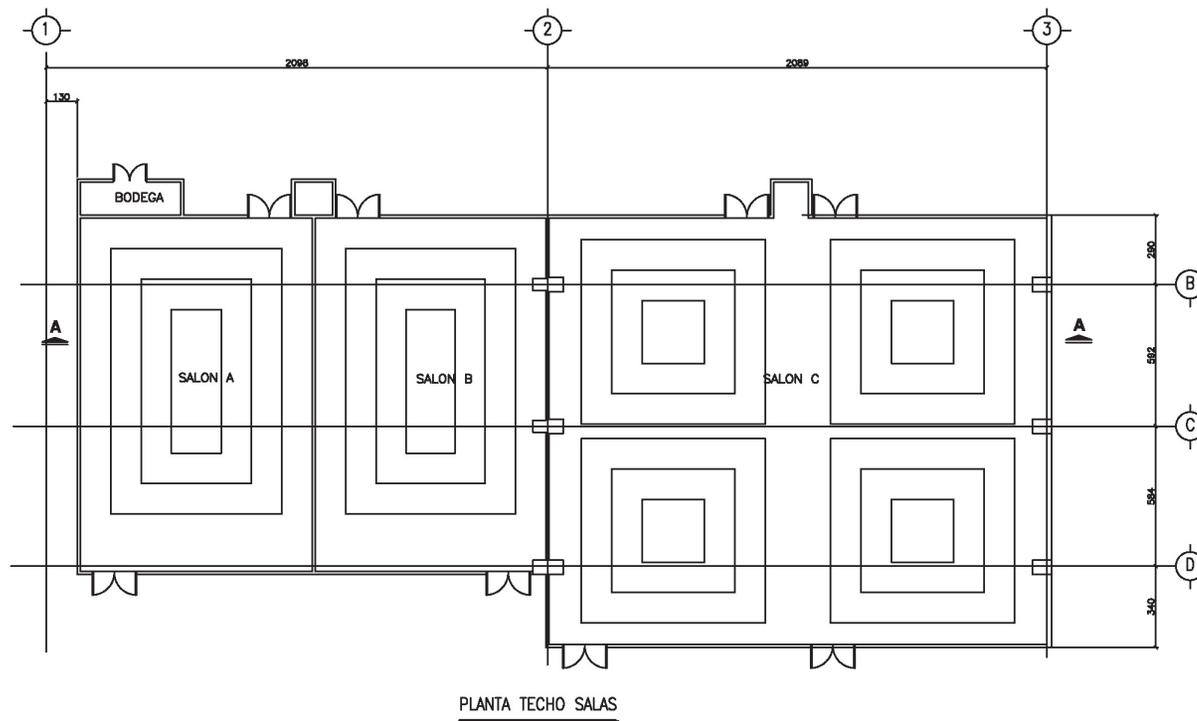
Figura 3.10 Planta arquitectónica de todo el complejo



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Planta techos salas A, B y C de instalaciones existentes Life Learning

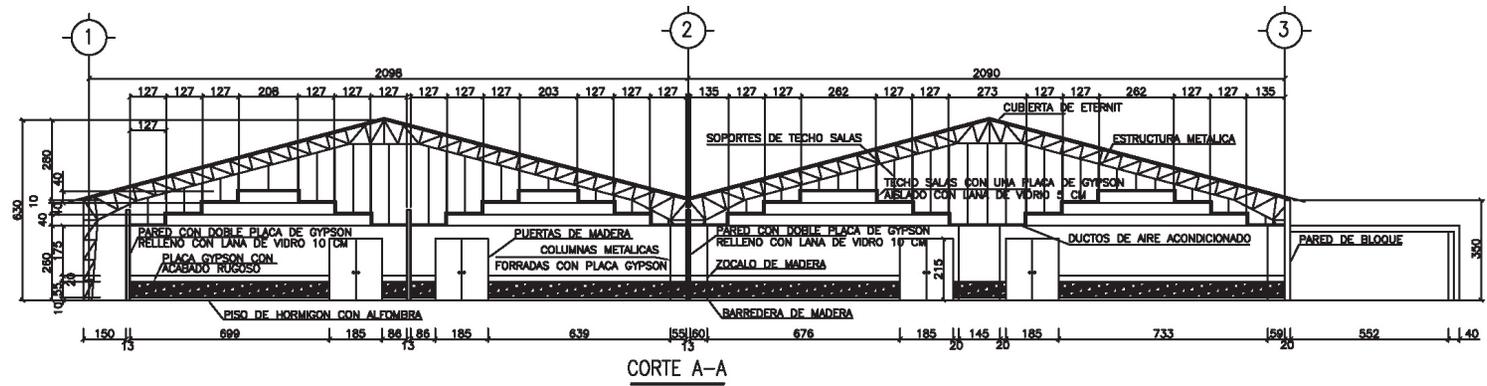
Figura 3.11 Planta de los techos



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Corte A-A de instalaciones existentes Life Learning

Figura 3.12 Corte A-A de las instalaciones



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

## 3.2 Descripción la geometría del lugar

### 3.2.1 Superficies

Como se puede observar en los planos mostrados anteriormente existen tres salas en las instalaciones, dos de estas son muy similares tanto en superficies como en volúmenes.

Las tres salas constan con el mismo tipo de superficies, solamente la sala C tiene una pared diferente la cual va estar detallada más adelante.

Básicamente las superficies existentes dentro de los recintos son:

- Pisos: alfombra de fibra sintética sobre hormigón.
- Paredes: doble capa de gypsum con fibra de vidrio de 10 cm entre estas dos placas y bloque pintado (solo una pared en sala C), barrederas de madera, zócalo de gypsum con acabado rugoso y zócalo de bloque con acabado rugoso.
- 

**Figura 3.13** Descripción de la superficie de las paredes dentro de las salas, además de las placas de gypsum separadas por cámara y acopladas con stud.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

- Techo: techo es de gypsum y encima fibra de vidrio (5cm)

**Figura 3.14** Tipo de techo de las tres salas



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

- Puertas: puertas de madera con núcleo hueco de 4 cm de grosor.

**Figura 3.15** Puertas en las tres salas



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Viendo a detalle cada tipo de superficie existente en las salas y sus características a continuación se muestra la tabla 3.1, en donde se encuentran los datos de cada superficie en  $m^2$ , así mismo como la cantidad y dimensiones de elementos individuales (puertas).

**Tabla 3.1** Superficies de las tres salas.\* Numero de puertas en las salas

| <b>Tipo de superficie</b>                  | <b>SALA A (m<sup>2</sup>)</b> | <b>SALA B (m<sup>2</sup>)</b> | <b>SALA C (m<sup>2</sup>)</b> |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Piso de Hormigón con alfombra              | 143.075                       | 141.529                       | 370.789                       |
| Puertas de madera                          | 7.955                         | 7.955                         | 15.91                         |
| Barrederas de madera sobre Gypson          | 13.56                         | 14.19                         | 16.708                        |
| Barrederas de madera sobre pared de bloque | 0                             | 0                             | 6.42                          |
| Zócalo en gypsum acabado rugoso            | 24.86                         | 26.015                        | 32.263                        |
| Zócalo en bloque acabado rugoso            | 0                             | 0                             | 11.77                         |
| Pared lisa de gypsum pintado               | 79.1                          | 82.775                        | 102.655                       |
| Pared bloque lisa con enlucido y pintura   | 0                             | 0                             | 37.45                         |
| Techo de gypsum                            | 173.6094                      | 171.9434                      | 467.5242                      |
| *Puertas (1.85m x 2.15m)                   | 2                             | 2                             | 4                             |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 3.2.2 Volúmenes

Los volúmenes de las salas se sacaron teniendo en cuenta que los techos tienen forma piramidal, esto obligó a sacar volúmenes por segmentos y realizar posteriormente la suma de todos los segmentos. Estos segmentos se tomaron primero teniendo en cuenta el área de cada segmento multiplicado por la altura de cada segmento. A continuación en la tabla 3.2 se muestra los cálculos de los volúmenes por segmento y de cada sala.

Tabla 3.2 Volumen de cada una de las salas

|   | AREA (m <sup>2</sup> ) | ALTURA (m)    | VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) | Observaciones |
|---|------------------------|---------------|---------------------------|---------------|
| <b>SALA A</b>   |                        |               |                           |               |
| SEG 1: De N+0.00 a N+2.60   | 143.075                | 2.6           | 371.995                   |               |
| SEG 2: De N+2.60 a N+3.00   | 79.3329                | 0.4           | 31.73316                  |               |
| SEG 3: De N+3.00 a N+3.40   | 39.4548                | 0.4           | 15.78192                  |               |
| SEG 4: De N+3.40 a N+3.80   | 10.1296                | 0.4           | 4.05184                   |               |
|   |                        | Volumen total | <b>423.56192</b>          |               |
| <b>SALA B</b>   |                        |               |                           |               |
| SEG 1: De N+0.00 a N+2.60   | 141.529                | 2.6           | 367.9754                  |               |
| SEG 2: De N+2.60 a N+3.00   | 78.7788                | 0.4           | 31.51152                  |               |
| SEG 3: De N+3.00 a N+3.40   | 39.0278                | 0.4           | 15.61112                  |               |
| SEG 4: De N+3.40 a N+3.80   | 12.18                  | 0.4           | 4.872                     |               |
|   |                        | Volumen total | <b>419.97004</b>          |               |
| <b>SALA C</b>   |                        |               |                           |               |
| SEG 1: De N+0.00 a N+2.60   | 370.789                | 2.6           | 964.0514                  |               |
| SEG 2: De N+2.60 a N+3.00   | 237.16                 | 0.4           | 94.864                    | Ver nota 1    |
| SEG 3: De N+3.00 a N+3.40   | 106.5024               | 0.4           | 42.60096                  | Ver nota 1    |
| SEG 4: De N+3.40 a N+3.80   | 27.4576                | 0.4           | 10.98304                  | Ver nota 1    |
|   |                        | Volumen total | <b>1112.4994</b>          |               |
| Nota 1: En sala C hay 4 segmentos iguales, el Volumen equivale a estos 4 segmentos. |                        |               |                           |               |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 3.3 Información recopilada después de mediciones

#### 3.3.1 Tiempo de reverberación (T60) de las sala

Para este caso se realizaron dos métodos para determinar el T60 de cada una de las salas, el primero fue calculado en una hoja de Excel mediante la fórmula de Sabine, y la otra forma fue mediante la utilización del software SpectraPlus 5.0 y posterior procesamiento en hoja de Excel.

#### 3.3.2 Análisis mediante la fórmula de Sabine para T60

Para el primer caso en las salas están presentes los siguientes materiales y sus respectivos coeficientes de absorción:

**Tabla 3.3** Coeficientes de absorción de los materiales presentes en las salas

| <b>Material</b>  | <b>125 Hz</b> | <b>250 Hz</b> | <b>500 Hz</b> | <b>1 KHz</b> | <b>2 KHz</b> | <b>4 KHz</b> |
|--|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Gypsum   | 0.01          | 0.02          | 0.02          | 0.03         | 0.04         | 0.05         |
| Madera   | 0.15          | 0.11          | 0.10          | 0.07         | 0.06         | 0.07         |
| Puertas de madera  | 0.15          | 0.10          | 0.06          | 0.08         | 0.10         | 0.05         |
| Ductos de Ventilación                                    | 0.50          | 0.50          | 0.40          | 0.35         | 0.30         | 0.25         |
| Alfombra sobre Hormigón                                  | 0.09          | 0.08          | 0.21          | 0.26         | 0.27         | 0.37         |
| Bloque pintado *   | 0.10          | 0.09          | 0.08          | 0.09         | 0.10         | 0.04         |
| Asiento Tapizado 0.8m <sup>2</sup>                       | 0.44          | 0.44          | 0.44          | 0.44         | 0.44         | 0.44         |
| Persona de pie 0.8 m <sup>2</sup>                        | 0.25          | 0.44          | 0.59          | 0.56         | 0.62         | 0.50         |
| Persona en asiento tapizado 0.8 m <sup>2</sup>           | 0.53          | 0.51          | 0.51          | 0.56         | 0.56         | 0.59         |
| * El bloque pintado solamente está presente en la sala C |               |               |               |              |              |              |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Con estos materiales se realizó el cálculo de T60 por frecuencia en banda de octava para tres escenarios distintos:

1. Sin presencia de personas en la sala.
2. Con presencia de personas de pie y asientos tapizados.
3. Con presencia de personas sentadas en asiento tapizado.

Estos tres escenarios se escogieron ya que en el primer caso las mediciones con el software se realizaron en estas condiciones y los dos casos siguientes porque las actividades dentro de las salas requieren de estas dos condiciones.

Para conocer el promedio de personas que pasan por las salas se tomó en cuenta una muestra de 10 procesos completos, es decir, aproximadamente 1 año.

Para esto se dividió la concurrencia en la sala más grande C y las dos pequeñas A y B, dando los siguientes resultados:

**Tabla 3.4** Promedio de personas interactuando dentro de las salas

| Personas Sala C | Desviación estándar C | Personas Sala A y B | Desviación estándar A y B |
|-----------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|
| Promedio=39     | 10.18                 | Promedio=18         | 6.21                      |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

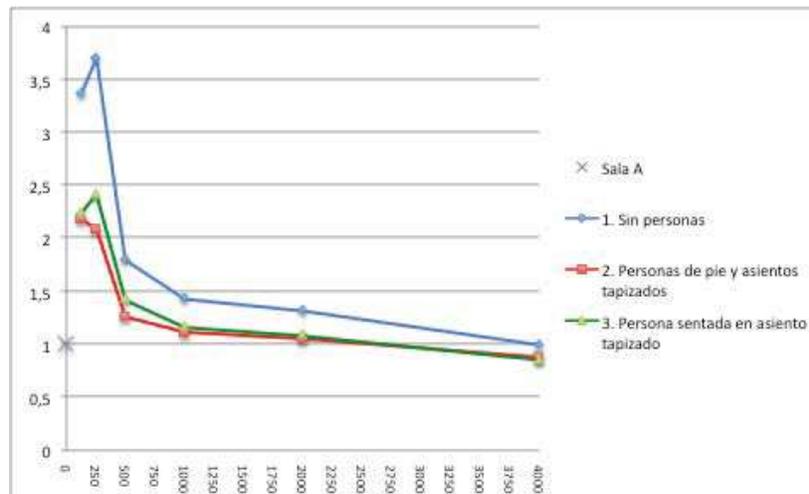
Además de los T60 por banda se saca el  $RT_{mid}$  para cada caso y para cada sala:

**Tabla 3.5** Resultados de tiempos de reverberación mediante la fórmula de Sabine, además del valor  $RT_{mid}$ 

| Sala A   | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1 KHz | 2 KHz | 4 KHz | $RT_{mid}$ |
|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------------|
| <b>1. Sin personas</b>                         | 3.37   | 3.70   | 1.80   | 1.44  | 1.32  | 1.00  | 1.62       |
| <b>2. Personas de pie y asientos tapizados</b> | 2.18   | 2.08   | 1.26   | 1.11  | 1.05  | 0.88  | 1.19       |
| <b>3. Persona sentada en asiento tapizado</b>  | 2.24   | 2.42   | 1.43   | 1.17  | 1.09  | 0.86  | 1.30       |
| <b>Sala B</b>                                  |        |        |        |       |       |       |            |
| <b>1. Sin personas</b>                         | 3.34   | 3.67   | 1.80   | 1.43  | 1.32  | 0.99  | 1.61       |
| <b>2. Personas de pie y asientos tapizados</b> | 2.16   | 2.07   | 1.25   | 1.10  | 1.04  | 0.87  | 1.18       |
| <b>3. Persona sentada en asiento tapizado</b>  | 2.22   | 2.40   | 1.43   | 1.17  | 1.09  | 0.85  | 1.30       |
| <b>Sala C</b>                                  |        |        |        |       |       |       |            |
| <b>1. Sin personas</b>                         | 3.37   | 3.70   | 1.83   | 1.46  | 1.35  | 1.04  | 1.64       |
| <b>2. Personas de pie y asientos tapizados</b> | 2.42   | 2.36   | 1.39   | 1.21  | 1.15  | 0.96  | 1.30       |
| <b>3. Persona sentada en asiento tapizado</b>  | 2.42   | 2.62   | 1.52   | 1.24  | 1.16  | 0.92  | 1.38       |

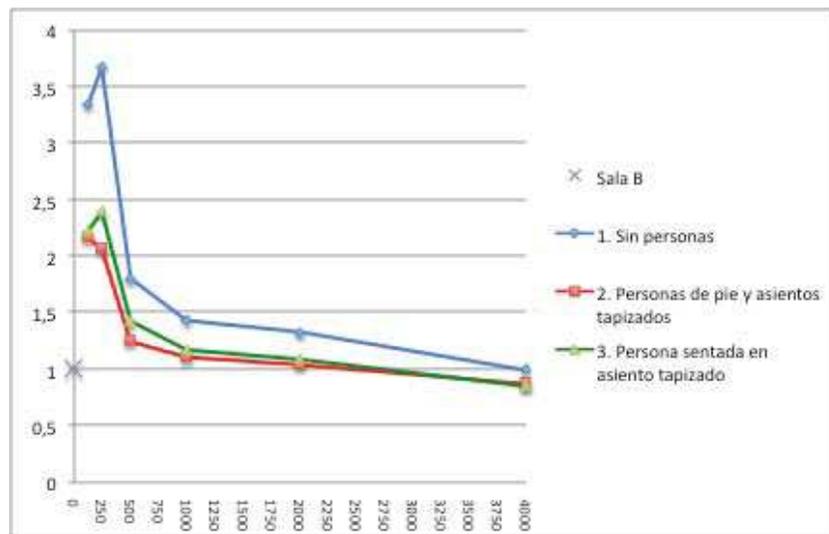
Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Los gráficos de estos resultados se muestran a continuación:

**Figura 3.16** Resultados de RT mediante Sabine para la sala A

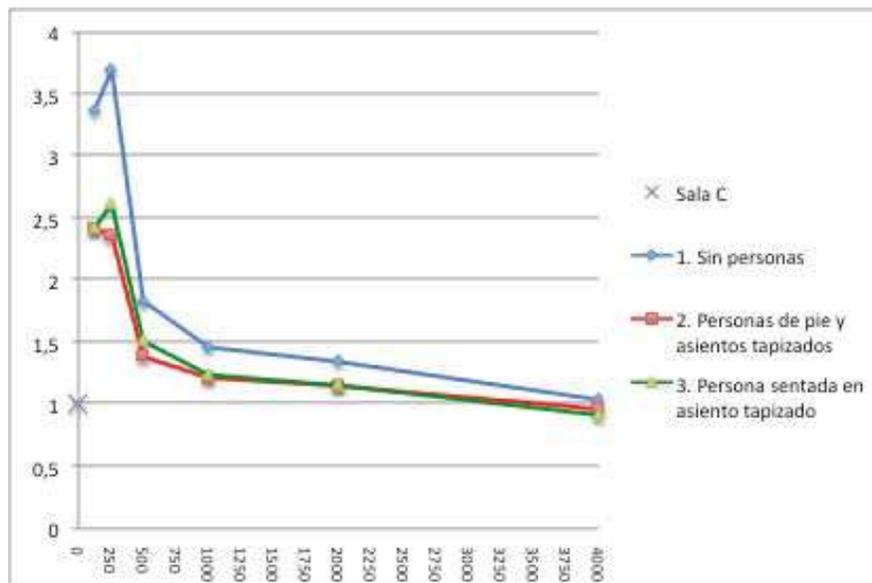
Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

**Figura 3.17** Resultados de RT mediante Sabine para la sala B



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

**Figura 3.18** Resultados de RT mediante Sabine para la sala C



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En este cálculo se ve claramente que los resultados para las dos salas pequeñas son casi iguales, el que cambia es el resultado de la sala grande, este resultado era previsto teniendo en cuenta las dimensiones y además de la concurrencia de personas es mayor dentro de ésta.

La idea de este análisis es tener bases teóricas para luego hacer una comparación con los resultados obtenidos mediante el software.

### **3.3.3 Mediciones mediante software (SpectraPlus 5.0) del T60.**

Ya con los resultados teóricos a la mano se procedió a realizar las mediciones para T60 de las tres salas. Para la selección de los puntos se tomó en cuenta dos factores:

1. La geometría del lugar.
2. Lugares específicos que podrían variar los resultados.

Por la forma de los recintos se decidió trazar una diagonal en cada una de las salas y tomar puntos sobre esta diagonal. La longitud de la diagonal de las salas A y B es de 17.60 m y se tomaron 3 puntos: a 4.40 m, 8.80 m y 13.20 m. Para estas dos salas también se tomó un cuarto punto situado debajo de uno de los techos.

Para la sala C la diagonal es de 27.30 m para lo cual se tomaron 5 puntos de medición: los puntos están a 3 m, 9 m, 18 m y 24 m. Adicionalmente se tomó el quinto punto justo en el medio de la diagonal ya que en este punto el techo es bajo y un posible punto de variación de resultados.

Para cada punto se realizaron dos mediciones de T60, esto para tener más base de datos y un aproximado más acertado por cada punto medido. Tras las mediciones se realizaron promedios entre cada punto y luego un promedio de todos los puntos.

#### **Materiales utilizados en mediciones de T60:**

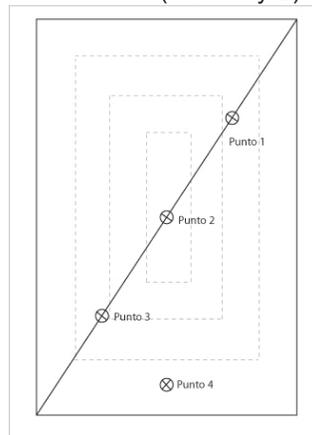
1. Computadora Toshiba
2. Software Spectra Plus
3. Parlante JBL EON 15P (Especificaciones técnicas en el anexo)
4. Interfaz FastTrack Pro (Especificaciones técnicas en el anexo)
5. Micrófono de medición Dbx RTAM (Especificaciones técnicas en el anexo)

6. Pedestal para micrófono Máster audio
7. Cables

### Sala A

Los puntos escogidos para la medición fueron detallados en el apartado 3.3.3. Para la sala se seleccionaron 4 puntos, los cuales se los detalla en la siguiente figura:

**Figura 3.19** Puntos donde se realizaron las mediciones de T60 (salas A y B)



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se ve en la figura la diagonal tiene 3 punto y el cuarto esta debajo de la parte más baja del techo. Las líneas entrecortadas representan los diferentes niveles de techo, siendo el más al interior el techo más alto del recinto.

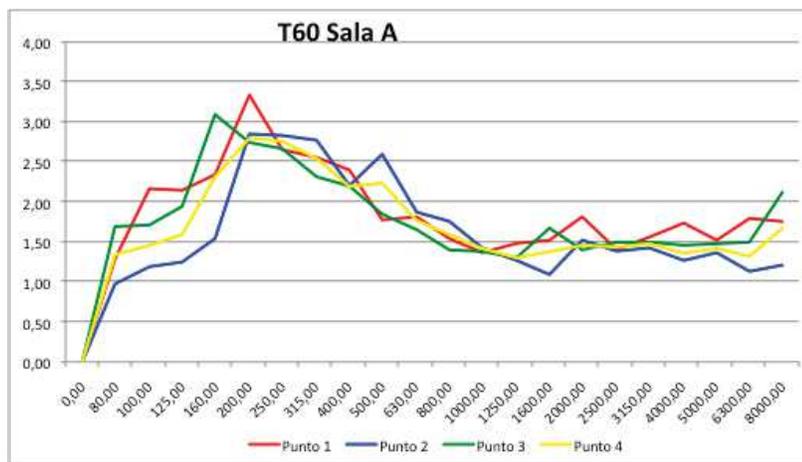
Los datos obtenidos de esta sala para T60 fueron los siguientes:

Tabla 3.6 T60 para cada punto de la sala A

| Frecuencia      | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |
| 80.00           | 1.29    | 0.97    | 1.68    | 1.33    |
| 100.00          | 2.17    | 1.20    | 1.70    | 1.45    |
| 125.00          | 2.16    | 1.25    | 1.94    | 1.60    |
| 160.00          | 2.34    | 1.54    | 3.10    | 2.32    |
| 200.00          | 3.34    | 2.85    | 2.75    | 2.80    |
| 250.00          | 2.66    | 2.84    | 2.66    | 2.75    |
| 315.00          | 2.56    | 2.77    | 2.31    | 2.54    |
| 400.00          | 2.41    | 2.21    | 2.19    | 2.20    |
| 500.00          | 1.78    | 2.60    | 1.85    | 2.23    |
| 630.00          | 1.82    | 1.88    | 1.66    | 1.77    |
| 800.00          | 1.54    | 1.77    | 1.41    | 1.59    |
| 1000.00         | 1.38    | 1.43    | 1.38    | 1.41    |
| 1250.00         | 1.49    | 1.28    | 1.31    | 1.29    |
| 1600.00         | 1.52    | 1.10    | 1.66    | 1.38    |
| 2000.00         | 1.81    | 1.52    | 1.40    | 1.46    |
| 2500.00         | 1.41    | 1.39    | 1.50    | 1.44    |
| 3150.00         | 1.56    | 1.43    | 1.50    | 1.47    |
| 4000.00         | 1.74    | 1.27    | 1.45    | 1.36    |
| 5000.00         | 1.53    | 1.38    | 1.47    | 1.42    |
| 6300.00         | 1.80    | 1.14    | 1.49    | 1.31    |
| 8000.00         | 1.77    | 1.21    | 2.13    | 1.67    |
| <b>Wideband</b> | 2.31    | 1.95    | 1.99    | 1.97    |
| <b>RT mid</b>   | 1.58    | 2.02    | 1.62    | 1.82    |
| <b>Fmax=</b>    | 112.89  | 127.60  | 114.25  | 121.11  |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Spectra Plus.

Figura 3.20 Grafico de los T60 de la sala A



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo) Sala B

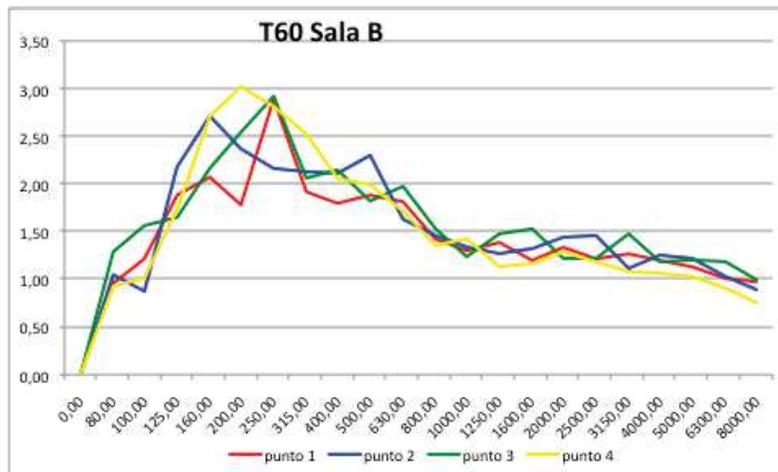
Los puntos escogidos son los mismos de los de la sala B figura 3.19. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 3.7** T60 para cada punto de la sala B

| Frecuencia      | punto 1 | punto 2 | punto 3 | punto 4 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00            | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00    |
| 80.00           | 0.96    | 1.06    | 1.30    | 0.93    |
| 100.00          | 1.21    | 0.88    | 1.57    | 1.02    |
| 125.00          | 1.88    | 2.18    | 1.66    | 1.74    |
| 160.00          | 2.07    | 2.71    | 2.17    | 2.71    |
| 200.00          | 1.78    | 2.36    | 2.55    | 3.02    |
| 250.00          | 2.89    | 2.16    | 2.92    | 2.81    |
| 315.00          | 1.92    | 2.13    | 2.07    | 2.52    |
| 400.00          | 1.79    | 2.11    | 2.14    | 2.06    |
| 500.00          | 1.88    | 2.30    | 1.83    | 2.00    |
| 630.00          | 1.81    | 1.64    | 1.98    | 1.71    |
| 800.00          | 1.42    | 1.46    | 1.53    | 1.35    |
| 1000.00         | 1.29    | 1.34    | 1.25    | 1.43    |
| 1250.00         | 1.38    | 1.28    | 1.49    | 1.14    |
| 1600.00         | 1.20    | 1.32    | 1.53    | 1.17    |
| 2000.00         | 1.34    | 1.45    | 1.22    | 1.29    |
| 2500.00         | 1.21    | 1.46    | 1.22    | 1.18    |
| 3150.00         | 1.27    | 1.13    | 1.49    | 1.09    |
| 4000.00         | 1.20    | 1.25    | 1.18    | 1.07    |
| 5000.00         | 1.13    | 1.22    | 1.21    | 1.03    |
| 6300.00         | 1.00    | 1.03    | 1.18    | 0.90    |
| 8000.00         | 0.97    | 0.90    | 1.00    | 0.77    |
| <b>Wideband</b> | 1.91    | 2.10    | 2.06    | 2.18    |
| <b>RT mid</b>   | 1.59    | 1.82    | 1.54    | 1.72    |
| <b>Fmax=</b>    | 113.62  | 121.65  | 111.97  | 118.21  |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Spectra Plus

**Figura 3.21** Grafico de los T60 de la sala A

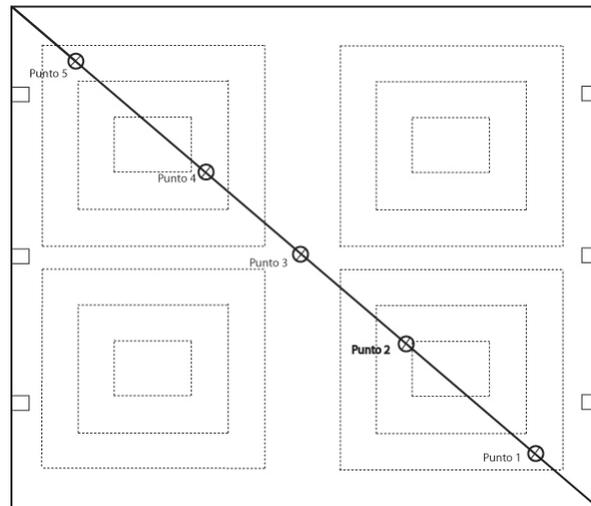


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo),

## Sala C

El salón C es el más grande y los puntos para las mediciones escogidos fueron 5. A continuación en la figura 3.22 se muestra dichos puntos.

**Figura 3.22** Puntos medidos en la sala grande C



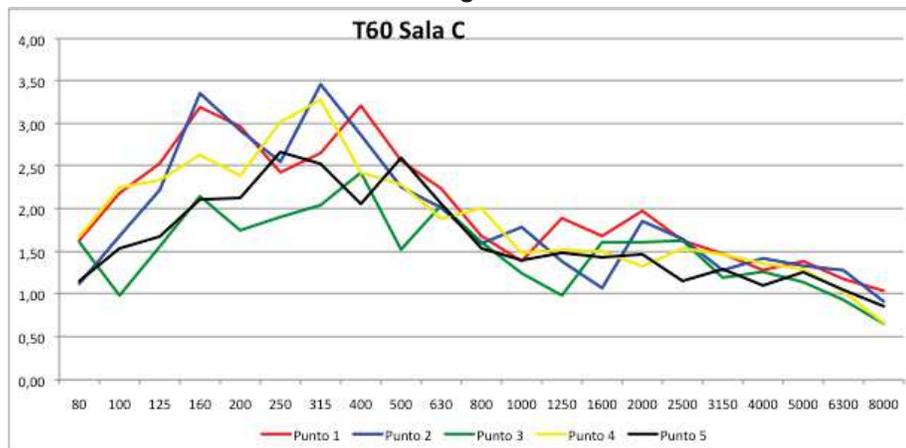
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo),

Tabla 3.8 T60 para cada punto de la sala C

| Frecuencia      | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | Punto 5 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 80              | 1.63    | 1.13    | 1.61    | 1.68    | 1.15    |
| 100             | 2.18    | 1.68    | 0.97    | 2.25    | 1.53    |
| 125             | 2.53    | 2.23    | 1.56    | 2.34    | 1.67    |
| 160             | 3.20    | 3.35    | 2.14    | 2.63    | 2.11    |
| 200             | 2.96    | 2.92    | 1.75    | 2.39    | 2.13    |
| 250             | 2.42    | 2.56    | 1.91    | 3.02    | 2.67    |
| 315             | 2.66    | 3.46    | 2.04    | 3.28    | 2.53    |
| 400             | 3.21    | 2.87    | 2.43    | 2.43    | 2.06    |
| 500             | 2.57    | 2.25    | 1.53    | 2.28    | 2.60    |
| 630             | 2.24    | 2.02    | 2.04    | 1.89    | 2.06    |
| 800             | 1.67    | 1.60    | 1.61    | 2.00    | 1.53    |
| 1000            | 1.38    | 1.78    | 1.24    | 1.49    | 1.41    |
| 1250            | 1.89    | 1.39    | 0.98    | 1.52    | 1.49    |
| 1600            | 1.68    | 1.07    | 1.61    | 1.50    | 1.43    |
| 2000            | 1.98    | 1.85    | 1.60    | 1.34    | 1.46    |
| 2500            | 1.63    | 1.64    | 1.63    | 1.53    | 1.15    |
| 3150            | 1.47    | 1.28    | 1.20    | 1.47    | 1.29    |
| 4000            | 1.28    | 1.42    | 1.25    | 1.36    | 1.10    |
| 5000            | 1.38    | 1.34    | 1.13    | 1.29    | 1.27    |
| 6300            | 1.17    | 1.28    | 0.93    | 1.03    | 1.04    |
| 8000            | 1.04    | 0.92    | 0.66    | 0.67    | 0.86    |
| <b>Wideband</b> | 2.66    | 2.50    | 1.81    | 2.53    | 2.14    |
| <b>Rtmid</b>    | 1.98    | 2.02    | 1.39    | 1.89    | 2.00    |
| <b>Fmax=</b>    | 77.91   | 78.73   | 65.28   | 76.11   | 78.46   |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Spectra P

Figura 3.23 Grafico de los T60 de la sala C



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

### 3.3.4 Análisis de los datos de tiempo de reverberación de las salas A, B y C.

Como se puede observar en los datos y gráficos existe tiempos de reverberación bastante pronunciados en frecuencias bajas, desde los 100 Hz hasta obtener sus picos en las bandas de 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz y en la sala C hay picos en 315Hz y 400Hz. Luego de estas frecuencias se ve un decaimiento en los tiempos de reverberación.

Para los dos casos se realizó el cálculo de los  $RT_{mid}$  y de la frecuencia máxima de las salas. Los resultados obtenidos de las mediciones concuerdan bastante con los valores obtenidos mediante la absorción según Sabine, estos resultados son primordiales para la consecuente propuesta de acondicionamiento acústico.

Lo usual es usar un solo valor recomendado para evaluar el RT correcto para cada tipo de recinto, es decir un valor  $RT_{mid}$  que comprende las bandas de 500 Hz y 1000 Hz. Este valor  $RT_{mid}$  depende también del volumen de los recintos. Para este caso en específico los valores recomendados para salas de conferencia es de 0,7 – 1 (s) para salas ocupadas.

Mediante los dos métodos de obtención de datos se ve que los valores de  $RT_{mid}$  no son los correctos, ya que el tiempo de reverberación está por encima de 1 seg. En la tabla 3.9 se muestra la comparación entre los datos medidos con el software y los cálculos teóricos.

**Tabla 3.9** Comparación T60 medidos con software y mediante Sabine

| Sala A                                  | RT <sub>mid</sub> Sabine | RT <sub>mid</sub> Software *  |
|---|--------------------------|-------------------------------|
| 1. Sin personas                         | 1.62                     | 1.58 - 2.02 - 1.62 - 1.82     |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.19                     |                               |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.30                     |                               |
| Sala B                                  |                          |                               |
| 1. Sin personas                         | 1.61                     | 1.59 - 1.82 - 1.59 - 1.72     |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.18                     |                               |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.30                     |                               |
| Sala C                                  |                          |                               |
| 1. Sin personas                         | 1.64                     | 1.98 - 2.02 - 1.39 - 1.89 - 2 |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.30                     |                               |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.38                     |                               |

\*Los valores corresponden a los RT<sub>mid</sub> para cada punto de medición dentro de las salas.

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se puede observar en los datos la medición concuerda con los cálculos en varios puntos de las mediciones, la diferencia de resultados se da en los puntos 2 y 4 de las salas A y B, esto se debe a la posición de los puntos.

Para la sala C los resultados varían principalmente por la forma del recinto, es por esto que los resultados obtenidos mediante Sabine pueden no ser los reales, y tomando los acercamientos de los resultados de las otras salas entonces se deduce que las mediciones con el Spectra Plus son bastante cercanas a la realidad.

### 3.4 Medición de ruido de fondo de las tres salas

Para la medición de ruido de fondo se trata de analizar el ruido presente durante las actividades realizadas dentro de los recintos. Para este caso las salas son utilizadas generalmente desde las 7 de la mañana hasta las 6 de la tarde, es decir cuando existe más actividad en la ciudad, además, hay talleres dictados que se realizan hasta altas horas de la noche. Teniendo en cuenta esto se decidió hacer la medición en horas de la tarde, en presencia de gente fuera de las salas haciendo sus actividades normales, esto para que las condiciones sean las más próximas o similares para cuando las salas están en uso.

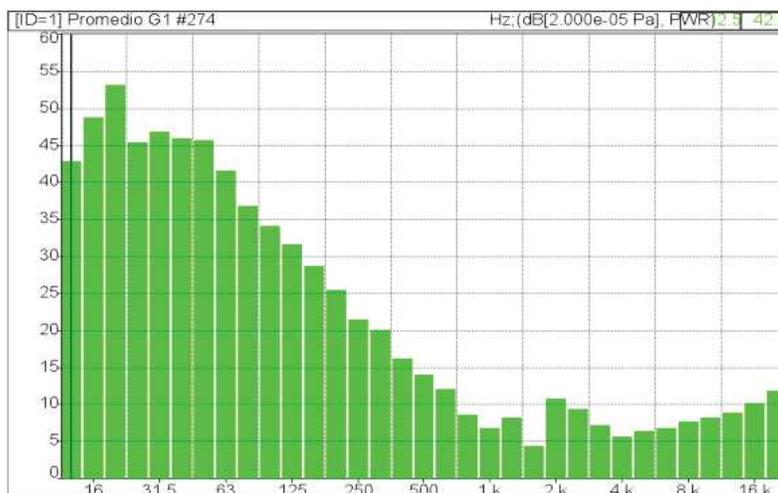
La medición se la realizó en la sala C del recinto, en el medio de la sala y durante 15 minutos con los cual se obtuvo la tabla 3.10 y la figura 3.24:

**Tabla 3.10** Valores de ruido de fondo medidos en la salas.

| Tipo de datos | Ponderación | Situación | Duración | Valor       |
|---------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| Leq           | A           | #274      | 0:15:00  | <b>26.9</b> |
| Max           | A           | #274      | 0:15:00  | 61.8        |
| Min           | A           | #274      | 0:15:00  | 23.3        |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

**Figura 3.24** Valores de ruido de fondo para cada banda de frecuencia



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

Para el caso de las salas del recinto las curvas NC recomendadas son las de 20 – 30 las cuales corresponden a un equivalente en dBA entre 33-42.

Tras la medición se obtiene que el nivel equivalente dentro de las salas están por debajo de las especificadas para las curvas NC, así mismo para cada banda de frecuencia comprendido entre 63 Hz a 8 KHz.

Teniendo en cuenta que el valor medido es el Leq entonces se puede deducir que las salas cumplen con la curva correspondiente a NC 15, debajo de lo recomendado para este tipo de salas. Por lo tanto al momento en los cuales las salas siendo usadas el ruido proveniente de las actividades fuera de las salas no es un problema.

### 3.5 Medición de aislamiento de pared y puerta

#### 3.5.1 Aislamiento de la pared

Para este caso se realizó una medición de campo en la cual se quiere determinar el denominado aislamiento acústico bruto. Para la cual se colocó la fuente en la sala C, se calibró el sonómetro y se procedió a medir durante 1 minuto a 94 dB justo en la capsula del sonómetro. A continuación se colocó el sonómetro en la sala B y medir igualmente por 1 minuto. Estas mediciones entregaron los siguientes resultados:

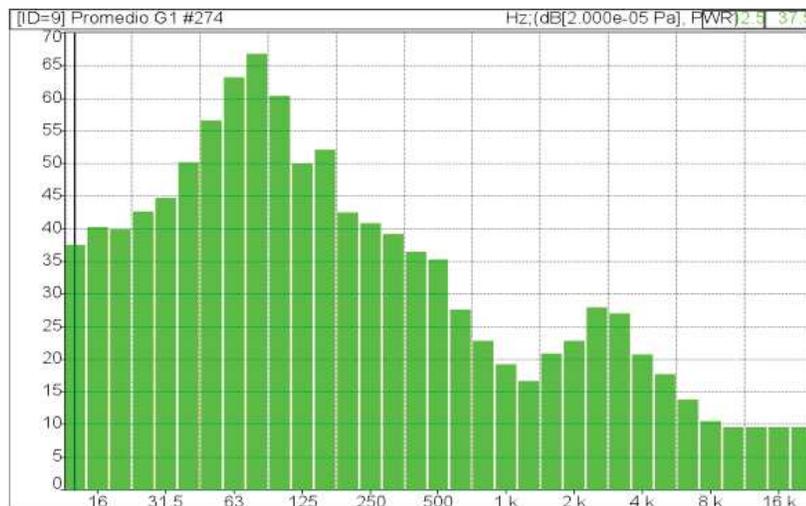
#### - Medición sala B

**Tabla 3.11** Medición de NPS al otro lado de la pared.

| Tipo de datos | Ponderación | Duración | Valor |
|---------------|-------------|----------|-------|
| Leq           | A           | 0:01:00  | 48.0  |
| Max           | A           | 0:01:00  | 68.4  |
| Min           | A           | 0:01:00  | 47.0  |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro

**Figura 3.25** Valores de nivel sonoro para cada banda de frecuencia.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

Mediante la fórmula descrita en el apartado 2.9.6 se tiene:

$$D = L_1 - L_2$$

$$D = 94 - 48 \text{ dB}$$

$$D = 46 \text{ dB}$$

Existe el otro parámetro de cálculo que está normalizado para la pared de los recintos, se muestra en la tabla 3.12.

**Tabla 3.12** Aislamiento bruto normalizado

| Frecuencia              | 125Hz  | 250Hz | 500Hz | 1KHz  | 2KHz  | 4KHz  |
|-------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tiempo de reverberación | 1.88   | 2.89  | 1.88  | 1.29  | 1.34  | 1.2   |
| Superficie              | 46.176 |       |       |       |       |       |
| Aislamiento normalizado | 59.90  | 58.04 | 59.90 | 61.54 | 61.37 | 61.85 |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se puede observar el aislamiento para el caso de las paredes aumenta, y se ve claramente la relación que existe entre aislamiento y frecuencia, ya que mientras más alta es la frecuencia mayor es el aislamiento de la pared.

### 3.5.2 Aislamiento de la puerta

Para la puerta se midió dentro del recinto a un metro de la puerta primero con la puerta abierta y luego con la puerta cerrada y se obtuvo los siguientes resultados:

#### - Puerta abierta

**Tabla 3.13** Medición de NPS con la puerta abierta

| Tipo de datos | Ponderación | Duración | Valor |
|---------------|-------------|----------|-------|
| Leq           | A           | 0:01:00  | 90.3  |
| Max           | A           | 0:01:00  | 90.8  |
| Min           | A           | 0:01:00  | 33.7  |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

**Figura 3.26** Medición de NPS con la puerta abierta y sus respectivos valores por banda de frecuencia.



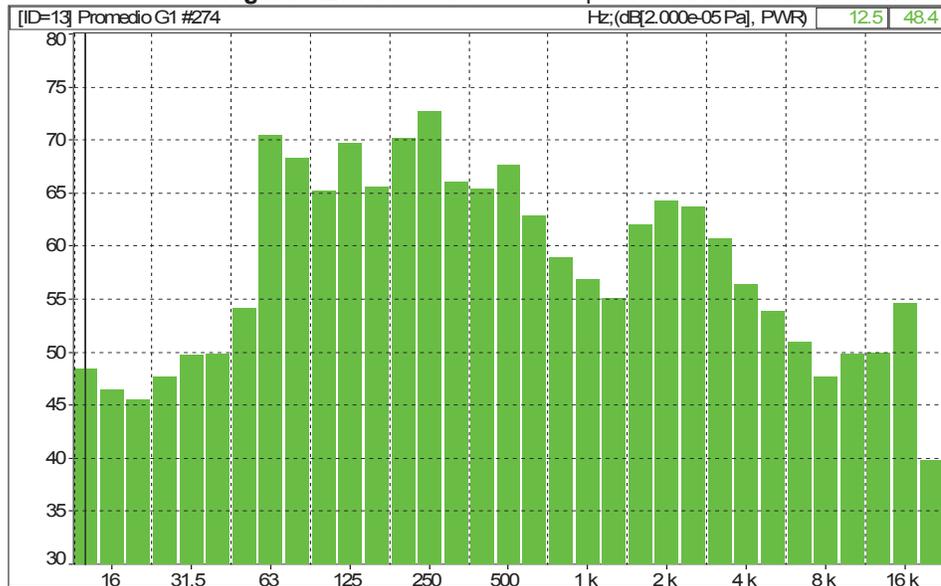
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

#### - Puerta cerrada

**Tabla 3.14** Medición de NPS con la puerta cerrada

| Tipo de datos | Ponderación | Duración | Valor |
|---------------|-------------|----------|-------|
| Leq           | A           | 0:01:00  | 73.6  |
| Max           | A           | 0:01:00  | 79.3  |
| Min           | A           | 0:01:00  | 31.6  |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

**Figura 3.27** Valores de medición para cada banda de frecuencia.

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos con Sonómetro.

Entonces:

$$D = L_1 - L_2$$

$$D = 90.3 - 73.6 \text{ dB}$$

$$D = 16.7 \text{ dB}$$

Como se puede observar claramente el aislamiento bruto de ambas particiones es bastante diferente, siendo claramente las paredes las que mejor aíslan y las puertas muestran tener bastantes problemas. Según lo observado en las particiones el poco aislamiento de las puertas puede ser por el hecho de que estas no están colocadas correctamente, ya que los cierres entre cada puerta deja huecos, así mismo entre los marcos y las paredes existen fisuras por donde fácilmente ingresa el sonido.

### 3.6 STC de las particiones

Como se vio en el apartado (2.9.3) el STC de las particiones es el valor que se usa más en la práctica para denotar un valor único de aislamiento en una partición cualquiera. Para este caso se realizaron simulaciones o modelados de

particiones mediante el programa Insul de Marshall Day, además de una simulación de un valor de STC combinado para cada sala. Todas las páginas de los datos obtenidos mediante el software se encuentran en el anexo 2

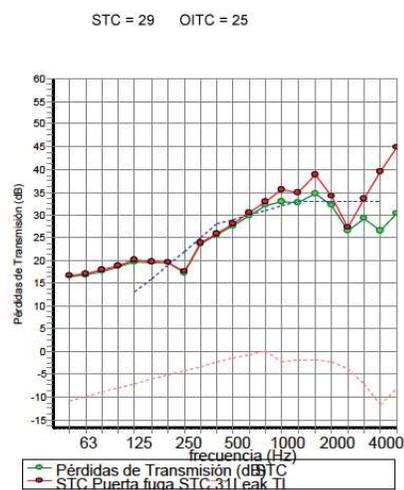
A continuación los datos de STC para cada partición existente en las salas:

### 3.6.1 Puertas

- Panel 1 Capa externa 1 \* 10 mm MDF ( $m=7.0 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_c=3000 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento= 0.03)
- Cavidad sin relleno de 100 mm
- Panel Capa externa 1 \* 10 mm MDF ( $m=7.0 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_c=3000 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento= 0.03)
- Frecuencia de resonancia Masa Aire Masa = 269 Hz
- Tamaño del panel = 1,8 \* 2,15
- STC = 29

**Figura 3.28** STC de la puerta

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 16     |        |
| 63              | 17     | 17     |
| 80              | 18     |        |
| 100             | 19     |        |
| 125             | 20     | 19     |
| 160             | 19     |        |
| 200             | 19     |        |
| 250             | 17     | 19     |
| 315             | 24     |        |
| 400             | 26     |        |
| 500             | 28     | 27     |
| 630             | 30     |        |
| 800             | 32     |        |
| 1000            | 33     | 32     |
| 1250            | 33     |        |
| 1600            | 35     |        |
| 2000            | 32     | 30     |
| 2500            | 27     |        |
| 3150            | 29     |        |
| 4000            | 27     | 28     |
| 5000            | 30     |        |



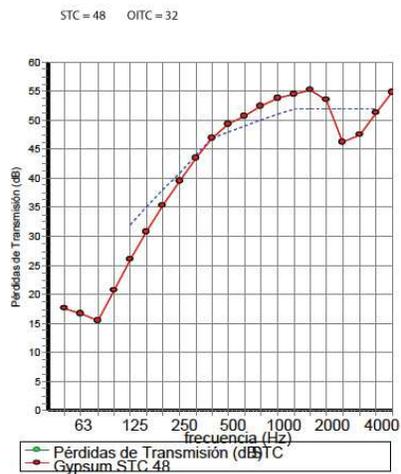
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

### 3.6.2 Pared de gypsum

- Panel 1 Capa externa 1 \* 12,5mm Placa de yeso laminado ( $m= 9,6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_c = 2712\text{Hz}$ , Amortiguamiento = 0,01)
- Cavidad con relleno de fibra de vidrio( $10 \text{ kg/m}^3$ ) Espesor 100mm
- Panel 2 Capa externa 1 \* 12,5mm Placa de yeso laminado ( $m= 9,6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_c = 2712\text{Hz}$ , Amortiguamiento = 0,01)
- Frecuencia de resonancia Masa Aire Masa = 87 Hz
- $STC = 48$

Figura 3.29 STC de la pared de gypsum

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 17     |        |
| 63              | 17     | 17     |
| 80              | 16     |        |
| 100             | 21     |        |
| 125             | 26     | 24     |
| 160             | 31     |        |
| 200             | 35     |        |
| 250             | 40     | 38     |
| 315             | 44     |        |
| 400             | 47     |        |
| 500             | 49     | 49     |
| 630             | 51     |        |
| 800             | 52     |        |
| 1000            | 54     | 54     |
| 1250            | 55     |        |
| 1600            | 55     |        |
| 2000            | 53     | 50     |
| 2500            | 46     |        |
| 3150            | 47     |        |
| 4000            | 51     | 50     |
| 5000            | 55     |        |



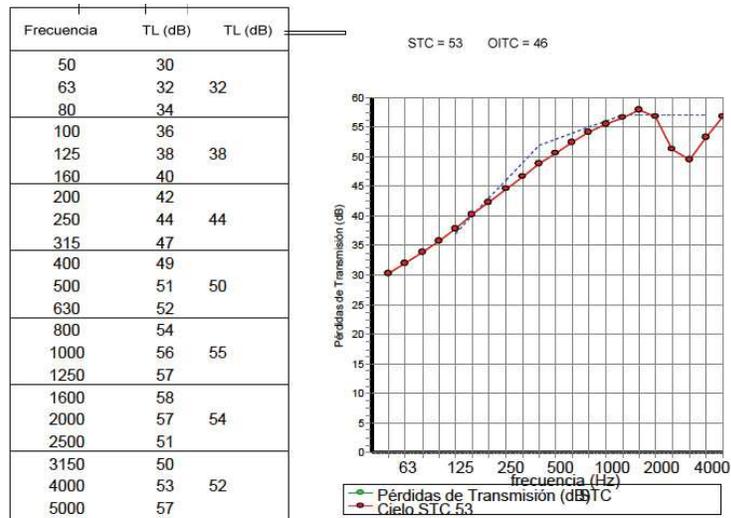
Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

### 3.6.3 Techo

- Panel 1 Capa externa 1 \* 10mm Fibro cemento ( $15,6\text{kg/m}^2$ ,  $f_c=3000\text{Hz}$ , Amortiguamiento=0,01)
- Entramado ligero de acero suspendido Relleno de fibra de vidrio ( $10\text{kg/m}^3$ ) Espesor 100mm. Espesor total de cámara 1000mm
- Panel 2 Capa interna 1 \* 12,5mm ( $m=9,6\text{kg/m}^2$ ,  $f_c=2712\text{Hz}$ , Amortiguamiento=0,01)

- Frecuencia de resonancia Masa Aire Masa = 23Hz
- STC=53

**Figura 3.30** STC del techo

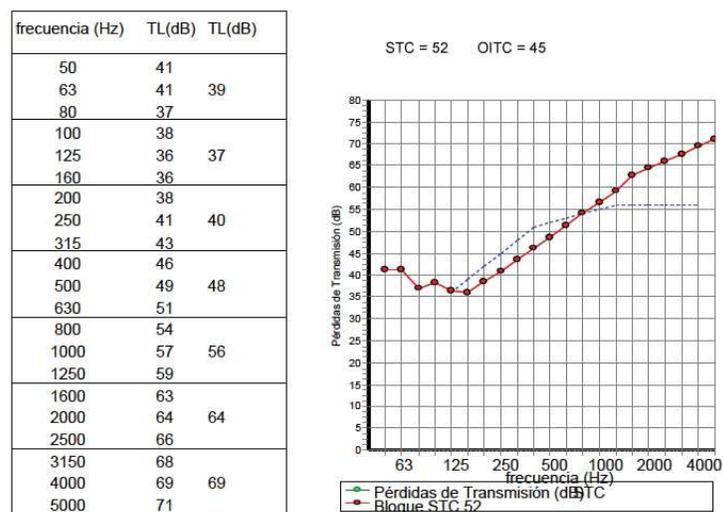


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

### 3.6.4 Pared de Hormigón

- Panel Capa externa 1 \* 150mm Hormigón ( $m=282\text{kg/m}^2$ ,  $f_c=156\text{Hz}$ , Amortiguamiento=0,01)
- STC=52

**Figura 3.31** STC de la pared de hormigón.

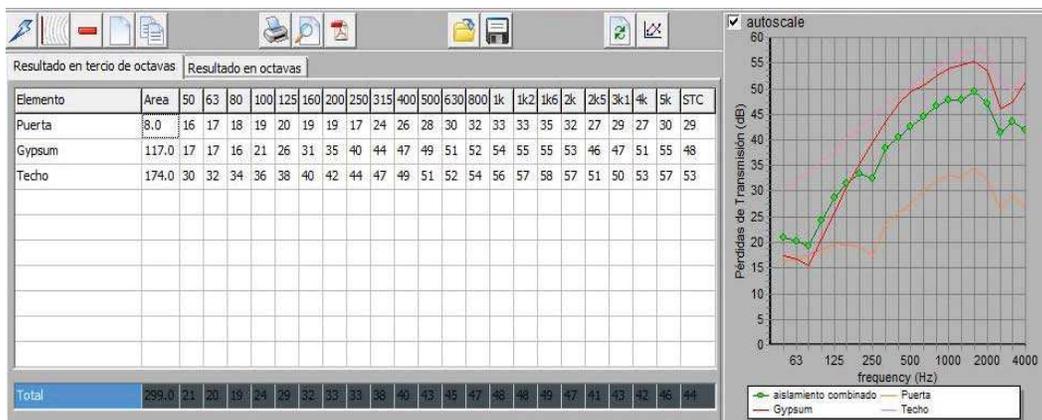


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

### 3.7 STC combinado para las 3 salas

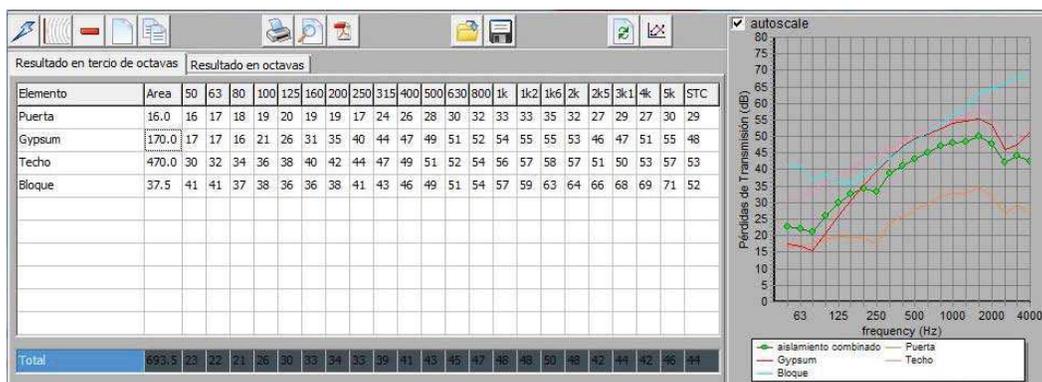
El programa INSUL tiene la herramienta llamada Composite que te simula un STC global de toda una sala. Por lo que se realizó el combinado de todos los tipos de particiones dentro de las salas. Como las salas A y B no cambian de tipo de particiones y las dimensiones son muy similares se obtuvo solo un solo cuadro para estas dos salas. A continuación se muestra la tabla y gráfico de las dos salas:

**Figura 3.32** Combinado (Composite) de las salas A y B



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

**Figura 3.33** Combinado (Composite) de las sala C.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), Datos obtenidos INSUL

### 3.8 Resonancias

Para las resonancias se realizaron mediciones dentro de las salas con el software SpectraPLus 5.0, haciendo recorridos dentro de las salas para detectar las frecuencias en donde existían concentraciones de energía sonora. Ya que existe un límite de frecuencia para las cuales estas resonancias dejan de ser un problema se sacó la frecuencia máxima para cada sala, con los siguientes resultados:

Sala A →  $f_{max}=118$  Hz

Sala B →  $f_{max}=115$  Hz

Sala C →  $f_{max}=74$  Hz

Para las dos salas más pequeñas hubo un claro incremento de energía en la frecuencia de 100 Hz, mientras que para la sala más grande la frecuencia máxima es bastante baja y no se encontraron concentraciones de energía bajo esta frecuencia.

Se realizó otro análisis mediante un programa que analiza los modos normales de vibración dentro de cualquier sala.

### 3.9 Modos normales de las salas

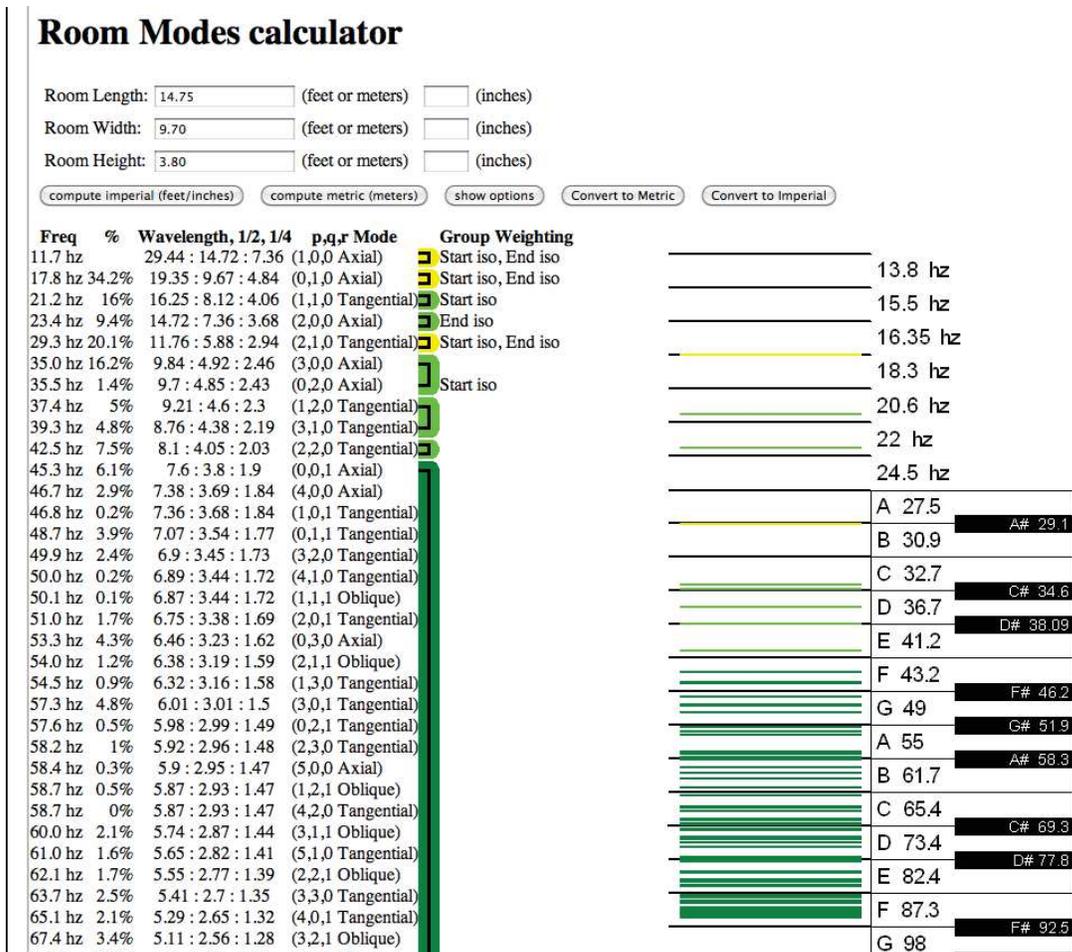
Después de analizar la resonancia dentro de las salas se decidió hacer otro análisis de modos normales para las salas para determinar si es necesario controlar alguna frecuencia en específico, y también para determinar la necesidad de diseñar o no un resonador.

El cálculo de modos normales se la realizó en un programa online proporcionado por la página: <http://www.bobgolds.com/Mode/RoomModes.htm>

Los resultados son los siguientes:

## Salas A y B

Figura 3.34 Distribución de modos normales de las salas A y B

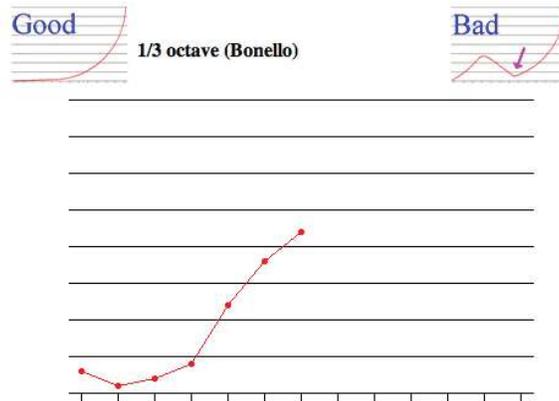


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se observa en la figura la distribución de modos normales es bastante buena a partir de los 40 Hz aproximadamente. La mala distribución en frecuencias debajo de 40 Hz es mala, sin embargo estas son frecuencias muy bajas como para considerar un problema grave dentro de las salas.

Para lograr una mejor comprensión de la situación se obtuvo también un gráfico en donde se muestra las características modales de las salas y con una valoración dependiendo de la forma de la curva.

Figura 3.35 Gráfico de valoración de modos normales

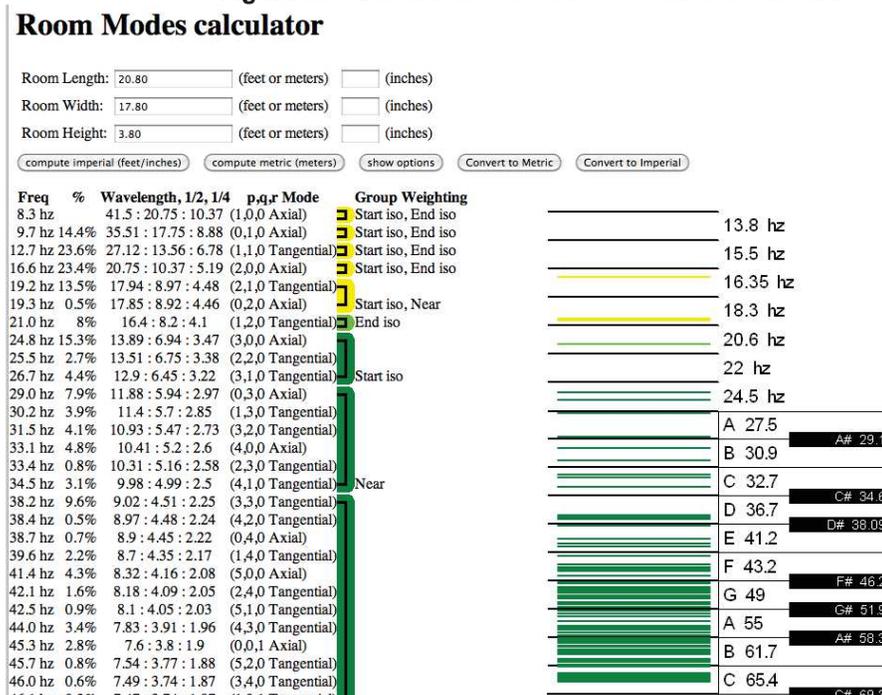


Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En la parte superior del gráfico se observa la valoración del tipo de curva. Como se ve en la curva obtenida para las salas A y B, la curva solamente al principio tiene una bajada, pero después la curva va aumentando, es decir, los modos están bien distribuidos excepto para frecuencias muy bajas.

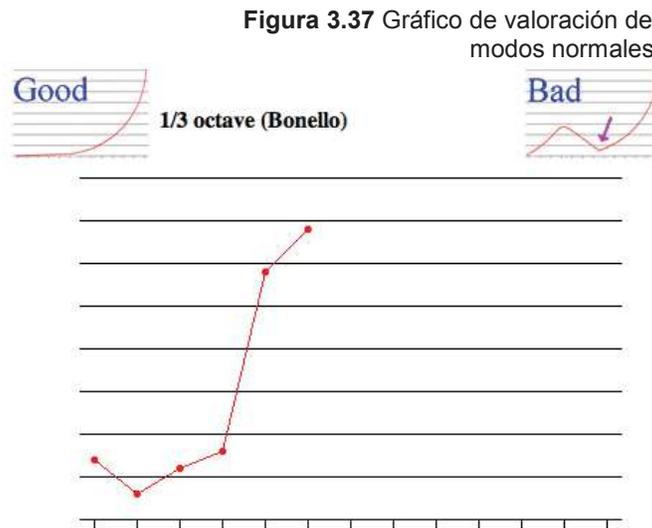
Sala C

Figura 3.36 Distribución de modos normales de las sala C



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Al igual que las otras dos salas la distribución de modos normales es mala para frecuencias muy bajas, las cuales no generan problemas de consideración. A continuación se muestra el gráfico de valoración de distribución de modos normales en la sala C.



Como se observa en el gráfico existe una bajada al principio pero a continuación la curva va subiendo, lo que nos muestra que la distribución es buena menos para las frecuencias muy bajas.

### 3.10 Inteligibilidad de la palabra

Una de los principales factores para que una sala de conferencia sea funcional es que la inteligibilidad de la palabra sea la correcta por lo que se realizó un análisis del %AICons para las salas. y la tabla correspondiente a %AICons (apartado 2.4.14, figura 2.6).

Tabla 3.15 Valores de LD-LR de las salas.

| <b>Sala A</b>       | <b>a medio</b> | <b>Q</b> | <b>R</b> | <b>Suptot</b> | <b>Dc</b> | <b>LD-LR</b> |
|---------------------|----------------|----------|----------|---------------|-----------|--------------|
| Vacia               | 0.12           | 8.00     | 58.47    | 443.21        | 3.03      | -9.19        |
| Personas y asientos | 0.15           |          | 76.26    |               | 3.46      | -8.04        |
| Personas sentadas   | 0.07           |          | 32.65    |               | 2.26      | -11.72       |
| <b>Sala B</b>       |                |          |          | 445.46        |           |              |
| Vacia               | 0.12           |          | 58.11    |               | 3.02      | -9.22        |
| Personas y asientos | 0.15           |          | 75.94    |               | 3.45      | -8.05        |
| Personas sentadas   | 0.07           |          | 32.64    |               | 2.26      | -11.72       |
| <b>Sala C</b>       |                |          |          | 1026.38       |           |              |
| Vacia               | 0.13           |          | 152.55   |               | 4.89      | -8.84        |
| Personas y asientos | 0.15           |          | 183.49   |               | 5.36      | -8.04        |
| Personas sentadas   | 0.07           |          | 79.66    |               | 3.53      | -11.66       |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Estos cálculos se realizaron en la frecuencia centrada de 2KHz ya que esta frecuencia es la que más contribuye para la inteligibilidad de la palabra. También se tomó en cuenta que la fuente se encuentra en una esquina de los recintos y la distancia para la cual está hecho el cálculo es la mitad del recinto o la mitad de la diagonal de los recintos, por lo tanto mientras el oyente se encuentra más cerca de la fuente el valor de %AICons debería mejorar.

Los valores obtenidos de %AICons fueron los siguientes:

Tabla 3.16 Valores de %AICons

| <b>A</b>            | <b>%AICons</b> | <b>B</b> | <b>%AICons</b> | <b>C</b> | <b>%AICons</b> | <b>Valoración subjetiva</b> |
|---------------------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|-----------------------------|
| Vacia               | 7%             |          | 7%             |          | 6.20%          | Aceptable                   |
| Personas y asientos | 5.50%          |          | 5.50%          |          | 5.50%          | Aceptable                   |
| Personas sentadas   | 6%             |          | 6%             |          | 5.50%          | Aceptable                   |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se observa en la tabla 3.16 los resultados para las tres salas y los tres caso es catalogada como aceptable, dentro del rango 11.4%-5.3%.

## **4 Propuesta de diseño acústico y de aislamiento**

Para este tipo de recintos en donde la interacción entre las personas es importantísimo se deben llegar a ciertos objetivos acústicos, entre los más importantes se tiene los siguientes:

- Excelente confort acústico.
- Correcta inteligibilidad de la palabra
- Nivel Sonoro sin coloración, a través de un sistema electro acústico.

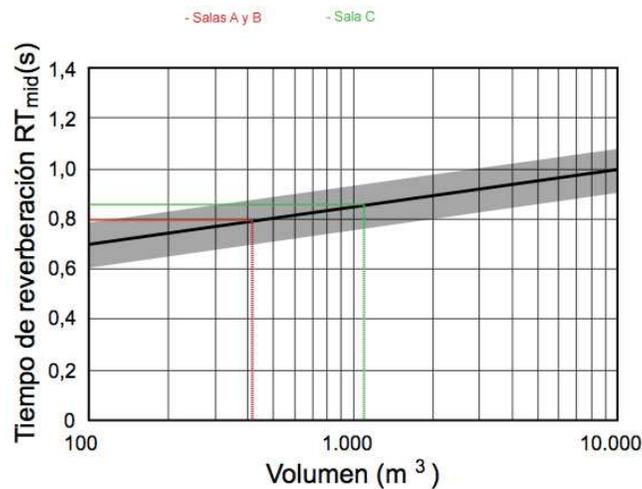
El confort acústico dentro de los locales se logrará cuando las personas en los recintos no tengan ninguna molestia para oír correctamente los mensajes. Para que los mensajes lleguen correctamente al oyente la inteligibilidad de la palabra tiene que ser óptima.

Para lograr un confort acústico en los locales debe existir un nivel de ruido bastante bajo, no deben existir ecos, y el tiempo de reverberación debe ser el correcto.

### **4.1 Propuesta para T60 de las salas**

Como se detalló en el capítulo 3 sobre la situación acústica de los locales, estos no cumplen con los requisitos mínimos de tiempo de reverberación para salas de conferencia. En el apartado 2.3.9.1 se establecen valores de  $RT_{mid}$  para distintos tipos de salas y funciones, pero no se tiene en cuenta en esos datos el volumen de los recintos. Por lo que es importante al momento de proponer un diseño acústico para salas de conferencia una nueva tabla, en donde, se detallan los valores de  $RT_{mid}$  dependiendo del volumen de las salas.

**Figura 4.1** Valores de RTmid óptimo para las salas.



**Fuente:** Diseño acústico de espacios arquitectónicos, Recuero Manuel, pág.140.

Como se puede observar en la figura los valores ahora de RTmid son más reducidos que los propuestos inicialmente en el apartado 2.3.9.1.

Para esta propuesta se ve que para los volúmenes (423m<sup>3</sup>, 419m<sup>3</sup>, 1112m<sup>3</sup>) de los recintos los valores de RTmid deberían quedar entre 0.7 y 0.88 con un valor óptimo aproximado de 0.8 seg para las salas A y B; y para la sala C valores entre 0.76 y 0.95 con un valor óptimo aproximado de 0.87. Por lo que el siguiente paso es realizar pruebas con distintos materiales absorbentes, para obtener un RTmid óptimo dentro de los nuevos parámetros.

#### 4.1.2 Propuesta de material absorbente dentro de las salas

Para lograr un óptimo RTmid dentro de los recintos se propone primero llegar al valor descrito en el apartado 4.1. Dentro de este criterio se eligió primero el material de la marca Fonac:

- **Fonoabsorbente conformado Profesional 50mm.**
- **Coefficientes de absorción:**

| 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
|--------|--------|--------|---------|---------|
| 0.15   | 0.36   | 0.78   | 0.84    | 0.8     |

- **Densidad:** 32 (kg/m<sup>3</sup>)
- **Dimensiones:** 61 x 122 (cm)
- **Colores:** Beige, Gris.
- **Superficie vista:** cuñas anecoicas.
- **Foto:**

**Figura 4.2** Fonoabsorbente conforma  
Profesional de 50mm



**Fuente:** [http://akustiko.akustiko.info/index.php?option=com\\_content&view=article&id=54&Itemid=58](http://akustiko.akustiko.info/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=58)

Lo primero que se debe determinar es la cantidad de material necesario para obtener los valores adecuados de  $RT_{mid}$ , se fueron dando valores de superficies para este material integrados a los ya obtenidos anteriormente (apartado 3.3.2), y se llegó a las cifras de 30m<sup>2</sup> para las salas A y B, 65m<sup>2</sup> para la sala C.

Los resultados obtenidos solamente con material absorbente podrían llegar a ser los correctos, pero sin embargo no alcanzan el valor óptimo recomendado de  $RT_{mid}$  para este tipo de salas y tampoco proporciona una buena absorción a bajas frecuencias, por lo que se decidió además colocar trampas de bajos o basstraps.

La elección de estas trampas de bajo se la realizó tomando en cuenta los mayores valores de absorción de distintos tipos de trampas de bajos. En el anexo(C) se muestra la tabla correspondiente a los valores de absorción de los productos Auralex. De todos estos materiales se escogió para el diseño el sistema VENUS por sus excelentes prestaciones en cuanto a absorción en bajas frecuencias.

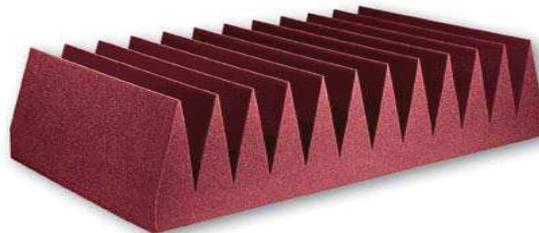
### Venus Bass trap.

- **Coefficientes de absorción:**

| 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1.63   | 1.34   | 1.29   | 1.26    | 1.25    | 1.2     |

- **Dimensiones:** 2' x 4' x 12'' (pies y pulgadas)
- **Foto:**

**Figura 4.3** Trampa para bajas frecuencias  
Venus de Auralex



**Fuente:** [http://auralex.com/bass\\_traps\\_venus/bass\\_traps\\_venus.asp](http://auralex.com/bass_traps_venus/bass_traps_venus.asp)

Para este segundo caso se utilizó otra cantidad de superficie para el fonoabsorbente, para las salas A y B: 25m<sup>2</sup> y para la sala C: 45m<sup>2</sup>. Y además se utiliza 4 trampas de bajos Venus para cada sala, obteniendo los siguientes resultados:

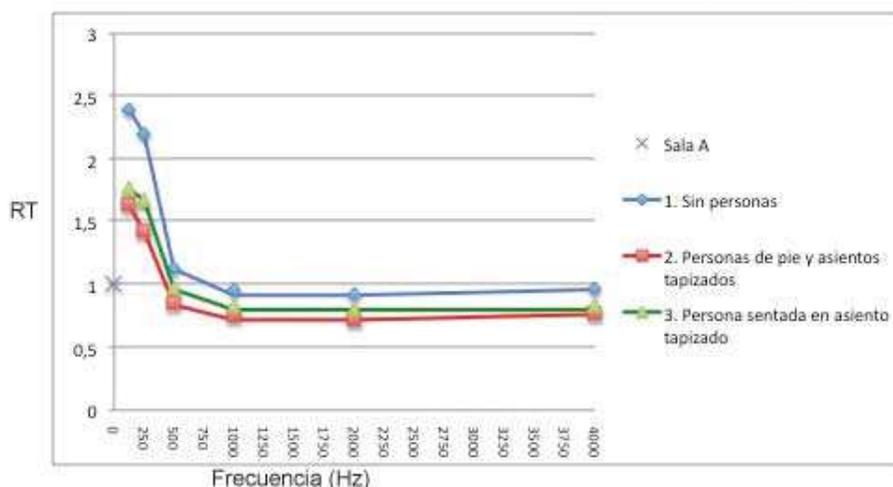
**Tabla 4.1** Resultados de RT con Fonoabsorbente conformado y Bass trap Venus.

| <b>SALA A</b>                           | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>Rtmid</b> |
|---|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1. Sin personas                         | 2.39       | 2.2        | 1.12       | 0.95        | 0.92        | 0.96        | 1.04         |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.63       | 1.42       | 0.85       | 0.75        | 0.72        | 0.77        | 0.8          |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.76       | 1.67       | 0.97       | 0.83        | 0.8         | 0.83        | 0.9          |
| <b>SALA B</b>                           | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> |              |
| 1. Sin personas                         | 2.37       | 2.18       | 1.12       | 0.95        | 0.91        | 0.96        | 1.03         |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.62       | 1.41       | 0.84       | 0.75        | 0.72        | 0.76        | 0.8          |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.75       | 1.66       | 0.96       | 0.82        | 0.8         | 0.83        | 0.89         |
| <b>SALA C</b>                           | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> |              |
| 1. Sin personas                         | 2.73       | 2.51       | 1.25       | 1.05        | 1.00        | 1.03        | 1.15         |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.64       | 1.48       | 0.89       | 0.79        | 0.76        | 0.78        | 0.84         |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.97       | 1.87       | 1.07       | 0.91        | 0.87        | 0.89        | 0.99         |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

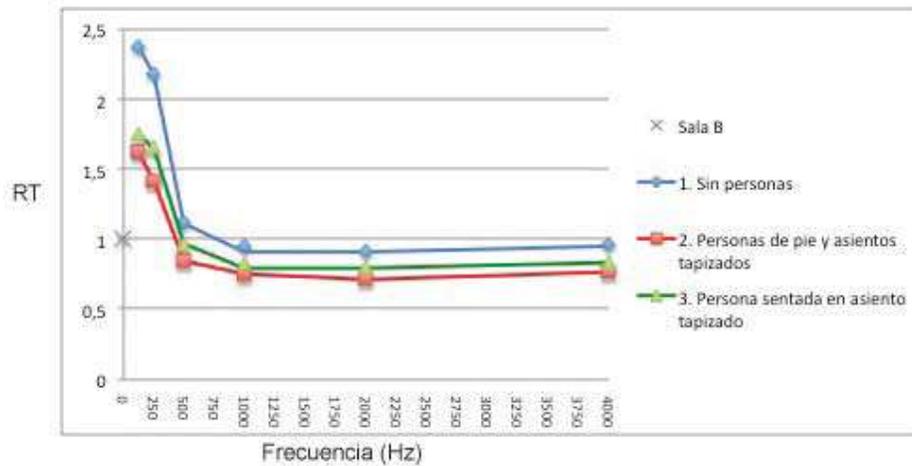
En la tabla 4.1 se encuentran los valores de RT en bandas de octava para cada sala y cada caso, además de los valores de RTmid. El valor Rtmid bajos esta propuesta de acondicionamiento llega a un valor óptimo para este tipo de recinto. El valor óptimo obtenido en el cálculo se da para el caso de que las personas dentro de los recintos estén fuera de sus asientos, sabiendo que la mayoría de actividades dentro del recinto se realizan de esta manera, los cálculos más importantes y por ende el Rtmid óptimo debe considerar estas condiciones. Las figuras muestran los datos obtenidos:

**Figura 4.4** RT de la sala A con fonoabsorbente y rampa de bajo Venus.



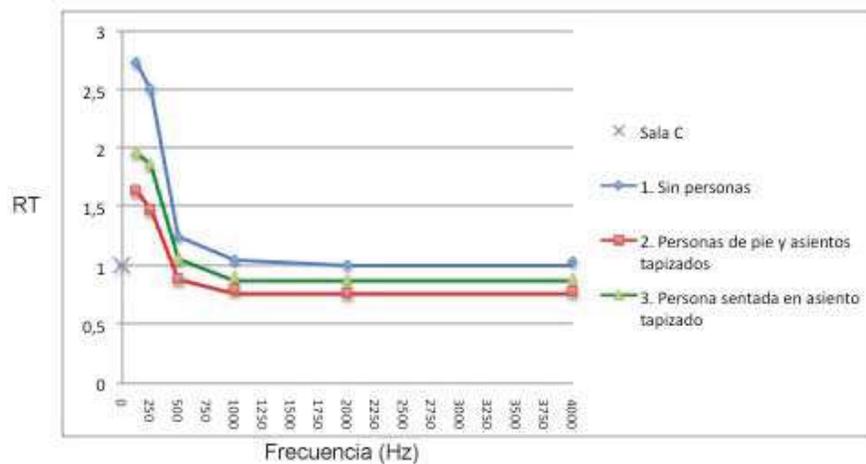
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

**Figura 4.5** RT de la sala B con fonoabsorbente y trampa de bajo Venus.



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

**Figura 4.6** RT de la sala C con fonoabsorbente y trampa de bajo Venus.



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se puede ver en las tablas y figuras la absorción en bajas frecuencias aumentó, y además los valores para los  $R_{tmid}$  son los valores óptimos aproximados de la figura 4.1. Ahora como dentro de las salas no siempre va a existir el mismo número de personas los valores de absorción van a cambiar dependiendo del número de personas en los recintos, por lo que se hicieron cálculos para determinar hasta cuántas personas el sistema funciona de manera correcta.

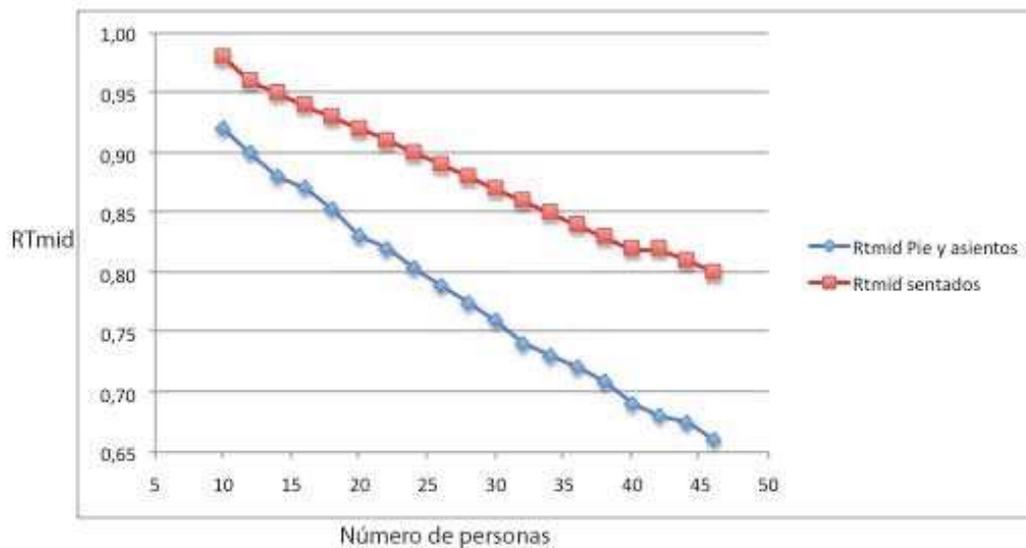
## 4.2 Cálculo de la variación de personas dentro de los recintos

Los cálculos presentados hasta el momento siempre se ajustaron a una cantidad de personas dentro de los recintos: 24 personas y sillas para las salas pequeñas y 49 para la sala grande.

Dando nuevos valores para el número de personas se obtuvo un gráfico que muestra valores para  $R_{tmid}$  dependiendo del número de personas dentro del recinto.

### - Sala A

**Figura 4.7**  $R_{tmid}$  dependiente del número de personas en la sala A



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

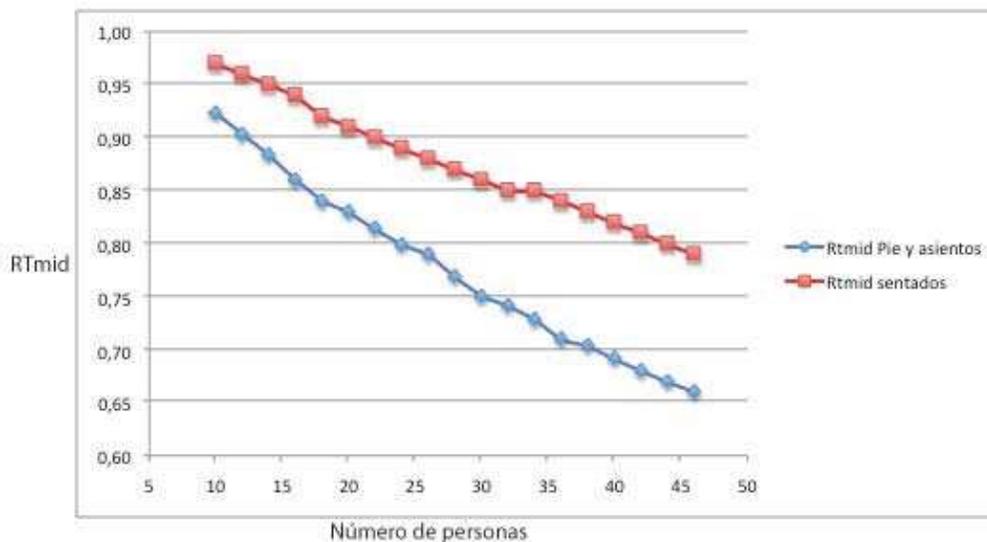
Como se observa en la figura los valores de  $R_{tmid}$  aumentan mientras menos personas hay, y viceversa. Obviamente existe una diferencia para cuando las personas están sentadas y de pie. Como la mayoría de actividades dentro de los recintos se realizan fuera de los asientos entonces nos fijaremos más en los resultados con la sala llena de personas de pie y asientos tapizados.

Para esta sala se puede ver claramente que el rango de personas recomendado para esta sala está entre 14 personas y 39 aproximadamente; siendo el óptimo de personas el de 24 personas.

Para el otro caso de personas sentadas el rango de personas es más amplio, siendo este desde 28 hasta aproximadamente 68 personas sentadas, en donde los valores de  $R_{tmid}$  siguen siendo los recomendados.

### - Sala B

**Figura 4.8**  $R_{tmid}$  dependiente del número de personas en la sala B



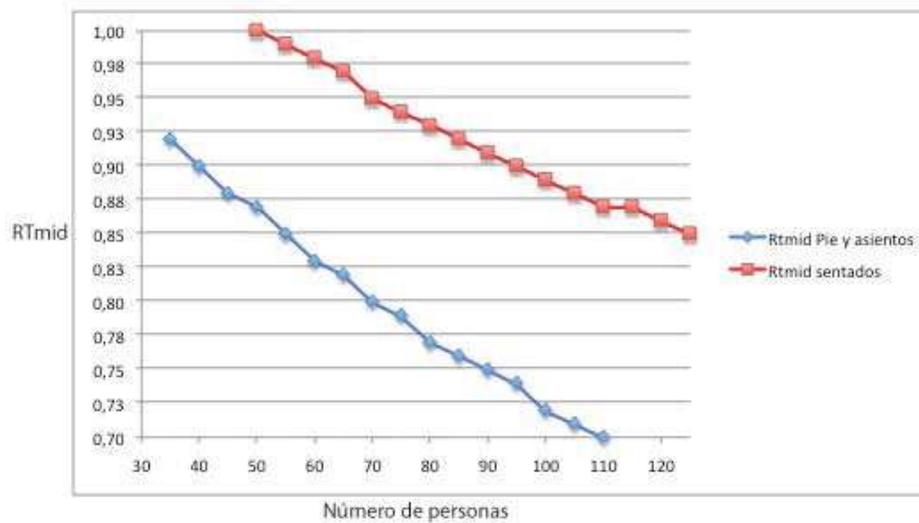
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Para la sala B los valores son muy similares que los de la sala A, pero el rango de personas óptimas para la sala con personas de pie y asientos tapizados es de 14 a 39 personas.

Para el caso de personas sentadas el rango de personas es aproximadamente de 26 a 68 personas.

- **Sala C**

**Figura 4.9** Rtmid dependiente del número de personas en la sala C



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Para esta sala dado su volumen se espera una mayor capacidad de personas interactuando. Los valores óptimos de RT para esta sala con personas de pie y asientos tapizados es de 30 a 85 personas.

Para el caso de que las personas estén sentadas el rango de personas que pueden interactuar dentro de esta sala es de 70 a 160 personas.

Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2** Rango de personas en donde el acondicionamiento esta dentro de los valores recomendados de Rtmid.

|                            | <b>Sala A</b> | <b>Sala B</b> | <b>Sala C</b> |
|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Personas y asientos</b> | 14- 39        | 14-39         | 30-85         |
| <b>Personas sentadas</b>   | 28-68         | 26-68         | 70-160        |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Dado que mientras más gente haya dentro de una sala la absorción va a ser mayor, entonces se deduce que la respuesta de absorción en bajas frecuencias también sería mejor. Por ejemplo para la sala C si se hace una comparación en bajas frecuencias para valores de número de personas de 49 y 100 tendríamos los siguientes valores de tiempo de reverberación.

Valores con 30 personas:

**Tabla 4.3** Valores de absorción en bajas frecuencias con 30 personas.

| <b>SALA C</b>                           | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> |
|---|------------|------------|------------|
| 1. Sin personas                         | 2.72       | 2.48       | 1.23       |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.93       | 1.78       | 1.00       |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 2.28       | 2.12       | 1.14       |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Valores con 85 personas:

**Tabla 4.4** Valores de absorción en bajas frecuencias con 85 personas.

| <b>SALA C</b>                           | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> |
|---|------------|------------|------------|
| 1. Sin personas                         | 2.72       | 2.48       | 1.23       |
| 2. Personas de pie y asientos tapizados | 1.45       | 1.28       | 0.80       |
| 3. Persona sentada en asiento tapizado  | 1.76       | 1.68       | 1.00       |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

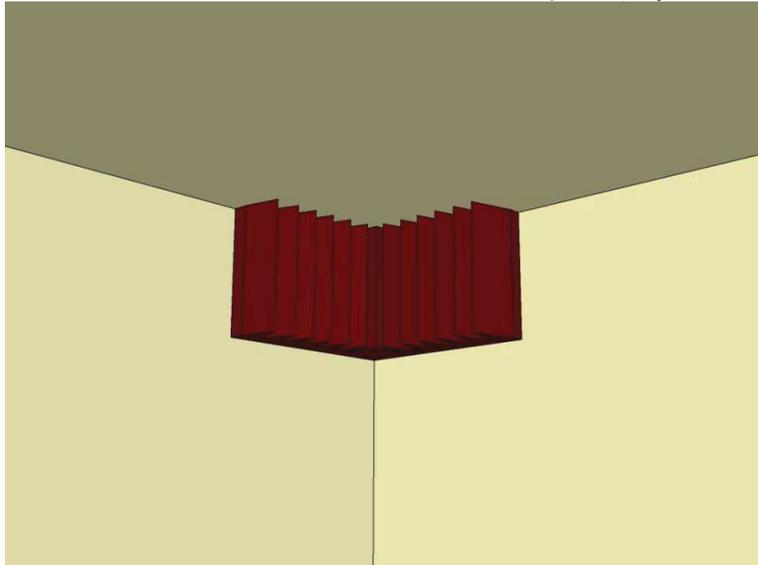
Como se puede observar los valores de tiempo de reverberación bajan, mientras que los valores de  $R_{tmid}$  se mantienen dentro del rango recomendado en la figura 4.1

### 4.3 Localización de los materiales absorbentes dentro de las salas

Como se mencionó anteriormente para el acondicionamiento solamente se van a utilizar dos tipos de materiales, las planchas de fonoabsorbente de FONAC y las trampas de bajo Venus de AURALEX.

Para las trampas de bajo el arreglo propuesto es el de cortar una de las trampas de bajo en la mitad, colocar Cubefills en cada una de las esquinas, y colocar las mitades de cada trampa de bajo junto a cada Cubefill. El arreglo con estos dos elementos se verá de la siguiente manera en una de las esquinas de los recintos:

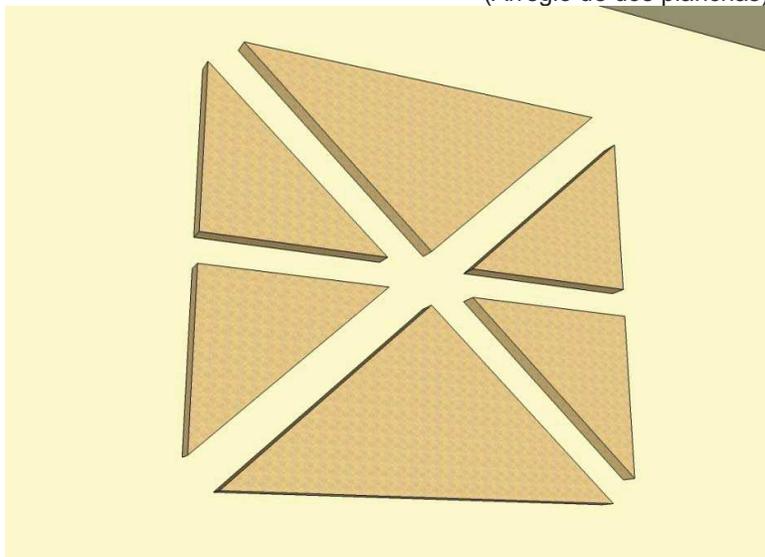
**Figura 4.10** Arreglo para las esquinas de Cubefill con trampas de bajo Venus.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

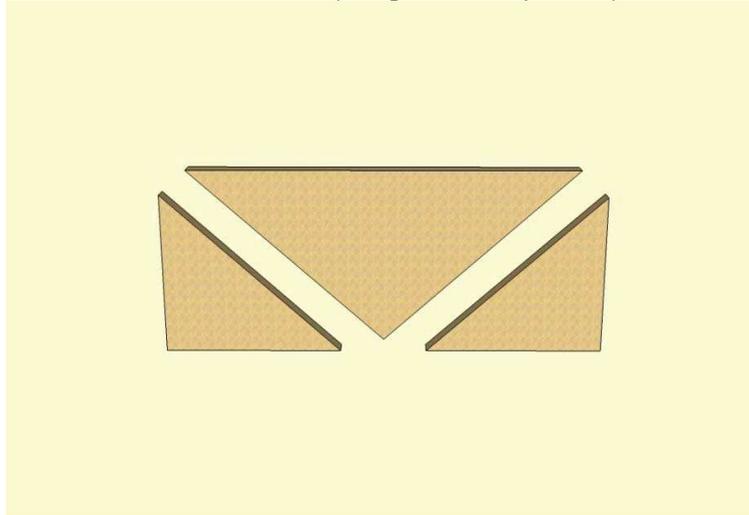
Para las planchas de fonoabsorbente se propone igual hacer cortes simplemente por estética, ya que la forma original es rectangular. Se propone cortar las planchas en forma triangular, con distinto modelo para las paredes y techo. Los modelos se muestran en las siguientes figuras:

**Figura 4.11** Fonoabsorbente Pro sobre la pared (Arreglo de dos planchas)



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

**Figura 4.12** Fonoabsorbente Pro sobre la pared  
(Arreglo con una plancha)

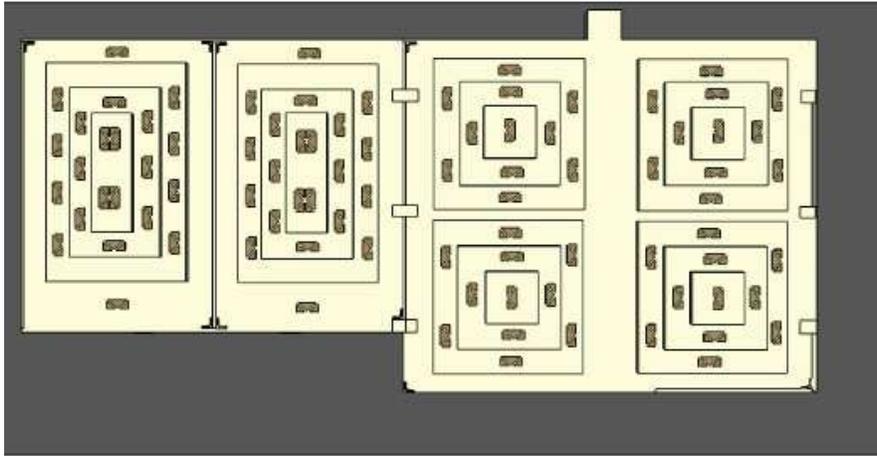


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

El fonoabsorbente se propone colocarlo en mayor cantidad en los techos del recinto por el hecho de que en las mediciones realizadas con el SPECTRA PLUS, los datos de tiempo de reverberación debajo de las pirámides invertidas eran tiempos mayores.

Después de los cálculos de tiempos de reverberación se determinó que la cantidad de planchas de fonoabsorbente para las salas pequeñas es de 34, y para la sala grande 76 planchas. En el caso de las salas pequeñas la distribución es de 12 planchas para paredes y de 22 para el techo. Para la sala grande son 32 planchas en las paredes y 44 para el techo. La distribución en el techo es la siguiente:

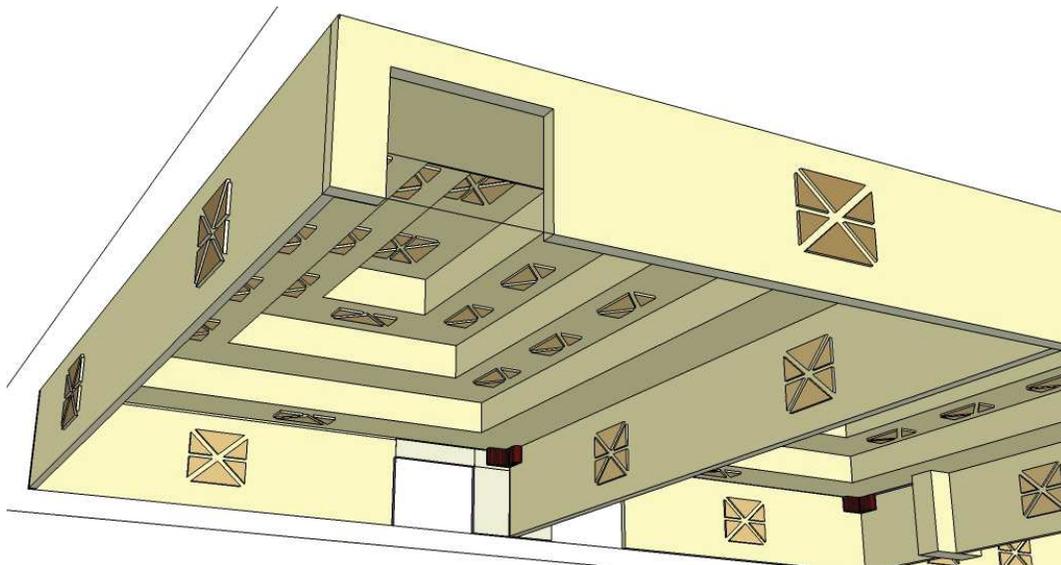
**Figura 4.13** Vista desde arriba de los locales con material absorbente



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Para las paredes en las salas pequeñas las planchas irían 8 para las paredes más largas y 4 para las paredes más cortas.

**Figura 4.14** Vista diagonal de la sala A

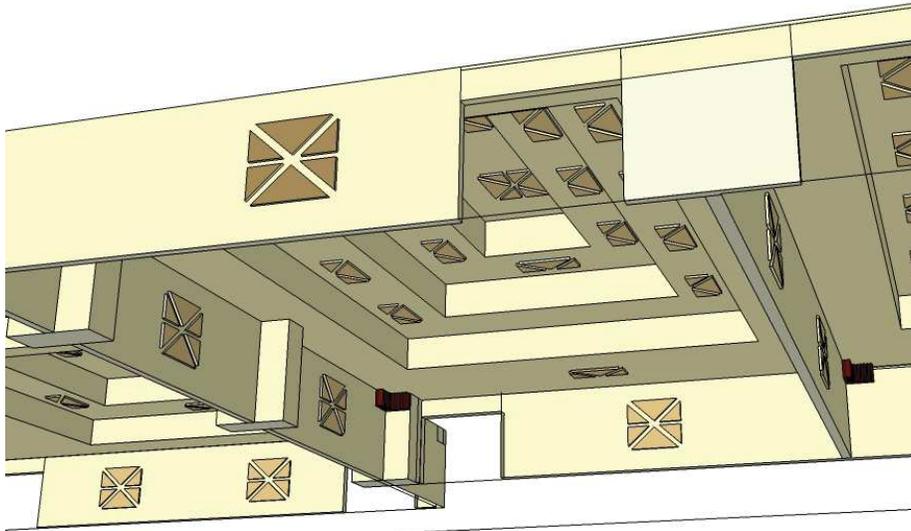


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En la figura se observa claramente las planchas en las paredes, las del techo y los arreglos de trampas de bajos VENUS.

Para las sala B la distribución es igual que en la sala A pero con la diferencia que para una de las paredes las planchas van entre las columnas.

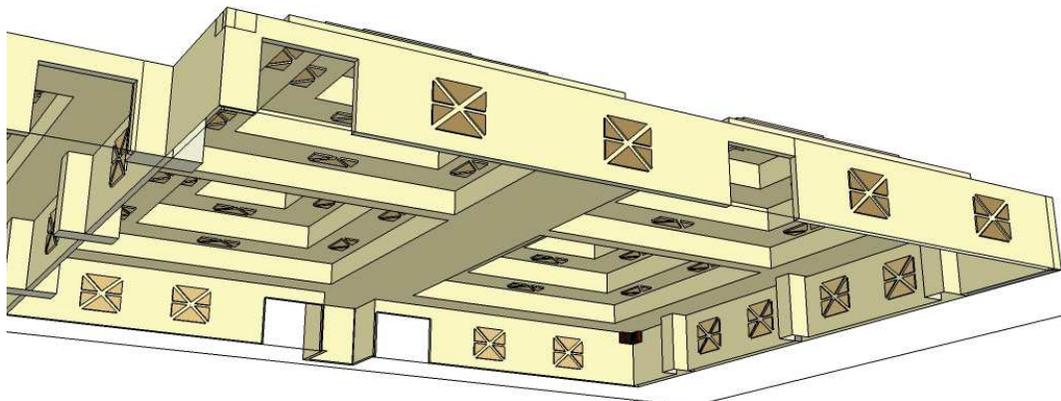
**Figura 4.15** Vista diagonal de la sala B



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Entre las columnas de la sala B se propone colocar las planchas de fonoabsorbente.

**Figura 4.16** Vista diagonal de la sala C



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

En la última figura se puede observar la distribución de planchas dentro de la sala C, se puede ver que para una pared se propone colocar 8 planchas

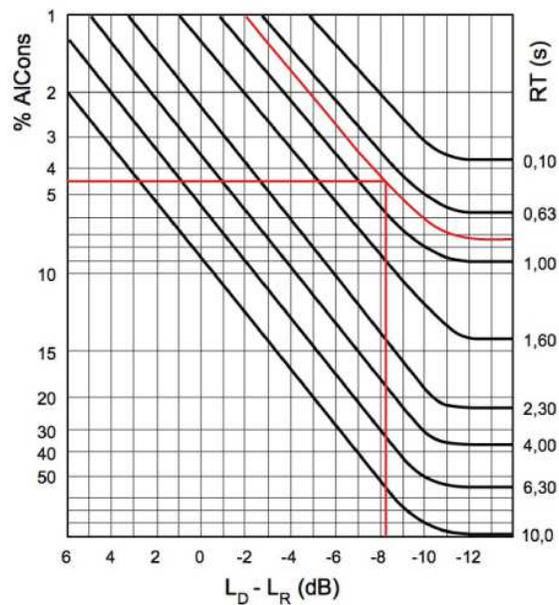
#### **4.4 Cálculo de la inteligibilidad de la palabra en los recintos**

El cálculo que se realizó en el apartado 3.9 se lo hizo con las condiciones del lugar intactas, es decir, sin ningún tipo de cálculo con acondicionamiento acústico. Los datos a continuación son datos suponiendo un acondicionamiento propuesto en el apartado 4.1.2 con material fonoabsorbente conformado Pro 50mm de Fonac y trampas de bajos Venus de Auralex.

En la tabla comparativa entre RT y LD-LR para obtener el %AICons, en el caso de la situación actual (apartado 3.9) se utilizó la curva correspondiente a la de RT de 1 segundo. Ya que los valores de RT para 2000Hz cambian con la correspondiente propuesta de acondicionamiento se eligió la curva de 0.75 (s) para las salas pequeñas y de 0.8 (s). Para los dos casos de va aproximar a un valor de RT de 0.8 (s).

Tomando una nueva curva para el valor de RT de 0.8 (s) se obtuvo el siguiente gráfico aproximado para un nuevo valor de %AICons. La siguiente figura muestra la curva.

**Figura 4.17** %AICons de para un valor de LD-LR promedio de las salas.



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como podemos ver en la gráfica el valor de %AICons está alrededor de 4.5% por lo que entraría en la valoración subjetiva de “Buena”, dentro del rango de 4.8% - 1.6%.

**Tabla 4.5** Valoración subjetiva de la Inteligibilidad de la palabra en las salas con acondicionamiento acústico.

|               | %AICons | Valoración subjetiva |
|---------------|---------|----------------------|
| <b>Sala A</b> | 4.50%   | Buena                |
| <b>Sala B</b> | 4.50%   | Buena                |
| <b>Sala C</b> | 4.50%   | Buena                |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

#### 4.4 Aislamiento de particiones

Como se vio en la descripción de las particiones estas tienen sus deficiencias, especialmente las puertas de los tres recintos, ya que estas puertas están incorrectamente selladas y además de su tipo de construcción, por lo que el sonido pasa a través de las fisuras que se forman en los límites de las puertas.

Por estas características de la puerta es la estructura dentro de los recintos que menos aislamiento proporciona a todos los recintos.

Se propone el cambio de todas las puertas por otras diseñadas específicamente para aumentar el aislamiento que proporciona estas particiones.

Para mantener la estética predominante dentro del local se decidió poner puertas igualmente de madera, más específicamente MDF.

#### **4.4.1 Diseño de nueva puerta**

Básicamente estructuralmente la nueva puerta esta simulada de la siguiente manera:

- Capas exteriores: MDF de 1 x 1.25 mm ( $m=8.8\text{kg/m}^2$ ,  $f_c=2400$  Hz, amortiguamiento= 0.03)
- Capas internas: 4 mm de goma ( $m=3.7\text{kg/m}^2$ ,  $f_c=89764$  Hz, amortiguamiento=0.01)
- Cavity: fijación de madera cada 600mm, rellena de fibra de vidrio( $10\text{kg/m}^3$ ) espesor de 75 mm.
- Frecuencia de resonancia Masa-Aire-Masa= 89 Hz
- STC= 39

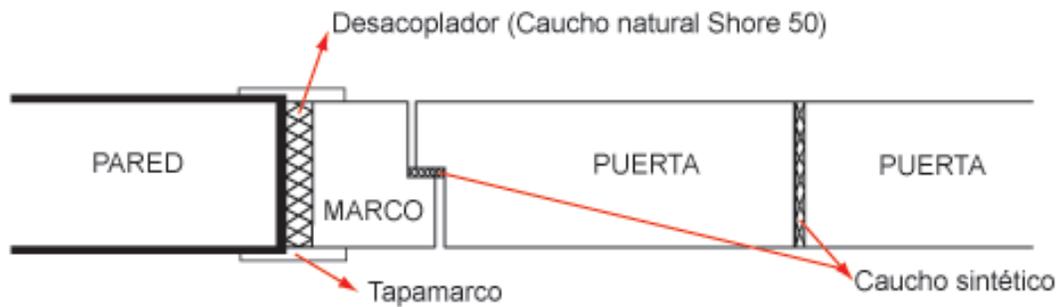
Después de haber simulado la partición hay que determinar todos los aspectos y características de las nuevas puertas. Para que las nuevas puertas funcionen y se puedan colocar en necesario la colocación de nuevos marcos entre pared y puerta.

El mayor problema que tienen las particiones como puertas o ventanas es el hecho de no estar correctamente selladas, es decir, muchas veces las puertas y ventanas tienen fugas u orificios, por donde el sonido se filtra. Por esta razón es que el diseño de la nueva puerta posee sellos entre: marco y puerta, puerta y marco, puerta y puerta, piso y puerta.

Los sellos entre pared y marco funcionan como desacoplador y son de caucho natural Shore 50, mientras que los demás sellos son de caucho sintético.

En la siguiente figura se muestra el diseño de la puerta y sus sellos:

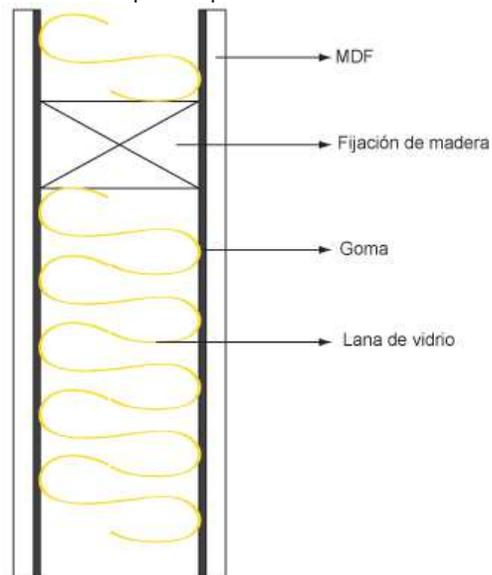
**Figura 4.18** Diseño de la puerta y sellos



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

La figura 4.11 muestra el diseño de la puerta por dentro:

**Figura 4.19** Diseño de la nueva puerta por dentro

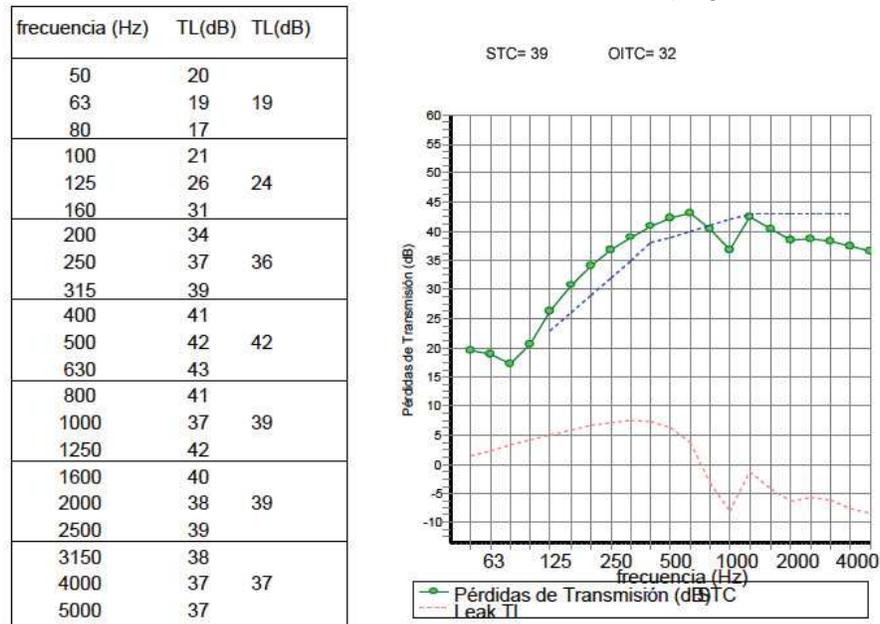


**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Dada la altura de la puerta las fijaciones de madera son tres, cada una a 60 cm. Esta simulación y diseño se la realizó en el programa INSUL, el pdf correspondiente al diseño se encuentra en el anexo B.

Así mismo los datos obtenidos de STC y TL de la partición son los siguientes:

**Figura4.20** Datos de STC y TI obtenidos de la nueva partición mediante el programa INSUL.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

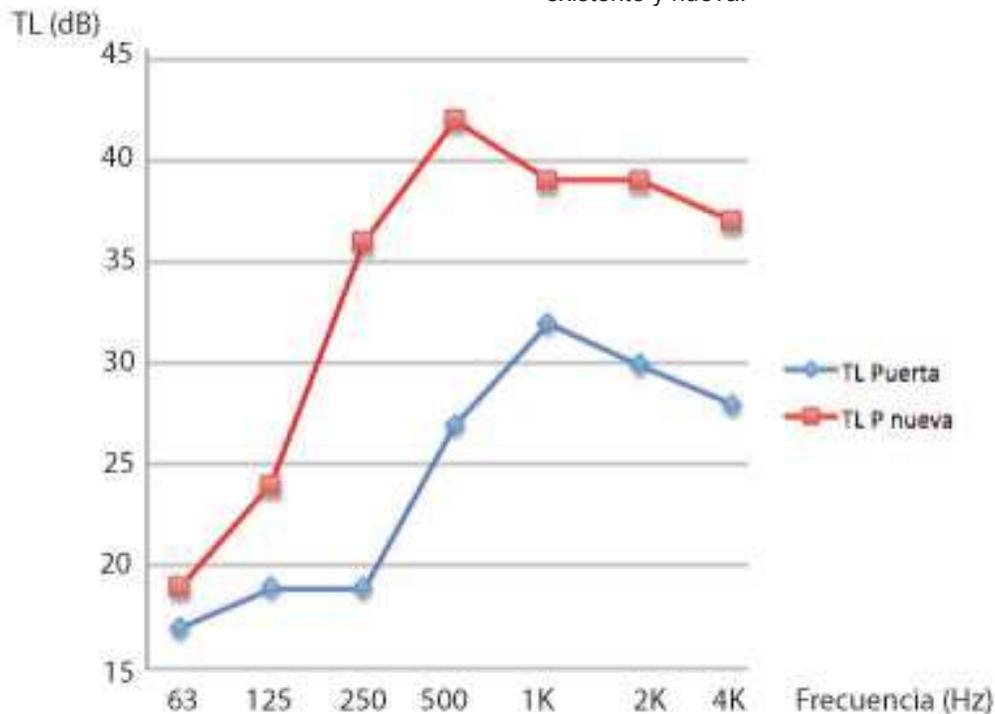
Inmediatamente después de la simulación lo primero que sobresale es el aumento en el valor de STC para esta nueva partición, el nuevo valor de STC es de 39, igualmente los valores correspondientes a cada banda de frecuencia aumentan con respecto a las puertas existentes. Es importante analizar los datos obtenidos con cada una de las particiones, en este caso, hacer una comparación entre las puertas existentes y el nuevo diseño de puertas propuesto.

**Tabla 4.6** Comparación de valores TL de la puerta existente y la nueva.

|                   | 63 Hz | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1 KHz | 2 KHz | 4 KHz |
|-------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| <b>TL Puerta</b>  | 17    | 19     | 19     | 27     | 32    | 30    | 28    |
| <b>TL P nueva</b> | 19    | 24     | 36     | 42     | 39    | 39    | 37    |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Como se puede observar en la tabla la diferencia entre las dos particiones es bastante considerable, por ejemplo existe una diferencia de TL en 250 Hz de 17 dB y 6dB de diferencia en 125 Hz.

**Figura4.21** Comparación de valores TL entre puerta existente y nueva.

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

En la figura 4.21 se ve claramente que la nueva partición diseñada es bastante muy superior a las existentes en los recintos, y además se ve una mejora sustancial en el aislamiento en bajas frecuencias, pero en general la mejora es bastante buena.

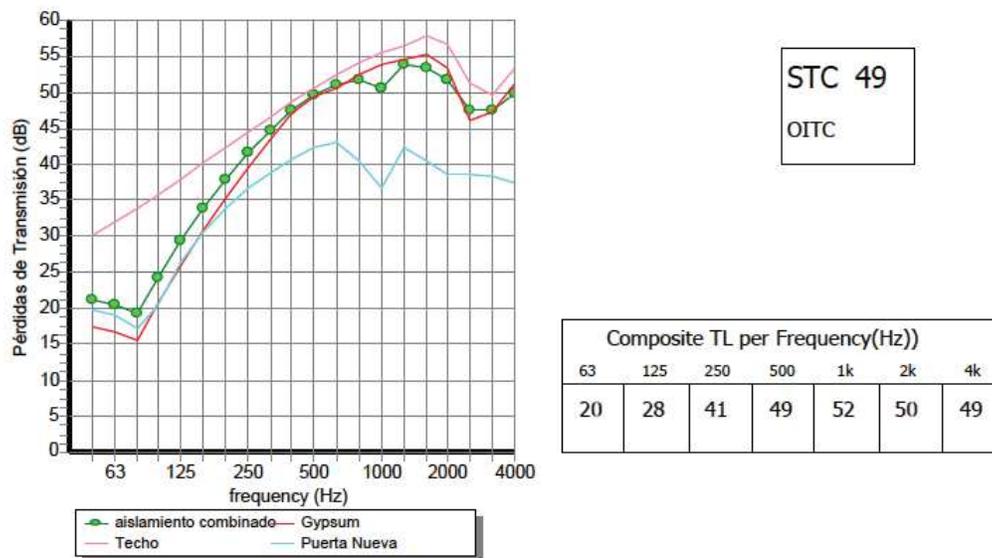
Ahora bien, se realizaron comparaciones solamente entre particiones pero hay que tener en cuenta que este nuevo diseño de puerta tiene que interactuar con las demás particiones dentro de los recintos, es por esto que se realizó en el

INSUL un nuevo Combinado con la nueva estructura (puerta). Obviamente se realizó el proceso de Combinado para los dos distintos tipos de salas. Los archivos pfd de este proceso están en el anexo.

- **Combinado de las salas A y B**

**Figura 4.22** Combinado de aislamiento de las salas pequeñas.

Operación del aislamiento combinado



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

Para un análisis más profundo del aislamiento la siguiente tabla muestra los datos para bandas de tercio de octava.

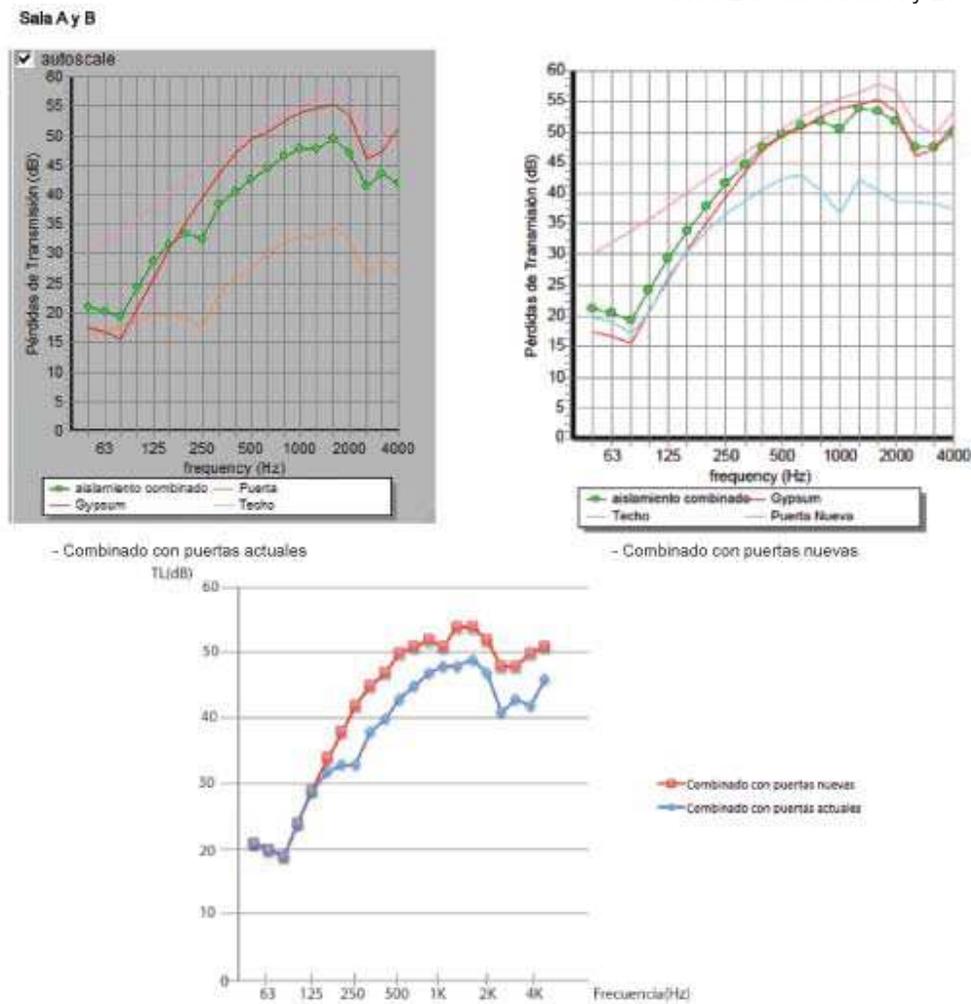
**Tabla 4.7** Valores de TL en bandas de tercio de octava

| Element      | Area | Third Octave Band Centre Frequency (Hz) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |     |    |     |      |    | STC |    |
|--------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|----|-----|------|----|-----|----|
|              |      | 50                                      | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1k | 1k25 | 1k6 | 2k | 2k5 | 3k15 | 4k |     | 5k |
| Gypsum       | 117  | 17                                      | 17 | 16 | 21  | 26  | 31  | 35  | 40  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54 | 55   | 55  | 53 | 46  | 47   | 51 | 55  | 48 |
| Techo        | 174  | 30                                      | 32 | 34 | 36  | 38  | 40  | 42  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54  | 56 | 57   | 58  | 57 | 51  | 50   | 53 | 57  | 53 |
| Puerta Nueva | 8    | 20                                      | 19 | 17 | 20  | 26  | 31  | 34  | 37  | 39  | 41  | 42  | 43  | 41  | 37 | 42   | 40  | 38 | 39  | 38   | 37 | 37  | 39 |
|              | 299  | 21                                      | 20 | 19 | 24  | 29  | 34  | 38  | 42  | 45  | 47  | 50  | 51  | 52  | 51 | 54   | 54  | 52 | 48  | 48   | 50 | 51  | 49 |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

Igualmente que el caso anterior la comparación entre los dos combinados es primordial para determinar cuánto es que el cambio de puertas aportaría al aislamiento global de cada una de estas salas, especialmente cuanto aislamiento aporta a bajas frecuencias, ya que las frecuencias bajas son las más difíciles de aislar o controlar.

**Figura4.23** Comparación gráfica de los combinados de particiones en INSUL de las salas A y B.



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

La línea celeste del gráfico de la derecha representa los nuevos valores de TL con la puerta nueva, si comparamos con la línea naranja del gráfico de la

izquierda se nota una gran diferencia. La nueva puerta aporta positivamente a la mejora de aislamiento general de las salas.

Y para corroborar esta mejora se comparó también en una tabla los valores de TL entre combinados en INSUL.

**Tabla 4.8** Comparación valor por valor de los combinados en INSUL de las salas A y B.

|                                       | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1K | 1K25 | 1K6 | 2K | 2K5 | 3K15 | 4K | 5K | STC |
|---------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|----|-----|------|----|----|-----|
| <b>Combinado con puertas actuales</b> | 21 | 20 | 19 | 24  | 29  | 32  | 33  | 33  | 38  | 40  | 43  | 45  | 47  | 48 | 48   | 49  | 47 | 41  | 43   | 42 | 46 | 44  |
| <b>Combinado con puertas nuevas</b>   | 21 | 20 | 19 | 24  | 29  | 34  | 38  | 42  | 45  | 47  | 50  | 51  | 52  | 51 | 54   | 54  | 52 | 48  | 48   | 50 | 51 | 49  |

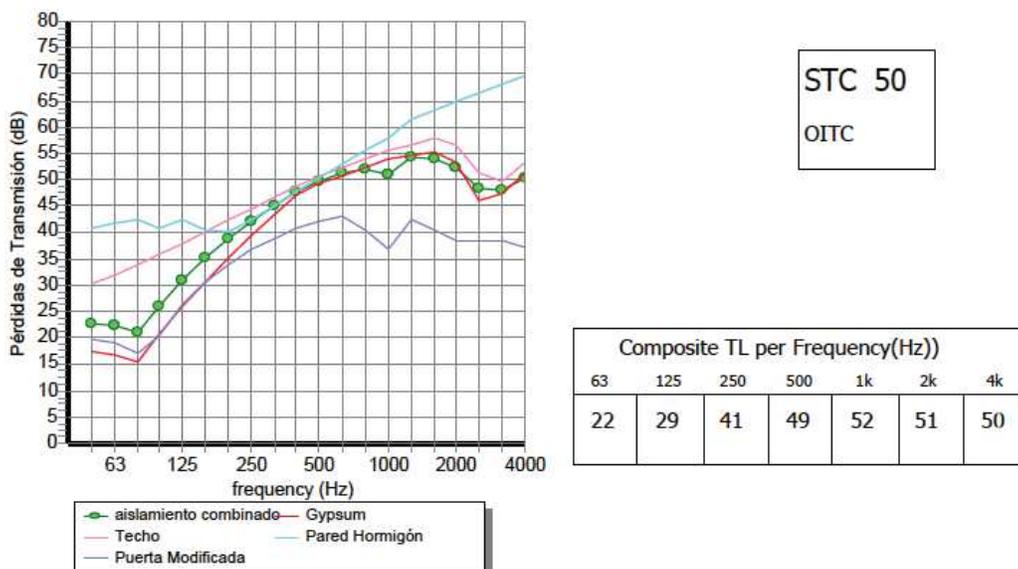
**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

Como se puede observar en la tabla el aislamiento de toda la sala en general aumenta y mejora con respecto a la situación actual de los recintos, sin embargo, esta mejora empieza desde la frecuencia de 160 Hz en adelante. El aumento general de la STC es de 44 a 49, lo cual indica que las nuevas puertas mejoran el aislamiento en general de toda la sala.

- **Combinado sala C**

**Figura 4.24** Combinado de aislamiento de la sala grande.

**Operación del aislamiento combinado**



**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

Para un análisis más profundo del aislamiento la siguiente tabla muestra los datos para bandas de tercio de octava.

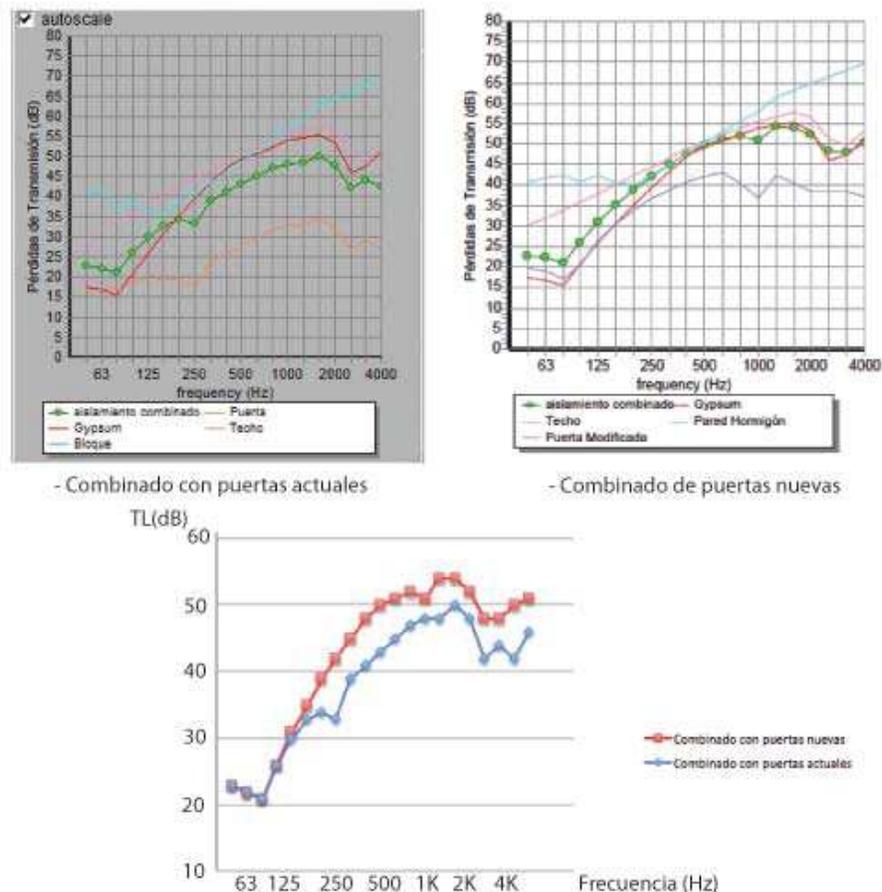
**Tabla 4.9** Valores de TL en bandas de tercio de octava

| Element           | Area | Third Octave Band Centre Frequency (Hz) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |     |    |     |      |    |    |     |
|-------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|----|-----|------|----|----|-----|
|                   |      | 50                                      | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1k | 1k25 | 1k6 | 2k | 2k5 | 3k15 | 4k | 5k | STC |
| Gypsum            | 170  | 17                                      | 17 | 16 | 21  | 26  | 31  | 35  | 40  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54 | 55   | 55  | 53 | 46  | 47   | 51 | 55 | 48  |
| Techo             | 470  | 30                                      | 32 | 34 | 36  | 38  | 40  | 42  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54  | 56 | 57   | 58  | 57 | 51  | 50   | 53 | 57 | 53  |
| Pared Hormigón    | 37   | 41                                      | 42 | 42 | 41  | 43  | 41  | 40  | 43  | 45  | 48  | 50  | 53  | 56  | 58 | 62   | 63  | 65 | 66  | 68   | 70 | 71 | 55  |
| Puerta Modificada | 6    | 20                                      | 19 | 17 | 21  | 26  | 31  | 34  | 37  | 39  | 41  | 42  | 43  | 41  | 37 | 42   | 40  | 38 | 39  | 38   | 37 | 37 | 39  |
|                   | 693  | 23                                      | 22 | 21 | 26  | 31  | 35  | 39  | 42  | 45  | 48  | 50  | 51  | 52  | 51 | 54   | 54  | 52 | 48  | 48   | 50 | 51 | 50  |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

La comparación entre los resultados obtenidos después del nuevo diseño de la puerta con la situación actual es primordial para este caso.

**Figura 4.25** Comparación gráfica de los combinados de particiones en INSUL de las sala C



Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo), hecho en INSUL

**Tabla 4.10** Valores de TL en bandas de tercio de octava

|                                       | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 | 4000 | 5000 | STC |
|---------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <b>Combinado con puertas actuales</b> | 23 | 22 | 21 | 26  | 30  | 33  | 34  | 33  | 39  | 41  | 43  | 45  | 47  | 48   | 48   | 50   | 48   | 42   | 44   | 42   | 46   | 44  |
| <b>Combinado con puertas nuevas</b>   | 23 | 22 | 21 | 26  | 31  | 35  | 39  | 42  | 45  | 48  | 50  | 51  | 52  | 51   | 54   | 54   | 52   | 48   | 48   | 50   | 51   | 50  |

**Fuente:** Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Igual que en el caso anterior de las salas pequeñas se puede ver claramente la mejora en cuanto a aislamiento que brinda la puerta nueva con respecto a la actual. Pero en bajas frecuencias el aislamiento sigue siendo igual, el cambio de TL empieza a partir de la frecuencia centrada de 125 Hz. El aumento en general del STC de esta sala es de 44 a 50, lo que quiere decir que el nuevo diseño de puerta brinda aislamiento al conjunto de particiones del recinto.

## 5 Análisis económico

En este capítulo se presentan los cuadros realizados en Excel, en donde se muestran cantidad, material, costo aproximado y marca de los materiales que se utilizarían en la propuesta de acondicionamiento y aislamiento acústico para los tres recintos de LifeLearning.

El costo de los materiales para acondicionamiento se los obtuvo directamente con un proveedor, mientras que el costo de las puertas especiales diseñadas se las hizo con un local especializado en la construcción de puertas. Todos los proveedores consultados se encuentran en la ciudad de Quito.

Se consultó los materiales para la propuesta por las siguientes empresas proveedoras:

**Akustiko:** Fonoabsorbente conformado Pro 50mm (detalles en anexo)

**EASA:** Trampas de bajo VENUS y Cornefill Cubes (detalles en anexo)

**Consertec:** Puertas

El siguiente cuadro muestra la información de las empresas consultadas:

Tabla 5.1 Información de las empresas consultadas

| Empresa          | Teléfonos                         | Email                   | Página Web   |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|
| <b>Akustiko</b>  | (02) 207 1185 / (09) 946 0233     | info@akustiko.info      | <a href="http://www.akustico.com.ec">www.akustico.com.ec</a> |
| <b>EASA</b>      | 02 3264 472 / 3264 476 / 2810 731 |                         | <a href="http://www.easa-ec.com">www.easa-ec.com</a>         |
| <b>Consertec</b> | 2 2473566                         | consertecsa@hotmail.com | No tiene   |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

Por el hecho de que la construcción de las puertas es un proceso más complicado y detallado lo que se hizo es consultar en la empresa CONSERTEC la cotización de toda la puerta. La puerta posee en su interior FonacBarrier, que es un aislante acústico, además tiene lana de vidrio en la cavidad entre capas de MDF y FonacBarrier.

Tabla 5.2 Cuadro de costos de la propuesta

| Costo aproximado de la propuesta de acondicionamiento acústico |                        |                        |               |                |
|--|------------------------|------------------------|---------------|----------------|
| Material   | Marca                  | Precio Unitario(U.S.D) | Cantidad      | Precio(U.S.D)  |
| Fonoabsorbente Conformado 50mm                                 | FONAC                  | 13,75                  | 144           | 1980           |
| Trampas de bajo VENUS  | AURALEX                | 276                    | 12            | 3312           |
| CornerFill Cube  | AURALEX                | 48                     | 12            | 576            |
|  |                        |                        | <b>Total</b>  | <b>5868</b>    |
| Costo aproximado de la propuesta de aislamiento acústico       |                        |                        |               |                |
| Artículo   | Precio Unitario(U.S.D) | Cantidad               | Precio(U.S.D) |                |
| Puerta Diseñada  | 1103,20                | 8                      | <b>8825,6</b> |                |
| Costo aproximado total de la propuesta                         |                        |                        |               |                |
|  |                        |                        | <b>Total</b>  | <b>14693,6</b> |

Fuente: Autor (Juan Pablo Hidalgo)

## 6 Conclusiones

- El acondicionamiento acústico se contempló considerando una asistencia promedio durante todo un año de actividades, debido a que la asistencia varía dentro de los recintos. El sistema está diseñado para que el recinto se comporte correctamente dentro de un rango de personas al interior de las salas. Sabiendo esto el rango para el cual el sistema funciona es el siguiente: para las salas pequeñas A y B se contemplaría un rango de personas de 14 a 39, y para la sala C de 30 a 85. Estos valores corresponden a la situación en donde existen personas de pie y asientos tapizados, para el caso de tener a las personas sentadas estos rangos se incrementan a: las salas A y B un rango de personas de 28 a 68, y para la sala C de 70 a 160 personas.
- Al momento de realizar las mediciones de tiempo de reverberación con el software y con Sabine se obtuvieron valores de RTmid de 1.2 seg para las salas A y B, y un RTmid de 1.3 seg en la sala C. Tras realizar el diseño de acondicionamiento acústico de llegó a valores de 0.8 seg para las salas A y B, y de 0.84 seg para la sala C.
- Teniendo en cuenta el rango de número de personas para el cual la propuesta funciona y también sabiendo que es crítico el control para bajas frecuencias, entonces, para el máximo de personas la absorción en bajas frecuencias mejora con respecto al promedio de asistentes y mínimo de asistentes posibles, y los valores de RTmid se mantienen en el rango recomendado de tiempo de reverberación.
- El hecho de tener las salas una geometría un tanto peculiar como son las pirámides invertidas en los techos, y usando el SpectraPlus como herramienta de medición de tiempo de reverberación, este T60 depende de la posición en la que se realizó la medición. En los lugares en donde la posición del micrófono estaba debajo de las pirámides, los tiempos de reverberación eran mayores que en otras posiciones en donde la altura

es más baja, por lo que los paneles absorbentes se proponen colocar en mayor cantidad en los techos que en las paredes.

- Como en cualquier lugar la inteligibilidad de la palabra depende totalmente de la cantidad de personas interactuando y de la manera de enviar un mensaje, entonces, mientras más gente exista en los recintos y correctamente direccionado el mensaje, mejor va a ser la inteligibilidad de la palabra.
- Al momento de empezar a realizar la propuesta el material absorbente en paredes y techos no lograban una correcta absorción para bajas frecuencias, por lo que se decidió proponer la colocación de trampas de bajos en las esquinas, con lo cual los valores de absorción en bajas frecuencias mejoraron bastante.
- Las salas de LifeLearning tienen el defecto de que las puertas no son las correctas, y tampoco están bien instaladas ni selladas. Este defecto de construcción hay que corregirlo, por lo que en la propuesta de aislamiento se considera la simulación de nuevas puertas. En la simulación los resultados obtenidos mejoran considerablemente el aislamiento de los recintos. Los valores de STC combinado de las particiones existentes fueron simulados en INSUL, estos fueron de  $STC=44$  para todas las salas. Luego se simuló puertas que llegaron a un  $STC=39$ , un aumento en 10 de la STC de puertas existentes. Con este nuevo STC en puertas se simuló un combinado para cada sala, para las salas pequeñas se logró un valor de  $STC=49$ , y para la sala grande un valor de  $STC=50$ .
- Inicialmente la propuesta iba enfocada hacia proponer un aislamiento acústico para todas las paredes de los recintos, sin embargo, tras realizar simulaciones considerando una cámara de aire y luego otra capa de gypsum para las paredes, los resultados no brindaban mejoras

considerables, por lo que se decidió solamente proponer el aislamiento en puertas.

## 7 Recomendaciones

- Para propósitos de buena comprensión del mensaje en las salas, hay que tener un especial cuidado en la cadena electroacústica que se vaya a utilizar. No está de más decir que todos los aparatos electrónicos que se utilicen deben ser de buena calidad y estar correctamente instalados. Se recomienda que los parlantes se coloque en las esquinas, ya que los cálculos de inteligibilidad de la palabra se la realizó suponiendo este escenario.
- Todas las instalaciones de las puertas deben ser muy precisas para que los sellos propuestos funcionen, ya que de poco sirve tener una excelente puertas si existen fugas por donde el sonido pase fácilmente.
- En caso de haber la posibilidad de realizar otros trabajos de aislamiento se podría hacer mejoras en las paredes que dan hacia las otras salas o pasillos, y si existe bastante presupuesto mejorar cada una de las paredes de los recintos.
- Con propósito de que la inteligibilidad de la palabra sea buena, los niveles que brindan los parlantes debe ser el óptimo para que el mensaje llegue a cada lugar dentro de las salas.

## 8 Bibliografía

### Libros

- CARRION Isbert, Antoni. Diseño Acústico de espacios Arquitectónicos. Barcelona: UPC, 2006.
- RECUERO López, Manuel. Acústica de Estudios para Grabación Sonora. Madrid: IORTV, 1993.
- HARRIS Cyril. Manual de medidas Acústicas y Control de Ruido. Madrid.
- MIYARA Federico. Acústica y Sistemas de Sonido. Colombia: Fundación Decibel, 2004.
- EVEREST, F Alton. Master Handbook of acoustics. New York: Mc Graw-Hill, 2001.

### Apuntes

- Clases de Acústica Arquitectónica
- Clases de Aislamiento Acústico

### Páginas Web

- [www.auralex.com](http://www.auralex.com)
- [www.akustiko.com.ec](http://www.akustiko.com.ec)
- [www.sonoflex.com](http://www.sonoflex.com)
- <http://www.fiberglasscolombia.com/>
- <http://edu.iccm.es/ies/losolmos/TECNOLOGIA/Tecno/Trabajos3%BA/MaterialesConstruccion/CeramicasYvidrios/lanadevidrio.html>
- <http://www.elaireacondicionado.com/noticias/knauf-insulation-gana-el-dubo-award-con-su-lana-mineral-natural.611.html>
- <http://www.cemigest.es/productos1.htm>
- <http://www.directindustry.es/prod/pinta/paneles-acusticos-de-espuma-polieter-22406-519442.html>

## **ANEXOS**

## - Parlante JBL EON15P-1



# EON15P-1 Powered Speaker System

### Application:

Live sound reinforcement, speech, vocals, and music playback in entertainment, A/V, and institutional venues – especially when ease of use, audio quality and portability are important factors.

Amplification and monitoring for electronic musical instruments.

### Key Features:

- ▶ 15" Differential Drive® low-frequency driver with neodymium magnet for light weight and reduced distortion.
- ▶ 1" (throat diameter) JBL compression driver with 1.75" titanium diaphragm and ferro-fluid cooling.
- ▶ Internally Bi-amplified – 130 watts low frequency and 50 watts hi-frequency (bi-amplified) – actual power delivered to the drivers.
- ▶ Balanced, Mic/Line switchable, XLR input.
- ▶ Loop-through XLR output. "Daisy-chain" additional EON speakers.
- ▶ 90° x 60° (nominal) constant directivity horn.
- ▶ Thermomaster® Total Thermal Management System\*. A single piece, cast-aluminum baffle integrates the woofer frame, horn, and amplifier heat sink. Air movement in the finned ports dissipates heat – no internal or external cooling fans are required.
- ▶ Rugged, lightweight (47 lbs.), co-polymer enclosure.
- ▶ Integral 35 mm pole mount receptacle with securing thumbscrew.
- ▶ Multi-angle enclosure for front of house or stage monitor application.
- ▶ Integral attachment points for optional JBL and third-party mounting brackets.

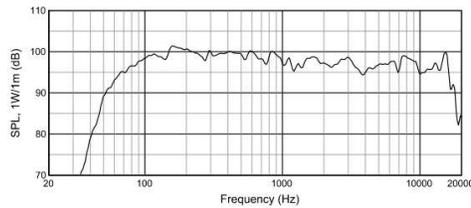


### Specifications

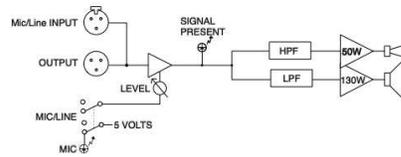
|                         |   |
|-------------------------|---|
| Freq. Range (-10 dB):   | 47 Hz - 18 kHz  |
| Freq. Response (±3 dB): | 65 Hz - 16 kHz  |
| Horz. Coverage (-6 dB): | 90° Nominal   |
| Vert. Coverage (-6 dB): | 60° Nominal   |
| Rated Maximum SPL:      | 127 dB, @ 1 m (3.3 ft)  |
| Dimensions (H x W x D): | 686 mm x 430 mm x 444 mm<br>(27 in x 17 in x 17.5 in)   |
| Net Weight:             | 21 kg (47 lbs)  |
| LF Driver:              | Integral frame with 15" (380 mm) driver, neodymium magnet, 2" Differential Drive voice coil.  |
| HF Driver:              | JBL 2418H-1 1" (throat diameter) compression driver with 1.75" diameter titanium diaphragm. Ferro-fluid cooled.                               |
| Amplifier Power LF:     | 130 watts @ low-frequency driver impedance, <1% THD.  |
| Amplifier Power HF:     | 50 watts @ high-frequency driver impedance, <1% THD.  |
| Input Sensitivity:      | -55 dBu to -2 dBu for rated output (Mic/Line switch in MIC position)<br>+9 dBu to +26 dBu for rated output (Mic/Line switch in LINE position) |
| Enclosure Material:     | Aluminum baffle, gray co-polymer enclosure and protective bezel   |
| Audio Connectors:       |   |
| Input                   | XLR/F, balanced   |
| LoopOut                 | XLR/M, balanced   |
| Crossover Freq.:        | 1.5 kHz.  |
| AC Input:               | Switchable 115 - 230 VAC (±10%), 50 - 60 Hz., 175 watts rating per UL, detachable IEC (male) power connector.                                 |

▶ EON15P-1 Powered Speaker System

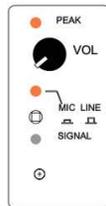
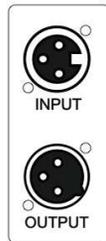
On Axis Frequency Response



Block Diagram



Audio Panel



Available Accessories

- SS2-BK Tripod Stand
- ESK15 Suspension Kit for EON 15" models
- BRK15 Bracket, adapts EON 15" models to OmniMount® brackets
- EON15 BAG Zippered, plush-lined Cordura® carrying bag
- EON15WB Zippered, plush-lined Cordura® carrying bag with wheels

*JBL continually engages in research related to product improvement. New materials, production methods, and design refinements are introduced into existing products without notice as a routine expression of that philosophy. For this reason, any current JBL product may differ in some respect from its published description, but will always equal or exceed the original design specifications unless otherwise stated.*

©Copyright 2001 JBL Professional



JBL Professional  
 8500 Balboa Boulevard, P.O. Box 2200  
 Northridge, California 91329 U.S.A.  
 A Harman International Company

SSEON15P-1  
 CRP 15M  
 7/01

- Interfaz FastTrack Pro

**M-AUDIO**

## **FAST TRACK PRO**

Interfaz Audio/MIDI USB portátil con 4 x 4 entradas/salidas  
y preamplificadores



**Manual del usuario**  
**Español**

## 1 > Introducción

Gracias por haber elegido Fast Track Pro de M-Audio. Fast Track Pro ha sido diseñada para proporcionar una interfaz audio y MIDI profesional y portátil para cualquier computadora, Mac o Windows, tanto portátil como de sobremesa. Gracias a la comodidad y fiabilidad del bus USB, Fast Track Pro provee a su computadora de una interfaz de audio excepcionalmente flexible que ofrece unas posibilidades de direccionamiento y versatilidad sin igual, además de soportar resoluciones de hasta 24 bits y frecuencias de muestreo de hasta 96kHz. Fast Track Pro también proporciona 16 canales MIDI de entrada/salida. Todo ello en una unidad portátil de diseño impecable, resistente y ligero. Se conecta a su computadora mediante un único cable USB. No necesita instalar ninguna tarjeta, ni usar herramientas o una aparatosa fuente de alimentación externa.

Fast Track Pro ha sido especialmente diseñada para los entusiastas del home studio y del estudio portátil. Esta sencilla interfaz digital de excelente sonido dispone de dos previos de micrófono/instrumento de alta calidad. Las entradas de tipo combo XLR/TRS del panel frontal aceptan señales balanceadas o no balanceadas con nivel de línea o instrumento, y disponen de alimentación phantom conmutable y de atenuadores individuales de -20 dB. El panel trasero dispone de puntos de inserción para las entradas 1 y 2, dos salidas analógicas balanceadas en TRS y cuatro conectores RCA no balanceados, aparte de entrada y salida específicas para S/PDIF, por lo que en total, ofrece cuatro entradas y cuatro salidas.

El panel frontal permite una monitorización sencilla, gracias a los siguientes controles: control de mezcla de entrada/reproducción, conmutador mono, control de nivel específico para los auriculares y conmutador de selección de fuente de señal para los auriculares. Los indicadores de señal, de distorsión digital, de alimentación phantom y los LEDs de entrada y salida MIDI hacen de Fast Track Pro una solución perfecta para los expertos y neófitos en grabación con computadora.

Incluso si es usted un músico experto en grabación digital, dedique algún tiempo a leer este manual de instrucciones y familiarizarse con las características y el funcionamiento de Fast Track Pro. También puede consultar la documentación de su software de audio para más información acerca de la integración de las características de Fast Track Pro y su programa. Un buen conocimiento del software de audio le permitirá experimentar y disfrutar mucho más de Fast Track Pro.

## 2 > ¿Qué hay dentro de la caja?

La caja de Fast Track Pro contiene los siguientes elementos:

- Interfaz portátil de grabación Fast Track Pro
- CD-ROM con controladores y Manual de usuario en formato PDF
- La Guía de inicio rápido (impresa)
- CD-ROM con el software Ableton Live Lite™ 4.0, GT Player Express, loops de batería ProSessions y muestras de batería en formato MP3
- Cable USB de 1,80 m

## 3 > Características de Fast Track Pro

- Dos entradas de tipo combo XLR/TRS en el panel frontal que aceptan señales balanceadas o no balanceadas con nivel de micro, línea o instrumento, con conmutadores individuales de nivel de instrumento/línea y atenuadores de -20 dB.
- Dos salidas balanceadas/no balanceadas en conectores jack TRS
- Dos puntos de inserción en conectores jack TRS
- Cuatro salidas no balanceadas en conectores RCA
- E/S digital S/PDIF en conectores coaxiales
- Indicadores de señal y distorsión para las entradas 1 y 2
- Dos controles de señal de entrada para los previos de micrófono
- Soporte para frecuencias de muestreo de hasta 96kHz con resolución de 24 bits
- Funcionamiento autónomo como convertidor A/D de 24 bits/44.1kHz
- Entrada y salida MIDI con indicador de actividad de E/S MIDI en el panel frontal
- LED indicador de encendido
- Conmutador de alimentación phantom con LED indicador
- Conmutador mono para la monitorización de entrada
- Control de mezcla de entrada/reproducción para la monitorización de entrada
- Control del nivel de salida
- Conmutador A/B para la selección de fuente de señal para auriculares
- control de nivel de auriculares
- Salida frontal para auriculares
- Control del nivel de salida
- Sistema de seguridad Kensington Lock en el panel trasero
- Controladores compatibles con WDM/MME (Windows XP), CoreAudio (MacOS X (v10.3.9 o posterior), y ASIO2.

## M-AUDIO

## 4 &gt; Requisitos mínimos del sistema

## Sistemas operativos

**Windows**

Fast Track Pro únicamente es compatible con Windows XP y Service Pack 2 o superior. No es compatible con Windows 2000, Windows 98 ni Windows ME. Visite las páginas de actualización de Windows y compruebe que su equipo dispone de las actualizaciones más recientes publicadas por Microsoft.

**Mac**

En entorno Mac, Fast Track Pro es compatible con Mac OS X versión 10.3.9, 10.4.2 o superior. Las versiones anteriores de los sistemas operativos Macintosh no son compatibles con Fast Track Pro.

## Hardware

**Windows**

- Pentium 3 – 500MHz (puede que las computadoras portátiles requieran velocidades superiores)
  - 256MB RAM
  - DirectX 9.0c o superior
  - Windows XP (SP2)
- (No es compatible con Windows 98, 98SE, Me o NT)

**Mac**

- Macintosh G3\*\* 600MHz o G4\*\* 667MHz (puede que las computadoras portátiles requieran velocidades superiores)
- 256 MB de RAM
- OS X 10.3.9 o posterior (no es compatible con las versiones anteriores de los sistemas operativos Macintosh)

\* Le sugerimos que también compruebe los requisitos mínimos del sistema para su software, ya que podrían ser superiores a los requeridos para la interfaz.

\*\* incompatible con tarjetas aceleradoras G3/G4; requiere puerto USB nativo

## 5 &gt; Controles y conectores

## Panel frontal

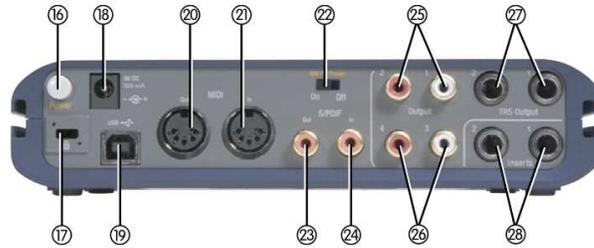


1. **LEDs indicadores de señal (Signal)** – El LED Signal se ilumina al detectar una señal de entrada de  $-24\text{dBFS}$ .
2. **LEDs indicadores de distorsión (Clip)** – El LED Clip se ilumina si la señal de entrada alcanza el valor de  $-1\text{dBFS}$ . Si el LED de distorsión se ilumina a menudo o permanece iluminado un cierto tiempo, reduzca el nivel de ganancia de entrada para ese canal.
3. **Control de ganancia de entrada (GAIN)** – Este potenciómetro controla el nivel de la entrada de micrófono o instrumento (6) asociada. El rango de ganancia es superior a 40 dB.

4. **Botón selector de Instrumento/Línea (Inst/Line)** – Este botón selecciona el nivel de entrada de los conectores traseros de 1/4". Si no está pulsado, las entradas aceptan señales de instrumento (como las de un bajo o guitarra), y si está pulsado aceptan señales de línea (como las de un teclado o caja de ritmos). Por favor, observe que el nivel de entrada del conector XLR no se ve afectado por este conmutador.
5. **Botón atenuador (Pad)** – Si este conmutador se encuentra en la posición "hacia adentro", la señal sufre una atenuación de 20dB, por lo que el nivel de la señal de entrada se reduce. Use este atenuador si el nivel de entrada de la señal analógica es demasiado alto (como apreciará en el LED de distorsión (2)), incluso si el nivel de ganancia de entrada (3) está en su posición mínima o cerca de ella.
6. **Entradas para Micrófono/Instrumento (Mic/Inst)** – Estos conectores Neutrik híbridos aceptan señales de baja impedancia con nivel de micrófono (con una conexión balanceada TRS o XLR estándar de tres pins), o señales de alta impedancia con nivel de instrumento (con una conexión TS de 1/4" no balanceada).
7. **Botón Estéreo/Mono (Stereo/Mono)** – Este botón conmuta entre mono y estéreo la monitorización directa de entrada. En modo Mono, las entradas se escucharán por igual en los auriculares izquierdo y derecho. En modo Estéreo, la entrada 1 se escuchará por la izquierda y la entrada 2 por la derecha.
8. **LEDs indicadores de entrada/salida MIDI (MIDI In/MIDI Out)** – Estos LEDs muestran la actividad MIDI de entrada y salida. Se iluminan al detectarse actividad MIDI en los conectores MIDI Out (20) o MIDI In (21) del panel trasero.
9. **Control de mezcla de nivel de entrada/reproducción (Mix IN, PB)** – Este control regula el envío de audio a las salidas de línea. Para ello, hace un fundido cruzado entre las señales de entrada (monitorización de entrada) y la señal de salida de la aplicación de audio. Si está girado totalmente a la izquierda (posición IN), en las salidas de línea sólo se escucharán las señales de entrada. Si está girado totalmente a la derecha (posición PB), en las salidas de línea sólo se escucharán las señales que provengan de su aplicación de audio.
10. **Control de nivel de salida (Output Level)** – Este control determina el nivel de señal de las salidas de línea. Este control es independiente del control rotatorio Level (14).
11. **Botón de selección de monitorización (A/B)** – Este conmutador selecciona la fuente de señal que se envía al control Level (14). En la posición A (hacia fuera), a los auriculares se envía la señal de salida de línea principal. En la posición B (hacia dentro), a los auriculares se envía la señal asignada a la salida S/PDIF.
12. **LED indicador de alimentación phantom (48V)** – Si el conmutador de alimentación phantom (22) del panel trasero está activado, este LED se ilumina para indicar la presencia de alimentación phantom (+48V) en las entradas XLR del panel frontal.
13. **LED indicador de encendido (Power)** – Este LED se ilumina si el interruptor de encendido (16) está activado y la unidad recibe alimentación a través del bus USB de la computadora o de la fuente de alimentación externa (opcional).
14. **Control de nivel de auriculares (Level)** – Este control regula el nivel de salida de los auriculares (15). Es independiente del control de nivel de salida principal (10).
15. **Salida de auriculares** – Salida para auriculares en conector jack TRS estéreo de 1/4". El control Level (14) determina el nivel de salida, y el botón A/B (11) selecciona la fuente.

M-AUDIO

Panel trasero

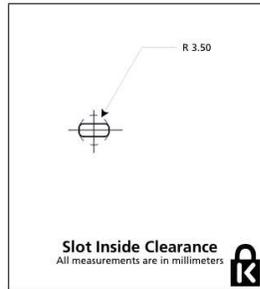
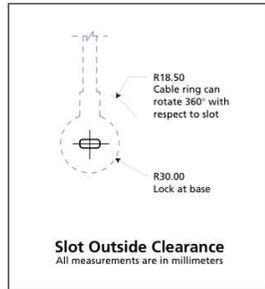
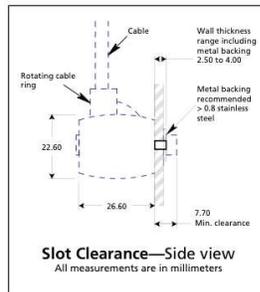
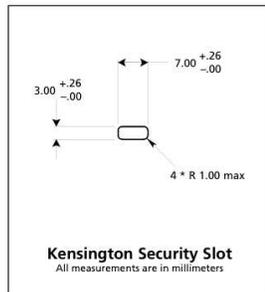


- 16. **Botón de encendido (Power)** – Para alimentar Fast Track Pro, pulse este botón. El LED Power (13) del panel frontal debería iluminarse. Para ello, la unidad tiene que estar conectada a un bus USB de una computadora encendida o a la fuente de alimentación externa opcional.
- 17. **Puerto de bloqueo Kensington** - Este conector es compatible con los cables de seguridad Kensington®, ideados para evitar el robo de su dispositivo.

**KENSINGTON** Security Slot Specifications

**Lock Clearance Specifications and Electrical Considerations**  
 The Notebook MicroSaver has an interference volume inside the computer equipment it secures. There should not be any electrical components adjacent to the slot, and the MicroSaver product should never be in contact with any electrical components.

**Notes:**  
 1. Interpret dimensions and tolerances per ASME Y14.5M-1994.  
 2. All indicated dimensions are in millimeters. Indicated volume to be left free and clear of obstructions. Cable ring can rotate 360 degrees with respect to hole.



18. **Conector para la fuente de alimentación (9V CC 500 mA)** – Para usar Fast Track Pro como un convertidor A/D de 24 bits autónomo, conecte aquí la fuente de alimentación opcional de 9V CC 500mA. Utilice la fuente de alimentación opcional para alimentar Fast Track Pro.
  19. **Entrada USB (USB)** – Conecte un extremo de un cable USB estándar a este puerto y el otro extremo a su computadora.
  20. **Salida MIDI (MIDI Out)** – Conecte esta salida a la entrada MIDI de su controlador o de cualquier otro dispositivo MIDI.
  21. **Entrada MIDI (MIDI In)** – Conecte esta entrada a la salida MIDI de su controlador o de cualquier otro dispositivo MIDI.
  22. **Interruptor de alimentación phantom (48V PH Power)** – Al activar este interruptor, se envía alimentación phantom de 48V a las entradas XLR del panel frontal para poder usar micrófonos de condensador que requieran alimentación externa.
  23. **Salida S/PDIF (S/PDIF Out)** – Salida digital en conector coaxial (de tipo RCA). La salida S/PDIF se activa seleccionando las salidas 3 y 4 en el Panel de control (vea la sección 7). La señal de salida S/PDIF se envía por duplicado a las salidas 3 y 4 (26). Esta salida permite el paso de formatos surround codificados, como AC-3 o DTS.
- NOTA: Al transmitir señales codificadas AC-3 o DTS por esta salida, se silenciarán todas las entradas y salidas analógicas.**
24. **Entrada S/PDIF (S/PDIF In)** – Entrada digital en conector coaxial (de tipo RCA). Esta entrada acepta señales digitales de cualquier frecuencia de muestreo compatible.
  25. **Salidas no balanceadas 1 y 2 (Outputs 1/2)** – Son salidas no balanceadas en conectores de tipo RCA. La señal de estas salidas es la misma que la de las salidas TRS 1 y 2 (27).
  26. **Salidas no balanceadas 3 y 4 (Outputs 3/4)** – Son salidas no balanceadas en conectores de tipo RCA. La señal de estas salidas es la misma que la de las salidas S/PDIF (23), y para activarla hay que seleccionar las salidas 3 y 4 en el Panel de control (consulte la sección 7).
  27. **Salidas balanceadas 1 y 2 (TRS Outputs 1/2)** – Son conectores jack TRS balanceados de 1/4". La señal de estas salidas la determinan los controles de nivel de salida (10) y de mezcla de nivel de entrada/reproducción, situados en el panel frontal.
  28. **Puntos de inserción 1 y 2 (Insert 1 / Insert 2)** – Estos jacks TRS de 1/4" están diseñados para conectar un efecto analógico externo (compresor/limitador, delay, reverb, etc.) después del previo y antes del convertidor A/D. Sólo están activos si hay un conector insertado. Si no lo hay, los puntos de inserción no están activos. El conector TRS está configurado de la siguiente manera: Tip (punta) = Send (envío); Ring (anillo) = Return (retorno); Sleeve (malla) = Ground (tierra).

## 6 › Conexiones de hardware

- Conecte las salidas balanceadas 1 y 2 de Fast Track Pro a su amplificador, monitores activos o mezclador.
- Conecte su unidad externa de efectos o procesador de dinámica a los conectores Insert 1 e Insert 2 de Fast Track Pro. Para ello debe utilizar un cable en Y pensado para inserciones (TRS balanceado a dos jacks mono de 1/4").
- Conecte su equipo digital con puerto S/PDIF (DAT o grabador de CD, etc.) a las conexiones digitales S/PDIF de entrada y salida de Fast Track Pro. (NOTA: La salida S/PDIF sólo está activa si las salidas 3 y 4 están activadas en el Panel de control).
- Conecte sus auriculares a la toma frontal de auriculares de Fast Track Pro.
- Conecte un micrófono (mediante un conector XLR o TRS/TS) o un instrumento (únicamente mediante un conector TRS/TS), como por ejemplo una guitarra o bajo, a la entrada frontal Mic/Inst de los canales 1 y 2. Si utiliza un conector de 1/4", asegúrese de ajustar el botón Inst/Line al nivel de entrada adecuado.
- Conecte la salida MIDI de su dispositivo MIDI a la entrada MIDI de Fast Track Pro.
- Conecte la entrada MIDI de su dispositivo MIDI a la salida MIDI de Fast Track Pro.

## M-AUDIO

## 12 &gt; Especificaciones del producto

| Especificaciones de la interfaz de audio digital   | Frecuencia de muestreo 48kHz (salvo indicación contraria)   |
|--|---|
| <b>Entradas de micro (A/D)</b><br>Impedancia de entrada<br>Nivel de entrada máximo<br>Diafonía canal-a-canal<br>Relación señal/ruido<br>Rango dinámico<br>THD+N<br>Respuesta en frecuencia<br>Ganancia de preamplificador<br>Pad | 2.7k Ohmios no balanceada, 5.4k Ohmios balanceada<br>de +24dBu con ganancia mínima y atenuación a -40dBu con ganancia máxima y sin atenuación<br>< -110dB<br>-101dB (ponderación A)<br>101dB (ponderación A)<br>0.005% (-86dB) a -1dBFS, 1kHz<br>20Hz a 20kHz, +/- 0,1dB<br>> 40dB<br>atenuador de 20 dB                            |
| <b>Entradas de instrumento (A/D)</b><br>Impedancia de entrada<br>Nivel de entrada máximo<br>Relación señal/ruido<br>Rango dinámico<br>THD+N<br>Respuesta en frecuencia<br>Ganancia de preamplificador<br>Pad                     | > 220k Ohmios, no balanceada<br>de +22dBV con ganancia mínima y atenuación a -42dBV con ganancia máxima y sin atenuación<br>-100dB (ponderación A)<br>100dB (ponderación A)<br>0.005% (-86dB) a -1dBFS, 1kHz<br>20Hz a 20kHz, +/- 0,1dB a frecuencia de muestreo de 48kHz<br>> 40dB<br>atenuador de 20 dB                           |
| <b>Entradas de línea (A/D)</b><br>Impedancia de entrada<br>Nivel de entrada máximo<br>Diafonía canal-a-canal<br>Relación señal/ruido<br>Rango dinámico<br>THD+N<br>Respuesta en frecuencia<br>Pad                                | 20k ohmios balanceada y no balanceada<br>+4.1dBu balanceada / +1.9dBV no balanceada<br>< -110dB<br>-101dB (ponderación A)<br>101dB (ponderación A)<br>0.005% (-86dB) a -1dBFS, 1kHz<br>20Hz a 20kHz, +/- 0,1dB a frecuencia de muestreo de 48kHz<br>20Hz a 40kHz, +/- 0,1dB a frecuencia de muestreo de 96kHz<br>atenuador de 20 dB |
| <b>Entradas del punto de inserción (Análogicas)</b><br>Nivel de envío máximo<br>Nivel de retorno máximo<br>THD+N<br>Respuesta en frecuencia  | +6dBV (no balanceada)<br>+6dBV (no balanceada)<br>0,00281% (-91dB) a -1dB del nivel máximo, 1kHz<br>20Hz a 40kHz, +/- 0,1dB   |
| <b>Salidas de línea (D/A)</b><br>Impedancia de salida<br>Nivel de salida máximo<br>Diafonía canal-a-canal<br>Relación señal/ruido<br>Rango dinámico<br>THD+N<br>Respuesta en frecuencia  | 150 Ohmios no balanceada, 300 Ohmios balanceada<br>+1,8dBV, no balanceada<br>+10,1dBu, balanceada<br>< -108dB<br>-103 dB (ponderación A)<br>103 dB (ponderación A)<br>0,005% (-86dB) @ -1dBFS, 1kHz<br>20Hz-20kHz, +/- 0,3dB a una frecuencia de muestreo de 48kHz<br>20Hz-40kHz, +/- 0,5dB a una frecuencia de muestreo de 96kHz   |
| <b>Salida auriculares (D/A)</b><br>Nivel de salida máximo<br>Rango de trabajo  | -2,5dBV con THD < 0,05% a 32 Ohmios<br>32 a 600 Ohmios  |

051214\_FTPro\_UG\_ES01

- **Micrófono de medición dBx RTA-M**



The optional RTA-M real time audio analyzing microphone is the perfect accessory tool for the DriveRack PA, DriveRack PA+ and 260. Used in conjunction with the System Setup Wizard and Auto EQ Wizard the RTA-M is ideal for optimizing the sound quality of even the most difficult of acoustic environments.

The RTA-M is an omni-directional, flat frequency measurement microphone specially designed for the DriveRack series to pick up all frequencies from 20 Hz to 20 kHz, ensuring accurate “pinking”/real-time analysis of your audio. It runs on phantom power (supplied by the DriveRack units) and comes with a clip and case.

### **Specifications**

- Polar Pattern: omni-directional
- Element: back electret-Condenser
- Frequency Response: 20 Hz – 20 kHz
- Impedance: 250 30% (at 1,000Hz)
- Sensitivity: -63 dB +-3 dB ( 0 dB=1V/ microbar 1,000 Hz indicated by open circuit )
- Operating Voltage: phantom power 9V-52VDC

## Predicción de aislamiento acústico de las particiones actuales

### - Gypsum

Predicción del aislamiento acústico (v6.3)

MARSHALL DAY  
Acoustics

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

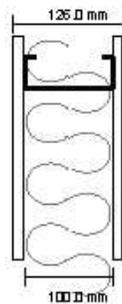
Informe N°:

Página N°:

Fecha: 29 jun 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del archivo:



STC 48

OITC 32

#### Descripción del sistema

Panel 1: Capa externa: 1 x 12.5 mm Normal 12.5 ( $\rho=9.6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=2712 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\alpha=0.01$ )

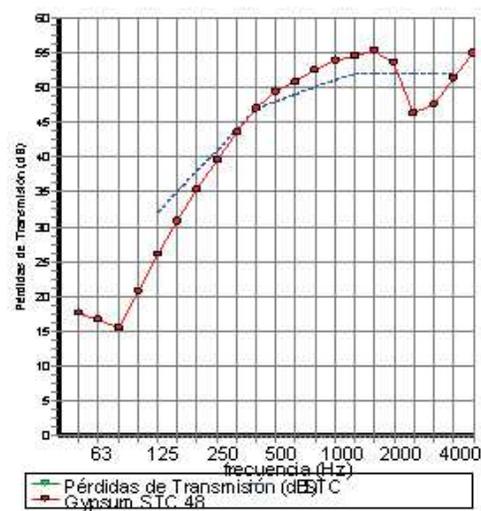
Caulada: Fijación de acero @ 600 mm, Relevo: Fibra de Vidrio (10 kg/m<sup>3</sup>) Espesor: 100 mm

Panel 2: Capa interna: 1 x 12.5 mm Normal 12.5 ( $\rho=9.6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=2712 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\alpha=0.01$ )

Frecuencia de resonancia: Masa-aire-masa = 87 Hz

Tamaño del panel: 1.9x2.1 m

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 17     |        |
| 63              | 17     | 17     |
| 80              | 16     |        |
| 100             | 21     |        |
| 125             | 26     | 24     |
| 160             | 31     |        |
| 200             | 35     |        |
| 250             | 40     | 38     |
| 315             | 44     |        |
| 400             | 47     |        |
| 500             | 49     | 49     |
| 630             | 51     |        |
| 800             | 52     |        |
| 1000            | 54     | 54     |
| 1250            | 55     |        |
| 1600            | 55     |        |
| 2000            | 53     | 50     |
| 2500            | 46     |        |
| 3150            | 47     |        |
| 4000            | 51     | 50     |
| 5000            | 55     |        |



## - Cielorraso

Predicción del aislamiento acústico (v6.3)

MARSHALL DAY  
Acoustics

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

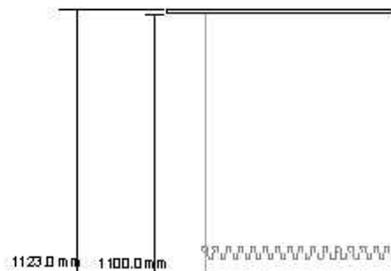
Informe N°:

Página N°:

Fecha: 29 jun 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del archivo:



STC 53

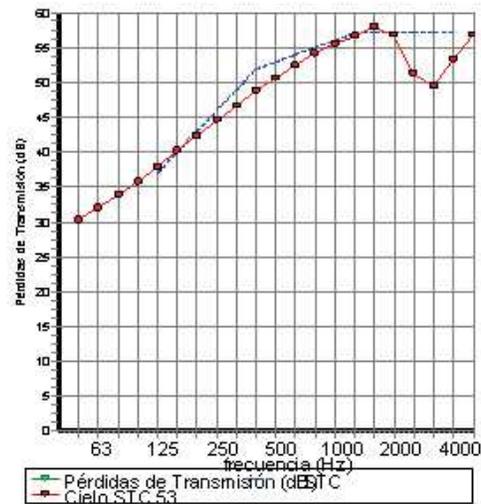
OITC 46

**Descripción del sistema**Panel 1 Capa externa: 1 x 100 mm Fibrocelemento ( $\rho=15.6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=3000 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\alpha=0.01$ )Cavidad: Espesor de aire de absorción suspendido @ 450 mm, Relevo: Fibra de Vidrio ( $10 \text{ kg/m}^3$ ) Espesor 100 mmPanel 2 Capa interna: 1 x 12.5 mm Normal 12.5 ( $\rho=9.6 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=2712 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\alpha=0.01$ )

Frecuencia de resonancia Masalite-masa = 23 Hz

Tamaño del panel 1.9x2.1 m

| frecuencia (Hz) | TL (dB) | TL (dB) |
|-----------------|---------|---------|
| 50              | 30      |         |
| 63              | 32      | 32      |
| 80              | 34      |         |
| 100             | 36      |         |
| 125             | 38      | 38      |
| 160             | 40      |         |
| 200             | 42      |         |
| 250             | 44      | 44      |
| 315             | 47      |         |
| 400             | 49      |         |
| 500             | 51      | 50      |
| 630             | 52      |         |
| 800             | 54      |         |
| 1000            | 56      | 55      |
| 1250            | 57      |         |
| 1600            | 58      |         |
| 2000            | 57      | 54      |
| 2500            | 51      |         |
| 3150            | 50      |         |
| 4000            | 53      | 52      |
| 5000            | 57      |         |



- **Bloque**Predicción del aislamiento acústico (v6.3)

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

Informe N°:

Página N°:

Fecha: 29 jun 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del ~~cliente~~ ~~proyecto~~:

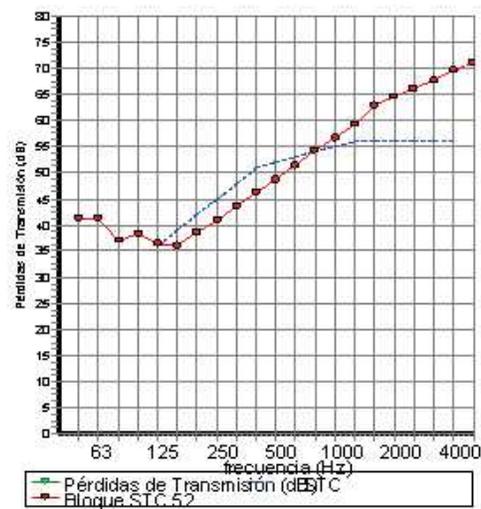
STC 52

OITC 45

**Descripción del sistema**Pared 11 Capa exterior: 1 x 150.0mm Ladrillo macizo de 10mm Igón 140mm ( $\rho=2820 \text{ kg/m}^3$ ,  $f_0=156 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\sigma=0.01$ )

Tamaño del panel 1.9x2.1 m

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 41     |        |
| 63              | 41     | 39     |
| 80              | 37     |        |
| 100             | 38     |        |
| 125             | 36     | 37     |
| 160             | 36     |        |
| 200             | 38     |        |
| 250             | 41     | 40     |
| 315             | 43     |        |
| 400             | 46     |        |
| 500             | 49     | 48     |
| 630             | 51     |        |
| 800             | 54     |        |
| 1000            | 57     | 56     |
| 1250            | 59     |        |
| 1600            | 63     |        |
| 2000            | 64     | 64     |
| 2500            | 66     |        |
| 3150            | 68     |        |
| 4000            | 69     | 69     |
| 5000            | 71     |        |



## - Puertas

### Predicción del aislamiento acústico (v6.3)

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009



El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

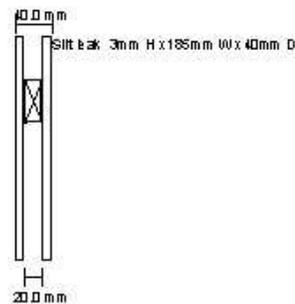
Informe N°:

Página N°:

Fecha: 29 jun 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del fabricante:



STC 29

OITC 25

### Descripción del sistema

Panel 1 Capa externa: 1 x 10.0 mm MDF (medium density fiberboard) ( $\rho=7.0 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=3000 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\eta=0.03$ )

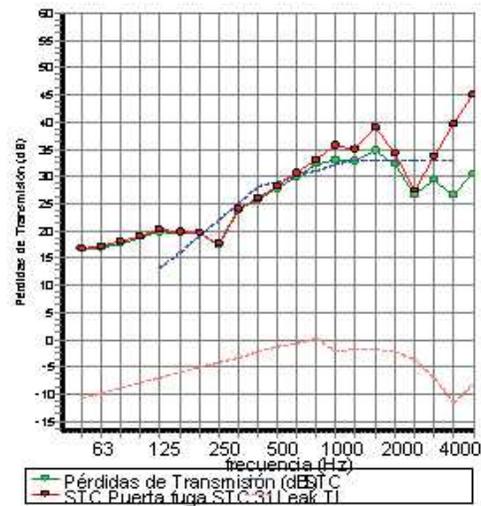
Cavidad: Fibra de madera @ 600 mm, Relevo Negra Espesor 100 mm

Panel 2 Capa interna: 1 x 10.0 mm MDF (medium density fiberboard) ( $\rho=7.0 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=3000 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\eta=0.03$ )

Frecuencia de resonancia Masa-aire-masa = 269 Hz

Tamaño del panel 1.9x2.1 m

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 16     |        |
| 63              | 17     | 17     |
| 80              | 18     |        |
| 100             | 19     |        |
| 125             | 20     | 19     |
| 160             | 19     |        |
| 200             | 19     |        |
| 250             | 17     | 19     |
| 315             | 24     |        |
| 400             | 26     |        |
| 500             | 28     | 27     |
| 630             | 30     |        |
| 800             | 32     |        |
| 1000            | 33     | 32     |
| 1250            | 33     |        |
| 1600            | 35     |        |
| 2000            | 32     | 30     |
| 2500            | 27     |        |
| 3150            | 29     |        |
| 4000            | 27     | 28     |
| 5000            | 30     |        |



## Predicción de aislamiento de la nueva puerta y combinados

### - Puerta

Predicción del aislamiento acústico (v6.3)

**MARSHALL DAY**  
Acoustics

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

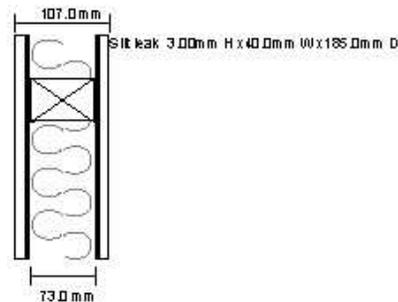
Informe N°:

Página N°:

Fecha: 22 jul 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del archivo: fivera030304.xls



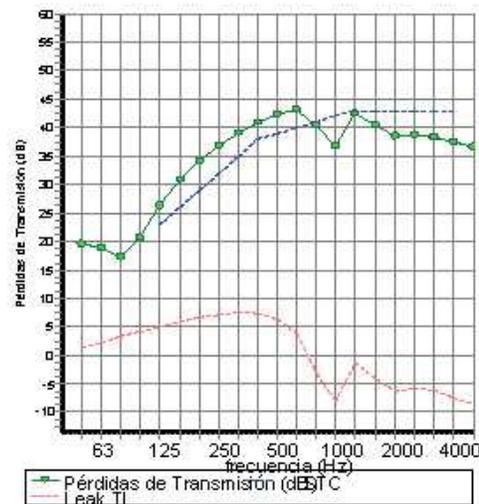
STC 39

OITC 32

#### Descripción del sistema

Pared 11 Capa exterior: 1 x 12.5 mm Medium Density Fibre Board ( $\rho=8.8 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=2400 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\sigma=0.03$ )  
 Pared 11 Capa interna: 1 x 4.0 mm Goma ( $\rho=3.7 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=8967.4 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\sigma=0.01$ )  
 Caucho: Faja de madera @ 600 mm, Relevo: Fibra de Vidrio (0.01 g/m<sup>3</sup>) Espesor 7.5 mm  
 Pared 12 Capa interna: 1 x 4.0 mm Goma ( $\rho=3.7 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=8967.4 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\sigma=0.01$ )  
 Pared 12 Capa exterior: 1 x 12.5 mm Medium Density Fibre Board ( $\rho=8.8 \text{ kg/m}^2$ ,  $f_0=2400 \text{ Hz}$ , Amortiguamiento  $\sigma=0.03$ )  
 Frecuencia de resonancia: Masa-aire-masa = 89 Hz Tamaño del panel 1.9x2.1 m

| frecuencia (Hz) | TL(dB) | TL(dB) |
|-----------------|--------|--------|
| 50              | 20     |        |
| 63              | 19     | 19     |
| 80              | 17     |        |
| 100             | 21     |        |
| 125             | 26     | 24     |
| 160             | 31     |        |
| 200             | 34     |        |
| 250             | 37     | 36     |
| 315             | 39     |        |
| 400             | 41     |        |
| 500             | 42     | 42     |
| 630             | 43     |        |
| 800             | 41     |        |
| 1000            | 37     | 39     |
| 1250            | 42     |        |
| 1600            | 40     |        |
| 2000            | 38     | 39     |
| 2500            | 39     |        |
| 3150            | 38     |        |
| 4000            | 37     | 37     |
| 5000            | 37     |        |



- **Combinado sala pequeña**

Predicción del aislamiento acústico (v6.3)



Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

Informe Nº:

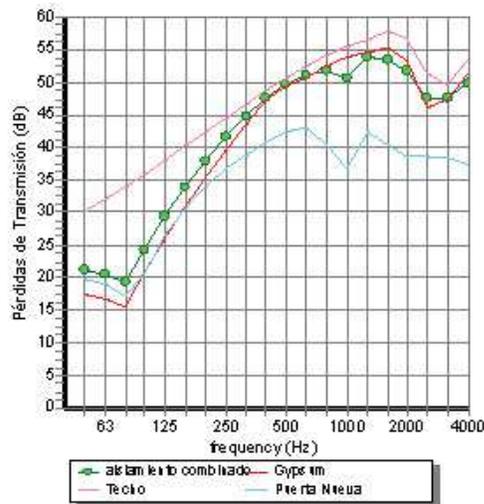
Página Nº:

Fecha: 22 jul 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del fichero:

Operación del aislamiento combinado



STC 49  
OITC

| Composite TL per Frequency(Hz)) |     |     |     |    |    |    |
|---------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|
| 63                              | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| 20                              | 28  | 41  | 49  | 52 | 50 | 49 |

| Element      | Area | Third Octave Band Centre Frequency (Hz) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |     |    |     |      | STC |    |    |
|--------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|----|-----|------|-----|----|----|
|              |      | 50                                      | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1k | 1k25 | 1k6 | 2k | 2k5 | 3k15 |     | 4k | 5k |
| Gypsum       | 117  | 17                                      | 17 | 16 | 21  | 26  | 31  | 35  | 40  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54 | 55   | 55  | 53 | 46  | 47   | 51  | 55 | 48 |
| Techo        | 174  | 30                                      | 32 | 34 | 36  | 38  | 40  | 42  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54  | 56 | 57   | 58  | 57 | 51  | 50   | 53  | 57 | 53 |
| Puerta Nueva | 8    | 20                                      | 19 | 17 | 20  | 26  | 31  | 34  | 37  | 39  | 41  | 42  | 43  | 41  | 37 | 42   | 40  | 38 | 39  | 38   | 37  | 37 | 39 |
|              | 299  | 21                                      | 20 | 19 | 24  | 29  | 34  | 38  | 42  | 45  | 47  | 50  | 51  | 52  | 51 | 54   | 54  | 52 | 48  | 48   | 50  | 51 | 49 |

- **Combinado sala grande**

Predicción del aislamiento acústico (v6.3)



Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2009

El margen de error es generalmente +/- 3STC

Nombre del informe:

Comentarios:

Informe Nº:

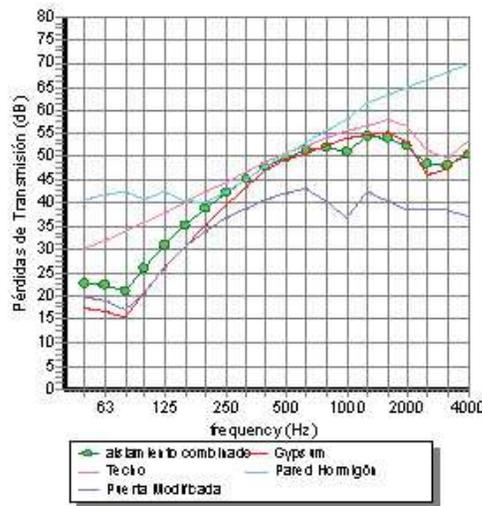
Página Nº:

Fecha: 22 jul 11

Iniciales: Lambda Acoustics

Nombre del fichero: C:\Users\lambd\Documents

Operación del aislamiento combinado



STC 50  
OITC

| Composite TL per Frequency(Hz)) |     |     |     |    |    |    |
|---------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|
| 63                              | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| 22                              | 29  | 41  | 49  | 52 | 51 | 50 |

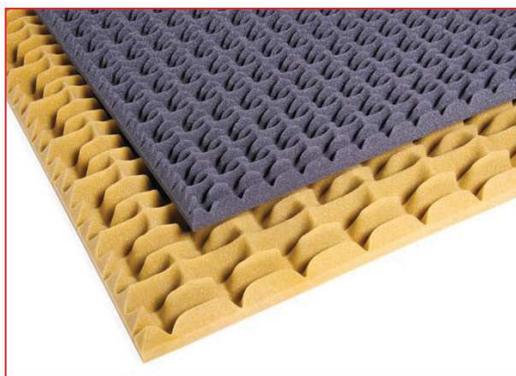
| Element           | Area | Third Octave Band Centre Frequency (Hz) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |      |     |    |     |      | STC |    |    |
|-------------------|------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|----|-----|------|-----|----|----|
|                   |      | 50                                      | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1k | 1.25 | 1.6 | 2k | 2.5 | 3.15 |     | 4k | 5k |
| Gypsum            | 170  | 17                                      | 17 | 16 | 21  | 26  | 31  | 35  | 40  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54 | 55   | 55  | 53 | 46  | 47   | 51  | 55 | 48 |
| Techo             | 470  | 30                                      | 32 | 34 | 36  | 38  | 40  | 42  | 44  | 47  | 49  | 51  | 52  | 54  | 56 | 57   | 58  | 57 | 51  | 50   | 53  | 57 | 53 |
| Pared Hormigón    | 37   | 41                                      | 42 | 42 | 41  | 43  | 41  | 40  | 43  | 45  | 48  | 50  | 53  | 56  | 58 | 62   | 63  | 65 | 66  | 68   | 70  | 71 | 55 |
| Puerta Modificada | 6    | 20                                      | 19 | 17 | 21  | 26  | 31  | 34  | 37  | 39  | 41  | 42  | 43  | 41  | 37 | 42   | 40  | 38 | 39  | 38   | 37  | 37 | 39 |
|                   | 693  | 23                                      | 22 | 21 | 26  | 31  | 35  | 39  | 42  | 45  | 48  | 50  | 51  | 52  | 51 | 54   | 54  | 52 | 48  | 48   | 50  | 51 | 50 |

## - Fonoabsorbente Pro



### Professional

Placas  
Fonoabsorbentes  
con cuñas  
anecoicas para  
uso profesional.



#### Descripción del producto:

Fonoabsorbentes fabricados con espuma de poliuretano poliéster con terminación de cuñas anecoicas de exclusivo diseño, especialmente desarrolladas para obtener la máxima prestación acústica en sonido profesional.

FONAC<sup>®</sup> Pro es la alternativa más difundida de los productos FONAC<sup>®</sup>, por su alta prestación acústica, su vida útil y su resistencia a las agresiones ambientales y físicas.

#### Campo de aplicación:

Con más de 15 años en el mercado, sigue siendo el material ideal al momento de combinar vida útil con desempeño acústico y lo hacen recomendable para los más diversos usos.

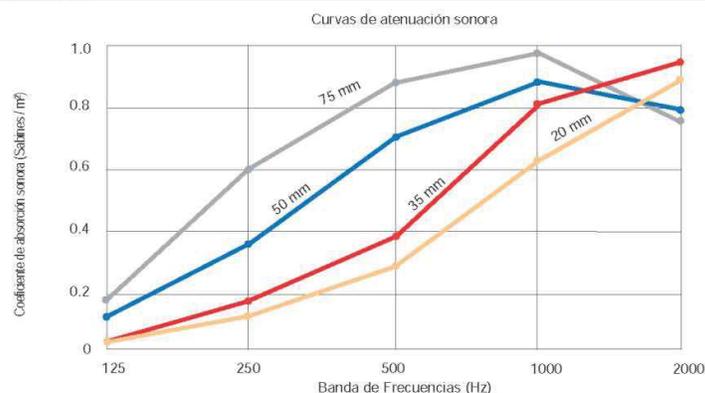
Son utilizadas como revestimiento a la vista en paredes ó techos; especialmente indicadas para el tratamiento acústico de ambientes ruidosos en general como ser: salas de ensayos, estudios de grabación, salas de audio, salas de locución, estudios de radio, cabinas de control, call centers, salas para grupos generadores, compresores, etc. Al instalarlos se logra disminuir los niveles de ruido interno creando lugares más íntimos y relajados.

Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

#### Ventajas y beneficios:

Alto coeficiente de absorción sonora. Excelente terminación en forma de cuñas anecoicas. Mayor resistencia a la tracción. Mayor estabilidad dimensional. Agradable estética. Se fijan fácilmente con adhesivo de contacto FONAC<sup>®</sup>. Pueden ser pintadas. Livianas, fáciles de transportar e instalar. Se cortan de forma muy sencilla. No desprenden partículas nocivas. No se desgranán. No se oxidan. No toman olor.

## Prestación acústica



Ensayos de absorción sonora realizados en el Centro de Investigación en Acústica - CINAC, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, por el método de la cámara reverberante.

### Coefficiente de absorción sonora en sabines/m²

| Espesor (mm) | Bandas de Frecuencias (Hz) |        |        |         |         |
|--------------|----------------------------|--------|--------|---------|---------|
|              | 125 Hz                     | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz |
| 20           | 0,10                       | 0,16   | 0,28   | 0,62    | 0,86    |
| 35           | 0,10                       | 0,19   | 0,39   | 0,82    | 0,97    |
| 50           | 0,15                       | 0,36   | 0,78   | 0,84    | 0,80    |
| 75           | 0,18                       | 0,60   | 0,88   | 0,93    | 0,76    |

### Características Técnicas

|                            |                |               |
|----------------------------|----------------|---------------|
| Densidad (kg/m³)           | 32             |               |
| Resist. Tracción (kgf/cm²) | según INTI 183 |               |
| Conduct. Térmica           | ASTM C518      | K= 0.045W/m°C |
| Flamabilidad               | IRAM 13257     | ISO 3795      |

\* Solicitar ensayos a pedidos@sonoflex.com

### Presentación

|                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| Dimensiones (cm)     | 61 x 122          |
| Superficie Vista     | Cuñas anecoicas   |
| Espesor Nominal (mm) | 20 - 35 - 50 - 75 |
| Color Base           | Grafito - Beige   |
| Tolerancia           | +/- 5%            |

### Importante:

- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

### Condiciones de almacenamiento:

- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.
- Altura máxima por pallet: 12 bultos.

### Para mayor información:

atencionalcliente@sonoflex.com

## - Trampas de bajo VENUS de Auralex

**RIVERBANK ACOUSTICAL LABORATORIES**1512 BATAVIA AVENUE  
GENEVA ILLINOIS 60134OF  
IIT RESEARCH INSTITUTE708/232-0104  
FOUNDED 1918 BY  
WALLACE CLEMENT SABINE**REPORT**

FOR: USA Foam

Auralex™  
Venus Bass TrapsSound Absorption Test  
RAL™-A93-287

ON: Paramount 12" Bass Traps

Page 1 of 4

CONDUCTED: 3 November 1993

TEST METHOD

The test method conformed explicitly with the requirements of the ASTM Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method: ASTM C423-90a and E795-92. Riverbank Acoustical Laboratories has been accredited by the U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology (NIST) under the National Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP) for this test procedure. A description of the measuring technique is available separately. The microphone used was a Bruel & Kjaer serial number 1440522.

DESCRIPTION OF THE SPECIMEN

The test specimen was designated by the manufacturer as Paramount Bass Traps. The overall dimensions of the specimen as measured were 2.44 m (96 in.) wide by 1.83 m (72 in.) long and 305 mm (12 in.) thick. The specimen consisted of six units. Each unit measured 1.22 m (48 in.) wide by 610 mm (24 in.) long by 305 mm (12 in.) thick. The specimen was tested in the laboratory's 292 m<sup>3</sup> (10,311 ft<sup>3</sup>) test chamber. The description of the specimen was as follows: The sample consisted of sheets of open cell foam wedges. The thickness of the foam at the base of the valley was 76 mm (3 in.) and the actual wedges measured 229 mm (9 in.) high. The weight of the specimen as measured was 22 kg (49 lbs) an average of 4.9 kg/m<sup>2</sup> (1.02 lbs/ft<sup>2</sup>). The area used in the calculations was 4.5 m<sup>2</sup> (48 ft<sup>2</sup>). The room temperature at the time of the test was 22°C (71°F) and 59% relative humidity.

MOUNTING A

The test specimen was laid directly against the test surface.

THE RESULTS REPORTED ABOVE APPLY ONLY TO THE SPECIFIC SAMPLE SUBMITTED FOR MEASUREMENT. NO RESPONSIBILITY IS ASSUMED FOR PERFORMANCE OF ANY OTHER SPECIMEN.



ACCREDITED BY DEPARTMENT OF COMMERCE, NATIONAL VOLUNTARY LABORATORY  
ACCREDITATION PROGRAM FOR SELECTED TEST METHODS FOR ACOUSTICS.  
THE LABORATORY'S ACCREDITATION OR ANY OF ITS TEST REPORTS IN NO WAY CONSTITUTES  
OR IMPLIES PRODUCT CERTIFICATION, APPROVAL, OR ENDORSEMENT BY NIST.

**RIVERBANK ACOUSTICAL LABORATORIES**1512 BATAVIA AVENUE  
GENEVA ILLINOIS 60134OF  
IIT RESEARCH INSTITUTE708/232-0104  
FOUNDED 1918 BY  
WALLACE CLEMENT SABINE**REPORT**

USA Foam

Auralex™  
Venus Bass Traps

RAL™-A93-287

3 November 1993

Page 2 of 4

**TEST RESULTS**

| 1/3 Octave Center<br>Center Frequency<br>(Hz) | Absorption<br>Coefficient | Total Absorption<br>In Sabins | % Of Uncertainty<br>With 95% Confidence<br>Limit With Specimen |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| 100   | 1.19                      | 57.08                         | 3.35   |
| ** 125  | 1.63                      | 78.21                         | 2.87   |
| 160   | 1.30                      | 62.56                         | 2.77   |
| 200   | 1.31                      | 63.12                         | 2.27   |
| ** 250  | 1.34                      | 64.44                         | 1.98   |
| 315   | 1.32                      | 63.30                         | 1.34   |
| 400   | 1.36                      | 65.24                         | 1.31   |
| ** 500  | 1.29                      | 61.86                         | 1.32   |
| 630   | 1.25                      | 60.08                         | 0.84   |
| 800   | 1.25                      | 59.85                         | 0.83   |
| ** 1000                                       | 1.26                      | 60.27                         | 0.67   |
| 1250  | 1.20                      | 57.77                         | 0.72   |
| 1600  | 1.22                      | 58.60                         | 0.61   |
| ** 2000                                       | 1.25                      | 59.84                         | 0.62   |
| 2500  | 1.21                      | 58.23                         | 0.50   |
| 3150  | 1.18                      | 56.43                         | 0.53   |
| ** 4000                                       | 1.20                      | 57.63                         | 0.42   |
| 5000  | 1.24                      | 59.34                         | 0.51   |

NRC = 1.30

THE RESULTS REPORTED ABOVE APPLY ONLY TO THE SPECIFIC SAMPLE SUBMITTED FOR MEASUREMENT. NO RESPONSIBILITY IS ASSUMED FOR PERFORMANCE OF ANY OTHER SPECIMEN.

NVLAD

ACCREDITED BY DEPARTMENT OF COMMERCE, NATIONAL VOLUNTARY LABORATORY  
ACCREDITATION PROGRAM FOR SELECTED TEST METHODS FOR ACOUSTICS.  
THE LABORATORY'S ACCREDITATION OR ANY OF ITS TEST REPORTS IN NO WAY CONSTITUTES  
OR IMPLIES PRODUCT CERTIFICATION, APPROVAL, OR ENDORSEMENT BY NIST.

## - Cornerfill Cubes

### CornerFills™/CornerFill Cubes™

#### Product Information



- CornerFills available in 2"x2"x24", 3"x3"x24", 4"x4"x24", and 12"x12"x24" sizes

- Packages of each size include the following quantities: 2"-36, 3"-16, 4"-9, 12"-1.



- CornerFill Cubes are available packages of 2 in a 12"x12"x12" size

**CornerFills** are sections of flat-cut Studiofoam corner acoustic absorbers that are beneficial in two ways. Aesthetically, they give you smooth, clean edges against which to butt your acoustic wall treatments and acoustic foam bass traps for a more professional appearance. Acoustically, they smooth out the excess low frequency energy that congregates in room corners.

**CornerFill Cubes** are a terrific way to finish out trihedral corners where three LENRD Bass Traps come together. Great for gyms and larger rooms.

Even without LENRDs, CornerFill Cubes offer excellent bass absorption and can look really cool, especially with other Auralex treatments butting up to them.

For both products suggested adhesive is 1 Foamtak or 1 Tubetak Pro.



Charcoal



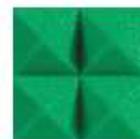
Purple



Plum



Forest Green



Kelly Green



Blue



Orange



Red



Burgundy



Brown

(Due to the variance of different computer monitors and video card color depth, Auralex Acoustics cannot guarantee that the color(s) represented on your computer screen will exactly match the foam products shipped. These color swatches are for reference purposes only.)

