



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**PROPUESTA DE DISEÑO, ACONDICIONAMIENTO Y AISLAMIENTO
ACÚSTICO PARA AULAS DE LA UNIDAD EDUCATIVA
MONTEBELLO ACADEMY**

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

Profesor Guía
Ing. Yolanda Carreño

Marcos Daniel Jácome Luzuriaga

2009

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el 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.”

Ing. Yolanda Carreño

172169464-2

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.”

Marcos Jácome Luzuriaga

171648728-3

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Dios por ayudarme durante todo este tiempo y bendecir a mi familia por apoyarme en el estudio de esta carrera en esta universidad.

Gracias Jesús.

A mi padre Marcos Jácome por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional en todo este tiempo, eres el mejor papa del mundo, te amo.

A mi madre Carmita Luzuriaga por todas sus oraciones, su amor, confianza y apoyo durante toda mi carrera, te amo mami.

A Marco, Felipe y Daniel, por brindarme su apoyo y comprensión en mis ausencias en el trabajo.

DEDICATORIA

*A mi familia por todo el apoyo,
amor y esfuerzo brindado
durante todo este tiempo de
estudios sin condición alguna y
por estar siempre allí.*

*A mis hermanos Johanna y
Pablo que me dan alegría cada
día de mi vida.*

*A mis amigos gracias por todas
sus palabras de apoyo y todo lo
que hemos pasado juntos.*

***Nunca digas: ¿Cuál es
la causa de que los
tiempos pasados
fueron mejores que
estos? Porque nunca
de estos preguntaras
con sabiduría.
Buena es la ciencia
con herencia, y
provechosa para los
que ven el sol.
Porque escudo es la
ciencia, y escudo es el
dinero; mas la
sabiduría excede, en
que da vida a sus
poseedores.***

Eclesiastés 7:9-12

RESUMEN

Las soluciones acústicas para la educación en el país han sido prácticamente nulas, no se lo ha considerado como un tema que deba ser tratado con prioridad, siempre se lo ha tomado como asunto de segunda categoría; las autoridades competentes únicamente han impulsado soluciones que cubren las necesidades primarias de la educación, por ejemplo: la dotación de aulas básicas sin analizar para nada sus condiciones acústicas, esto ha provocado que los niveles del aprovechamiento estudiantil sean deficientes, inclusive en el actual programa del gobierno central "*Escuelas del Milenio*" no han tomado en cuenta la parte acústica para el diseño de las escuelas de este proyecto, o al menos se desconoce el grado de importancia que estén dando a este tema.

En el presente trabajo se quiere dar los primeros pasos para responder a esta necesidad tan importante para la educación, especialmente para el mejoramiento en el rendimiento estudiantil, puesto que, la comunicación a través de la palabra entre maestros y estudiantes es fundamental en el proceso de aprendizaje, por otro lado, todos los ruidos que afectan a los centros educativos no solo afectan al desempeño de los estudiantes y maestros, sino que, también afecta a su salud.

Para la implementación de estudios acústicos en temas educativos, aprovechamos la disposición de La Fundación "*It's About Kids*" en buscar las mejores condiciones en el diseño de su Colegio Montebello Academy.

ABSTRACT

The acoustic solutions for education in the country have been practically nil, it is not considered as an issue to be dealt with priority has always taken as a matter of second category, the authorities have only driven solutions to meet the basic needs of education, eg the provision of basic classroom for anything without analyzing their acoustic conditions, this has meant that student achievement levels are deficient, even in the current central government program "Millennium Schools" have not taken into account for the acoustic design of schools in this project, or at least know the degree of importance they are giving this issue.

In the present work is to take the first steps to address this very important need for education, especially focusing on student achievement, since communication through the floor between teachers and students is central to the learning process, on the other hand, all the noises affecting schools not only affect the performance of students and teachers, but also affects their health.

For the implementation of acoustic studies on education, we take this provision Foundation "It's About Kids" in seeking the best conditions in the design of his College Montebello Academy.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ENFOQUE.....	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA Y SU ESTUDIO ACÚSTICO	6
1.4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL ECUADOR.....	8
1.4.2. FUNDACIÓN “IT’S ABOUT KIDS”	9
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	11
2.1.1. ACÚSTICA	11
2.1.2. SONIDO	11
2.1.3. ONDA SONORA	11
2.1.3.1. AMPLITUD (A).....	12
2.1.3.2. VELOCIDAD (c).....	12
2.1.3.3. FRECUENCIA (f).....	13
2.1.3.4. LONGITUD DE ONDA (λ)	14
2.1.3.5. PERIODO (T).....	14
2.1.4. PRESIÓN SONORA (P)	15
2.1.5. NIVEL DE PRESIÓN SONORA (L_p).....	16
2.1.6. POTENCIA SONORA (W).....	17
2.1.7. NIVEL DE POTENCIA SONORA (L_W)	18
2.1.8. INTENSIDAD SONORA (I)	18
2.1.9. NIVEL DE INTENSIDAD SONORA (L_i)	18
2.2. CONCEPTOS AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	19
2.2.1. AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	19
2.2.2. RUIDO DE FONDO.....	19
2.2.3. CURVAS NOSIE CRITERIA (NC).....	21
2.2.4. PERDIDA POR TRANSMISIÓN (TL)	23

2.2.5. AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO (R).....	23
2.2.6. CLASE DE TRANSMISIÓN SONORA (STC).....	24
2.2.7. ÍNDICE PONDERADO DE REDUCCIÓN DE SONIDO (<i>R_W</i>).....	26
2.2.8. CLASE DE TRANSMISIÓN INTERIOR EXTERIOR (OITC).....	26
2.2.9. PARTICIÓN SIMPLE.....	26
2.2.10. LEY DE MASA	27
2.2.11. FRECUENCIA DE COINCIDENCIA	28
2.3. CONCEPTOS ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.....	30
2.3.1 ACONDICIONAMIENTO	30
2.3.2 PROPAGACIÓN DEL SONIDO.....	30
2.3.2.1. REFLEXIÓN	31
2.3.2.2. DIFRACCIÓN	32
2.3.2.3. ABSORCIÓN	32
2.3.2.4. TRANSMISIÓN.....	33
2.3.3. SONIDO DIRECTO Y PERCEPCIÓN DE REFLEXIONES	34
2.3.4. ECO FLOTANTE (FLUTTER ECHO)	36
2.3.5. MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN	37
2.3.6. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)	38
2.3.7. INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA.....	40
2.3.7.1. MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA.....	41
3. DISEÑO	45
3.1. UBICACIÓN	45
3.2. GEOMETRÍA.....	46
3.2.1. VOLUMEN DEL SALÓN DE CLASES	46
3.2.2. FORMA Y DIMENSIONES DE LAS AULAS.....	47
3.2.2.1. CALCULO Y SOLUCIONES APLICADAS.....	47
3.3 AISLAMIENTO ACÚSTICO	51
3.3.1 RUIDO DE FONDO.....	52
3.3.2 DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO REQUERIDO.....	52
3.3.2.1. AISLAMIENTO FUENTES EXTERNAS.....	53
3.3.2.2. AISLAMIENTO HACIA EL EXTERIOR Y AULAS CONTIGUAS....	54
3.3.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO	56

3.3.3.1. AISLAMIENTO DE MAMPOSTERÍA	56
3.3.3.2. AISLAMIENTO DE CUBIERTA.....	61
3.3.3.3. AISLAMIENTO ENTREPISO	63
3.3.3.4. AISLAMIENTO DE PUERTAS.....	65
3.3.3.5. AISLAMIENTO VENTANAS	66
3.4. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO	68
3.4.1. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)	68
3.4.2. CONTROL DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT).....	69
3.4.2.1. CUBIERTA.....	70
3.4.2.2. MAMPOSTERÍA	70
3.4.2.3. PISO	71
3.4.2.4. PUERTAS Y VENTANAS	72
3.4.3. CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.....	72
3.4.4. DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA EN EL CIELO RASO COMBINADO CON GYPSUM Y FIBER GLASS.....	77
3.4.5. CÁLCULO DE LA INTELIGIBILIDAD	78
3.4.6. PRESUPUESTO	82
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
4.1 CONCLUSIONES.....	86
4.2. RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. INTRODUCCIÓN

La palabra es la base de todo el desarrollo intelectual tanto en su comprensión como en su producción, por eso, lo que ocurre a diario en el aula es la emisión de un mensaje verbal, que es un acto acústico de dirección entre alumno-profesor, y alumno-alumno. Si existen distorsiones o enmascaramientos en la canalización del mensaje su interpretación no será correcta por lo que esta aula no será un lugar propicio para la comunicación puesto que es aquí donde se transmite la información.

La manera como en un aula se distorsiona o maquilla el mensaje puede presentarse de dos modos:

1. Multiplicando o desfasando temporalmente la información emitida, originado por una reverberación elevada, debido a un acondicionamiento acústico inadecuado.
2. Mezclando la información principal con otras de tipo secundario/casual debido a la presencia de un ruido de fondo elevado por un aislamiento acústico deficiente.

Un buen aislamiento de ruido aéreo y ruido de impacto dota de suficiente confort por lo que las actividades que se desarrollan en un recinto cerrado no sufren interferencias externas. Por lo contrario si existe un aislamiento deficiente los ruidos de espacios ajenos al aula se traducen en un ruido de fondo que enmascara el mensaje emitido, también pueden haber mensajes extraños entre las pausas o silencios lo que perturban la normal tranquilidad cuando se realizan trabajos personales.

Los conceptos de aislamiento y acondicionamiento acústico son distintos y complementarios, por este motivo es difícil analizarlos independientemente, lo que se sugiere primero es plantear el grado de aislamiento deseado y a partir de esto determinar, paso a paso, el objetivo que se desea lograr, es decir identificar los requerimientos de mampostería externa e interna, cubierta, entresijos, puertas, ventanas, etc. que impidan o atenúen el paso de ruidos externos al aula de clase, para luego determinar factores que tienen que ver con la propagación del mensaje hablado donde se busca tener un tiempo de reverberación óptimo para obtener el grado de inteligibilidad adecuado.

En la función del docente para conseguir objetivos de aprendizaje en forma eficiente y óptima se utiliza un gran número de herramientas de las cuales se destaca como la más importante y esencial en este proceso la palabra, por esto es conveniente analizarla y tener en cuenta que el mensaje emitido a través de la palabra, debe contar con las garantías para poder ser transmitida lo más claro posible entre profesores y alumnos o emisores y receptores en general, por esto podemos afirmar que no es suficiente la emisión clara del contenido del mensaje, ya que, antes de su recepción, éste se ve modificado por las condiciones acústicas tanto de la sala como del entorno en que se desarrolla este proceso. En este sentido, la presencia de elevados niveles de ruido de fondo o la escasa adaptación acústica de la sala, pueden provocar deficientes condiciones de inteligibilidad de la palabra, que dificulten la finalidad educativa básica que se persigue en este tipo de instalaciones.

Además de lo expuesto anteriormente, son abundantes las referencias conocidas que relacionan la falta de inteligibilidad de la palabra en un determinado ambiente con síntomas de fatiga, irritabilidad, agitación y pérdida de atención, todos los cuales distorsionan el proceso educativo normal pudiendo incidir gravemente, no sólo en la pérdida de eficacia, sino además en el fracaso de la función docente en su conjunto.

Un adecuado acondicionamiento acústico consiste en definir cuál es el tiempo de reverberación adecuado para una óptima inteligibilidad de la palabra, para esto se debe analizar la ubicación, la geometría, la forma, el volumen y las proporciones de las aulas para evitar o controlar la presencia de modos normales de vibración.

Es evidente que en todo establecimiento escolar se deben buscar condiciones acústicas óptimas, en la realidad esto no ocurre, por el contrario se presentan deficiencias acústicas que provocan graves consecuencias pedagógicas con un consiguiente aprendizaje deficiente tal como se explica en el siguiente cuadro:

Tabla 1.1 – Contraste entre condiciones actuales e ideales que muestra que problemas pedagógicos se tienen en la realidad¹.

CONDICIONES ACÚSTICAS ÓPTIMAS	CONDICIONES ACTUALES	CONSECUENCIAS DE LOS PROBLEMAS
Aulas que se protejan de ruidos intrusivos.	Pasillos, halls, salas con elevada reverberación, aulas ruidosas.	Baja inteligibilidad cansancio físico y psíquico debido al ruido de fondo
Aulas que distribuyan equilibradamente la energía sonora del mensaje emitido.	Aulas no acondicionadas, distorsionan e interfieren el mensaje, ruidos internos molestos, ecos.	Molestias debido a la intromisión del ruido
Aulas que no alteren la composición del mensaje emitido originalmente.	Entorno medioambiental inadecuado, origina un ruido de fondo incontrolado y molesto.	Falta de privacidad, por lo tanto aumenta la distracción y como consecuencia un deficiente aprendizaje
Aulas que no permitan la introducción de reflexiones inadecuadas que interfieran en el mensaje original.	Deficiencias de aislamiento de los cerramientos y tabiques. Sensación de desprotección e intemperie.	Falta de interés en el proceso del aprendizaje.

¹ DURA Antonio, "Análisis y Valoración de los Factores que Intervienen en la Acústica de las salas de uso Docente en Diferentes Grados", Universidad de Alicante, Diciembre 2002, Págs. 12 y 13.

1.2. ENFOQUE

El enfoque de la presente tesis tiene como objetivo principal proponer un diseño acústico óptimo para lograr las mejores condiciones pedagógicas dentro de los salones de clase de Montebello Academy, para alcanzar este objetivo se realizaron mediciones de ruido de fondo para tener una idea de cuál es la situación actual en el lugar donde se ubica esta Unidad Educativa.

Se realizarán cálculos para determinar el tiempo de reverberación e identificar cuáles materiales son los idóneos para emplearlos en las superficies de los salones de clase, esto permitirá que cada aula cuente con un tiempo de reverberación óptimo para lograr una buena inteligibilidad de la palabra.

Por otro lado, se propondrá las modificaciones necesarias al diseño arquitectónico si este fuese el caso, dentro de los parámetros permitidos por el arquitecto responsable de la construcción.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un diseño acústico óptimo para: mitigar el efecto de ruidos intrusivos, obtener una distribución equilibrada de la energía sonora y la ausencia de reflexiones inadecuadas dentro de los salones de clase de Montebello Academy, para alcanzar la excelencia académica en la educación demandada por esta institución, ubicada en la ciudad de Quito.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el aislamiento acústico requerido en las salas de clase de acuerdo a los niveles generados al interior y exterior del edificio, utilizando los criterios de las curvas NC (*Noise Criteria*) para impedir la transmisión de ruidos desde el exterior y hacia el exterior de las aulas.
- Considerar el aislamiento acústico por separado de otros aspectos de la acústica de la sala mediante el uso de pisos, entrepisos, cubiertas y mampostería para proporcionar un aislamiento acústico suficiente.
- Acondicionar adecuadamente los salones de clase para conseguir una inteligibilidad de la palabra que este en el rango del 1.5% al 5% de %ALCons obteniendo una valoración de la inteligibilidad de la palabra entre excelente y buena en la recepción del mensaje emitido dentro del aula.
- Diseño acústico de las aulas, considerando su volumen, forma, y las propiedades acústicas de cada superficie.
- Especificar el comportamiento acústico de las puertas, ventanas, mampostería, pisos, entrepisos y cubiertas.
- Alcanzar un tiempo de reverberación medio en un rango comprendido entre 0.6 y 0.8 segundos, de acuerdo a los estándares sugeridos.
- Elaborar los planos constructivos, incluyendo los detalles específicos del diseño acústico.
- Elaborar el presupuesto necesario para la implementación acústica en la Unidad Educativa Montebello.

1.4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS SOBRE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA Y SU ESTUDIO ACÚSTICO

En sus etapas iniciales, es decir antes del siglo XIX, la arquitectura escolar era más o menos una adaptación de otras formas de arquitectura sin que se prestara especial atención a las necesidades de la enseñanza. El diseño de edificios para escuelas adolecía de una preocupación pedagógica, o más bien faltaba la definición clara de lo que debía ser una escuela.

Los arquitectos de la época se dedicaron a enfatizar en la parte formal del edificio olvidándose de la parte funcional, esta situación no se debió únicamente al eclecticismo arquitectónico de la época, sino también a la falta de definiciones de conceptos pedagógicos y urbanísticos por parte de las autoridades; debido a esto la evolución del edificio educativo fue equivocada desde el principio. Como señala Roth “...*ni los arquitectos, ni los maestros, ni las autoridades educativas tenían una comprensión clara de las tareas educativas que debían ejercer...*”².

El edificio escolar actual es diseñado y destinado a fines educativos, no es un espacio arquitectónico adaptado, es creado específicamente para la educación, esto surge aproximadamente en el inicio del siglo XIX³, pues los gobiernos de las naciones europeas comienzan apoyar a la educación popular, sobre todo en las ciudades pre industriales que a consecuencia de la inmigración de sus entornos rurales ven crecer las preocupaciones y presiones de índole social que es una característica principal de este siglo.

En el diseño y construcción de estas nuevas escuelas, su arquitectura en un inicio no distaba mucho del concepto eclesial en su parte exterior y en su distribución espacial, generalmente constaban de una gran sala donde se les colocaba a los alumnos sin distinción de sexo ni edad y la instrucción era impartida por un

^{2,3} DURA Antonio, “Análisis y Valoración de los Factores que Intervienen en la Acústica de las salas de uso Docente en Diferentes Grados”, Universidad de Alicante, Diciembre 2002, Pág. 16.

maestro y un ayudante. Cuando la cantidad de alumnos creció y fue excesiva para su control, se dio como solución añadir nuevas salas de menor tamaño dando origen a lo que actualmente constituyen las aulas.⁴

Por estos errores manifiestos es que la arquitectura norteamericana enarbola la bandera de la renovación arquitectónica; en las postrimerías del siglo XIX, Lois Sullivan enunció un principio fundamental de la arquitectura moderna: *form follows function* “la forma sigue a la función”. Este pensamiento innovador generó una nueva actitud del arquitecto, que junto con una planificación de las escuelas por barrio, la separación de alumnos por grados en distintos edificios y una buena disposición administrativa, dio como resultado el edificio escolar moderno.⁵

Con todo, la planificación escolar americana se vio abocada al fracaso por el crecimiento desenfrenado y caótico al que están sometidas las ciudades que llegaban a limitar el espacio escolar rodeándolo de edificios y calles ruidosas, no se tenían prevista una zona circundante donde ubicar las aéreas de recreo y deporte al aire libre, por lo que se tenía que hacer uso de los patios centrales, si los hubiera, y/o de las terrazas de la azotea.⁶

La situación en Inglaterra, Francia, España e Italia, fue similar a la estadounidense en el caso de las ciudades grandes. En el caso de Alemania parten de una idea exterior ornamental similar a la de los edificios religiosos pero tienen una concepción interior más ordenada y austera como la de los cuarteles.⁷

La situación a principios del siglo fue deprimente, las escuelas se las ubica en cualquier lugar: en cobertizos, sacristías, granjas, y en el mejor de los casos,

⁴ DURA, Antonio, “Análisis y Valoración de los Factores que Intervienen en la Acústica de las salas de uso Docente en Diferentes Grados”, Universidad de Alicante, Diciembre 2002, Pág. 25.

⁵ SULLIVAN H. Louis, “The Tall Office Building Artistically Considered, Lippincott's magazine”, 1896.

⁶ HAWKES Jason, “The influence of educational buildings on the development of school-children”, 1996, Pág. 14.

⁷ DURA Antonio, “Análisis y Valoración de los Factores que Intervienen en la Acústica de las salas de uso Docente en Diferentes Grados”, Universidad de Alicante, Diciembre 2002, Pág. 25.

según algún decreto oficial de la época, en pequeñas construcciones de planta baja con techos de teja, con una cocina y la habitación del maestro y un aula. Anteriormente, la ley Moyano en España (1857), la ley Guizot en Francia (1833) y tantas otras, solo tuvieron un valor puramente testimonial.⁸

Hay que resaltar también las controversias del modelo arquitectónico aplicado en las construcciones escolares, en aquellos lugares que llegaron a realizarse, por un lado una muy discutible necesidad de organización de orden interno que buscaba la separación de sexos dividiendo al edificio en dos partes bien diferenciadas; y por otra parte las teorías higienistas donde la distribución del espacio queda en función del número de adultos por superficie construida, de igual manera el volumen de aire por alumno, el problema de la iluminación, los corredores, el diseño de pupitres, etc. Como se puede constatar en esta época ya existe un tratamiento al problema de la escuela como un ente arquitectónico específico y de alguna manera va a ser que la escuela evolucione aunque hasta la actualidad hay problemas no resueltos.

1.4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS EN EL ECUADOR

En el Ecuador la revolución liberal de 1895 se consiguió institucionalizar un sistema público de enseñanza secular, lo que significa que el estado se fortalece frente a la poderosa influencia que la iglesia católica tuvo durante todo el siglo XIX. El laicismo terminó con lo que se denomina política educativa liberal siendo un elemento de secularización de la sociedad⁹. Si bien no existe un estudio orientado al aspecto arquitectónico de la educación en esta época podemos decir que los ejemplos de construcciones educativas en el siglo XIX estaban unidos a los conventos de las diferentes órdenes eclesiásticas católicas. Los ejemplos de las

⁸ CHASSAGNE S., "El Edificio Escolar en Francia en el Siglo XIX", Universidad de Salamanca, Pág.71.

⁹ OSSENBACH Gabriela: "La educación en el Ecuador en el período 1944-1983", Universidad Nacional de Educación a Distancia – Madrid, Pág. 8.

construcciones escolares son muy similares a los que encontramos en Europa donde había una clara influencia de la iglesia y comienzan a surgir ejemplos de construcciones educativas que nacen para este fin específico a partir de 1895 con el laicismo. Estas construcciones escolares no tienen una escuela propia del país sino surgen con una clara influencia europea, ya que los planificadores y constructores venían del viejo continente, por ende, las mismas circunstancias de cómo fueron tratadas las construcciones escolares en Europa fueron trasladadas al medio ecuatoriano.

1.4.2. FUNDACIÓN “IT’S ABOUT KIDS”

La Unidad Educativa Montebello ubicada en el valle de los Chillos es una institución patrocinada por la fundación “*It’s About Kids*” cuya sede está en Indio, una ciudad ubicada al sur del estado de California en los Estados Unidos De Norteamérica. Esta fundación se encuentra en el país desde el año 1997 con el objetivo de apoyar a los niños y jóvenes vulnerables y desposeídos económicamente para que tengan oportunidad de desarrollarse y proyectarse en una sociedad competitiva como la actual, entregando hombres y mujeres que partiendo de estos niveles críticos se orienten a ocupar posiciones de liderazgo sin ningún prejuicio social ni económico.¹⁰

Para conseguir este objetivo, la organización recibió bajo su amparo a un grupo de veinticinco niños huérfanos o provenientes de hogares disfuncionales, para la formación de ellos crea la Unidad Educativa Montebello, la misma que debe tener los más altos estándares pedagógicos y apoyados por una infraestructura de alto nivel. Para esto se ha diseñado un centro de estudios con la metodología “*Escuela del Futuro*”, aplicada en USA y con excelentes resultados.

Los niños en el orfanato tendrán una educación que incluirá varios ámbitos: artes, técnico científico, cultural, idioma, formación espiritual, etc. que van a romper los grilletes de: “Tercer Mundo con una mentalidad de supervivencia”. Ellos se

¹⁰ STIFF Ronald, “Montebello Academy Brochure”, Enero de 2009.

preparan para competir en el Ecuador o en cualquier otra parte del mundo pues su formación buscara unir a niños de todas las clases sociales para romper con los estigmas y las barreras de la segregación étnica y socio económica, mientras siguen a Jesús con sus vidas, además, del énfasis enseñanza y aprovechamiento de habilidades y del pensamiento crítico.

El financiamiento es obtenido de patrocinadores que apadrinan a los niños del orfanato y también de Iglesias Cristianas de los Estados Unidos que se identifican con este ministerio.

2. MARCO TEÓRICO

Para los efectos de esta tesis, se establecen las siguientes definiciones de conceptos fundamentales que en ella aparecen, ordenados de modo que se facilite su comprensión.

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1.1. ACÚSTICA

Desde el punto de vista de la salas, la acústica es la totalidad de las características físicas de un auditorio o sala (tales como el tamaño y la forma de los elementos como paredes, cubiertas, pisos que pueden aumentar o disminuir los valores de absorción, difusión y aislamiento del sonido) que afecta la percepción individual de la calidad de discurso o de la música que se produce en el auditorio o sala.¹¹

2.1.2. SONIDO

El sonido es un fenómeno físico que produce una oscilación en un medio elástico que puede ser líquido, sólido o gaseoso y puede ser detectado por el oído humano, es decir, que cualquier vibración mecánica caracterizada por cambios en la presión sonora que se propaga por un medio elástico, comúnmente aire, y es capaz de producir una sensación auditiva.¹²

2.1.3. ONDA SONORA

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones que son capaces de ser detectadas por el oído. Sus principales características son:

¹¹ CYRIL M. Harris: "Dictionary of Architecture & Construction 2300 illustrations", 2006, Pág. 8.

¹² CHOVA: "Aislamiento Acústico para la Edificación", Pág. 6.

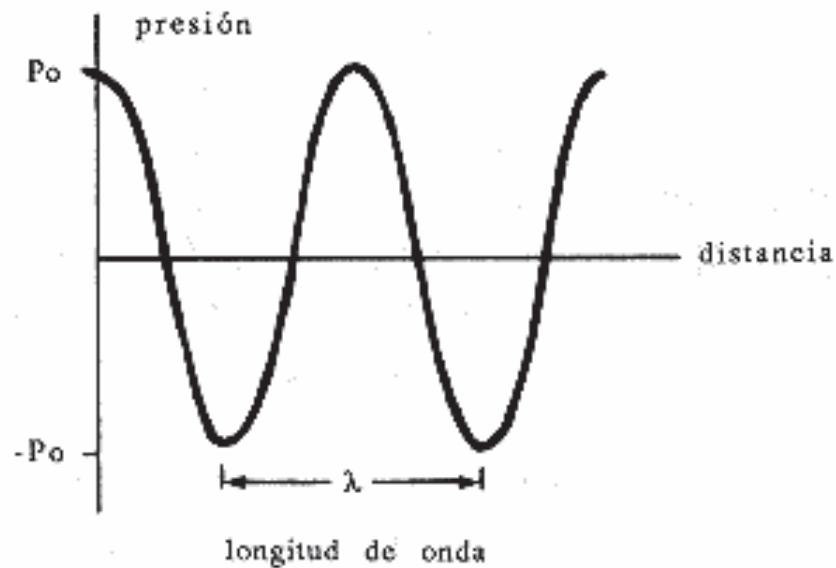


FIGURA 2.1 – Onda Sonora

2.1.3.1. AMPLITUD (A)

Es el desplazamiento máximo de la posición media. Cuanto mayor sea el valor de la amplitud más fuerte será la sensación de sonido que percibimos.¹³

2.1.3.2. VELOCIDAD (c)

Indica la distancia recorrida por las ondas sonoras en un segundo.

Su valor depende principalmente de la densidad del medio de propagación.

Cuanto mayor sea la densidad del medio, mayor será la velocidad de propagación del sonido. En el aire este valor es aproximadamente de 343m/s.¹⁴

¹³ <http://www.mathematicsdictionary.com/spanish/vmd/full/a/amplitude.htm>, 30/05/09.

¹⁴ CHOVA: "Aislamiento Acústico para la Edificación", Pág. 6.

2.1.3.3. FRECUENCIA (f)

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un segundo.¹⁵ La unidad de esta magnitud es el Hercio [Hz]. El rango o espectro de frecuencias que es capaz de percibir el oído humano va desde los 20Hz hasta los 20000Hz. La frecuencia de un sonido está asociada al tono, que es la apreciación subjetiva de la frecuencia.

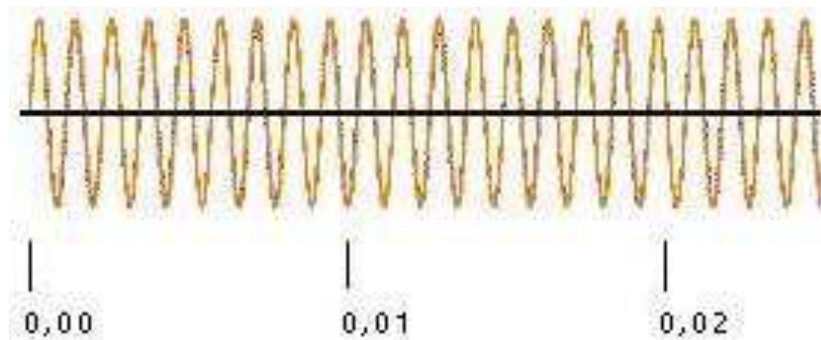


FIGURA 2.2 – Onda de alta frecuencia.¹⁶

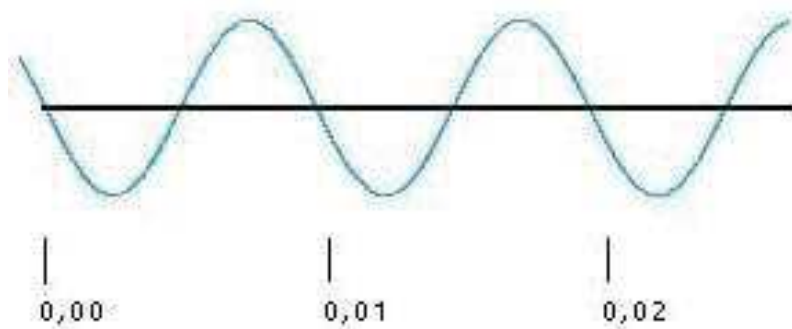


FIGURA 2.3 – Onda de baja frecuencia.¹⁷

¹⁵ NBE-CA-88 Anexo 1 Conceptos Fundamentales, Definiciones, Notaciones y Unidades, Pág. 12.

^{16, 17} <http://data1.blog.de/blog/a/autoaudio/img/frecuencia.JPG> , 11/07/09.

2.1.3.4. LONGITUD DE ONDA (λ)

Es la distancia entre dos puntos de una onda sonora cuyo valor de presión es el mismo. Se representa con la letra griega lambda [λ]. Su valor depende de la frecuencia y de la velocidad de propagación. El valor de la longitud de onda decrecerá al aumentar la frecuencia. El valor de esta magnitud influye de forma notable en la propagación del sonido.¹⁸

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

c = velocidad del sonido

f = frecuencia

λ = longitud de onda

2.1.3.5. PERIODO (T)

Es el tiempo que transcurre hasta que la onda realiza una oscilación completa. El periodo se lo mide en segundos [s].¹⁹

$$T = \frac{1}{f} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

T = periodo

f = frecuencia

^{18, 19} <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/prp.html> , 25/07/09.

2.1.4. PRESIÓN SONORA (P)

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto. Todo objeto que se mueve produce un cambio en la Presión Atmosférica o Presión Estática, que se conoce como Presión Sonora Instantánea.²⁰

La presión se considera estática cuando no hay movimiento, por ejemplo al empujar una puerta cerrada o cuando el movimiento es lentamente variable como la presión neumática utilizada en timpanometría.²¹

La Presión Sonora Instantánea es la variación de la presión estática en un instante cualquiera debido a la presencia de una onda sonora. Su unidad es el Pascal Pa ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) pero también se la puede medir en μB .

$$1 \mu\text{B} = 0.1 \text{ N/m}^2 \rightarrow 1 \text{ N/m}^2 = 10 \mu\text{B} = 1 \text{ Pa}$$

La mínima presión que el oído puede captar se conoce como “Presión de Referencia (P_{ref})”, conocido también como “Umbral de audición”.²² Es constante.

$$P_{ref} = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 20 \mu\text{Pa}$$

²⁰ NBE-CA-88 Anexo 1 Conceptos Fundamentales, Definiciones, Notaciones y Unidades, Pág. 12.

²¹ SALESA B. Enrique, “Tratado de Audiología”, Pág. 76

²² CHOVA: “Aislamiento Acústico para la Edificación”, Pág. 8.

2.1.5. NIVEL DE PRESIÓN SONORA (L_p)

Es un descriptor físico de la intensidad instantánea del sonido, pero no tiene un correlato muy definido con lo que percibe el oído humano. Su unidad son los decibelios [dB]. Y se define mediante la siguiente expresión:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \text{ (Ec. 2.3)}$$

Donde:

P = Es la presión acústica considerada, en Pa.

P_0 = Es la presión acústica de referencia que se establece en $2 \times 10^{-5} Pa$.

Para obtener una medida correlacionada con la percepción subjetiva del sonido se recurrió a las curvas isofónicas obtenidas en 1933 por Fletcher y Munson y más tarde recalculados por Robinson y Dadson. Siempre se ha dicho que la sonoridad está relacionada directamente con la intensidad, pero, además está relacionada a la frecuencia.²³

Estas curvas representan la relación entre frecuencia e intensidad de dos sonidos para que estos sean percibidos igual de intensos en todo el espectro de frecuencias. Las curvas isofónicas nos permiten observar las características del comportamiento del oído humano, el oído se torna menos sensible a bajas y altas frecuencias.

Por ejemplo: Un tono puro a 1 kHz de 40 dB nos producirá la misma sensación auditiva de un tono puro a 100 Hz de 60 dB.

²³ NBE-CA-88 Anexo 1 Conceptos Fundamentales, Definiciones, Notaciones y Unidades, Pág. 14.

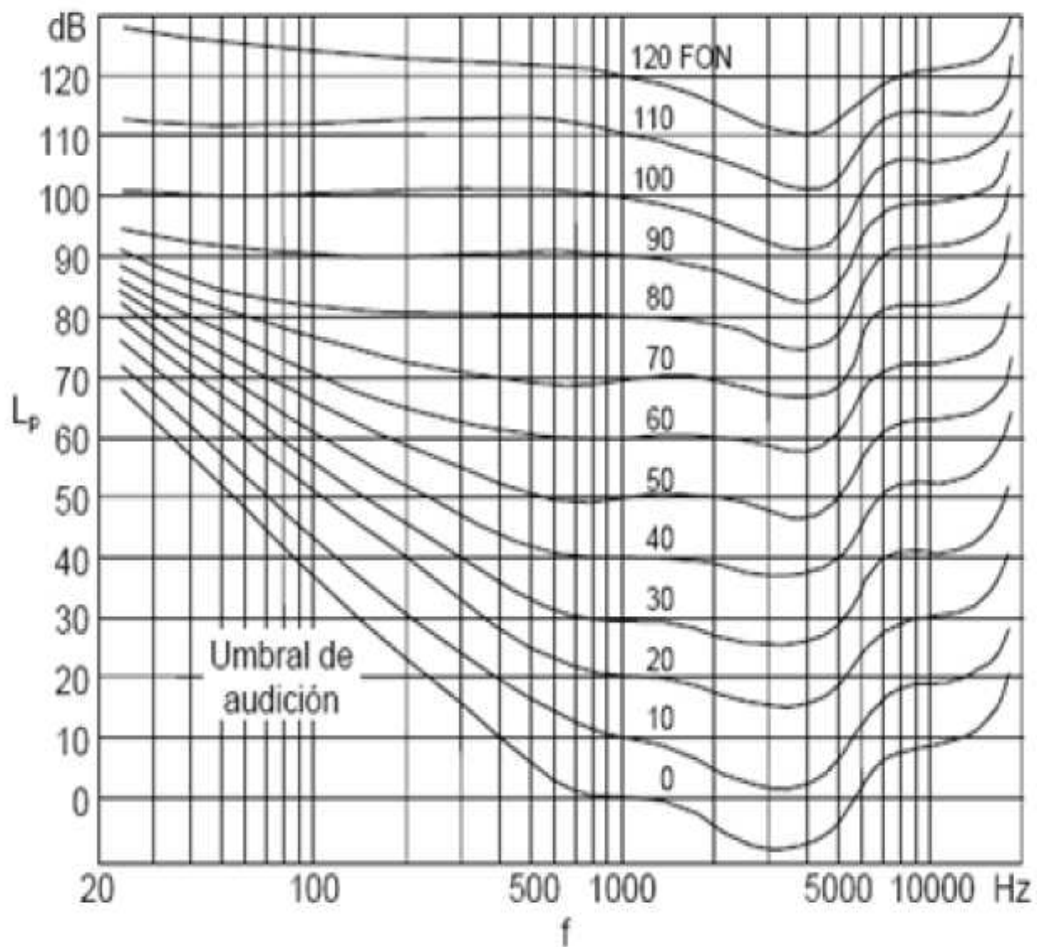


FIGURA 2.4 – Curvas de Fletcher y Munson (1933)²⁴

2.1.6. POTENCIA SONORA (W)

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada. Su unidad es el Vatio [w].²⁵ Es una característica propia de la fuente, por lo tanto es independiente del entorno.

²⁴ MIYARA, Federico, "Acústica y Sistemas de Sonido", Pág. 21.

²⁵ NBE-CA-88 Anexo 1, Pág. 13.

2.1.7. NIVEL DE POTENCIA SONORA (L_W)

Es la potencia sonora tiene como unidad el decibelio [dB], y puede ser calculada mediante la siguiente expresión:²⁶

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ (Ec. 2.4)}$$

Donde:

W = es la potencia acústica considerada, en W .

W_0 = es la potencia acústica de referencia, que se establece en $10^{-12} W$.

2.1.8. INTENSIDAD SONORA (I)

La intensidad de una onda sonora es la velocidad con la que la energía fluye a través de un medio. Puesto que la rapidez con la que fluye la energía es la potencia de una onda, la intensidad puede relacionarse con la potencia por unidad de área que pasa por un punto dado.

Las unidades para la intensidad resultan de la relación de una unidad de potencia entre una unidad de área, la intensidad se expresa en W/m^2 ²⁷

2.1.9. NIVEL DE INTENSIDAD SONORA (L_i)

Se define como 10 veces la razón entre la intensidad de un sonido "I" y la intensidad de referencia y se la define mediante la siguiente expresión:²⁸

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (Ec. 2.5)}$$

²⁶ <http://www.suratep.com/higiene/articulos/394/index2.php>, 08/08/09.

²⁷ DE LA FUENTE Leopoldo, "El Sonido", Pág. 4

²⁸ <http://www.suratep.com/higiene/articulos/394/index2.php>, 08/08/09.

Donde:

I = es la intensidad acústica considerada en W/m^2

I_0 = es la intensidad acústica de referencia, que se establece en $10^{-12} W/m^2$

2.2. CONCEPTOS AISLAMIENTO ACÚSTICO

2.2.1. AISLAMIENTO ACÚSTICO

Es el empleo de estructuras o materiales usados y diseñados para reducir la transmisión del sonido de un ambiente a otro de un edificio, o también, evitar que el ruido que se genera en el exterior se transmita al interior del edificio. El grado de aislamiento acústico depende del material o estructura empleado.²⁹

2.2.2. RUIDO DE FONDO

Todos los seres humanos están expuestos a ondas sonoras, estas pueden contener información útil, como por ejemplo conversaciones, escuchar música, escuchar noticias, entre otras; también hay otras que contienen información acerca del entorno, que no son notorias debido a que están muy integradas al ambiente, sin embargo también existen otro tipo de ondas que no son agradables, estos sonidos no deseados reciben el nombre de ruido³⁰.

El ruido puede provenir del exterior y del interior: el tráfico, la gente, la calle, niños, música, vecinos, electrodomésticos, etc. pueden provocar efectos de muy variada índole, y pueden causar problemas de salud tales como trastornos del sueño, cambios de humor, estrés, falta de concentración, problemas de aprendizaje, etc. Estos problemas en un inicio pueden ir desde simples molestias hasta problemas clínicos no reversibles o alteraciones psíquicas severas. De todos estos

²⁹ CYRRIL M. Harris: "Dictionary of Architecture & Construction 2300 illustrations", 2006, Pág. 913.

³⁰ El ruido básicamente es un sonido aleatorio que contiene una mezcla compleja de frecuencias de valor impredecible. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

problemas. El más estudiado y cuantificable de los efectos en el ser humano es la pérdida de la audición.

Las autoridades médicas en todo el mundo aseguran que la mayoría de enfermedades nerviosas han ido aumentando principalmente por la influencia del ruido en el ambiente, por otra parte numerosos experimentos han demostrado que el rendimiento de una persona disminuye en grandes proporciones en calidad y cantidad por la presencia de ruidos.

El ruido afecta de tres maneras la percepción de la palabra hablada: a) por alteración del espectro, b) por enmascaramiento y c) por confusión de patrones temporales. Cuando un ruido se superpone a un sonido útil, el espectro resultante difiere del original, y dado que la percepción se inicia con un análisis de espectro, resulta un patrón espectral alterado que dificulta su interpretación.³¹

“La evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto en cada banda de octava entre 63 Hz y 8KHz con un conjunto de curvas de referencia denominadas NC (“Noise Criteria”).

Las curvas NC son, además, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximo recomendables para diferentes tipos de recintos.....”³²

³¹ MIYARA Federico “El Ruido y la Inteligibilidad de la Palabra”, 1999, Pág. 2

³² CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 42.

2.2.3. CURVAS NOSIE CRITERIA (NC)

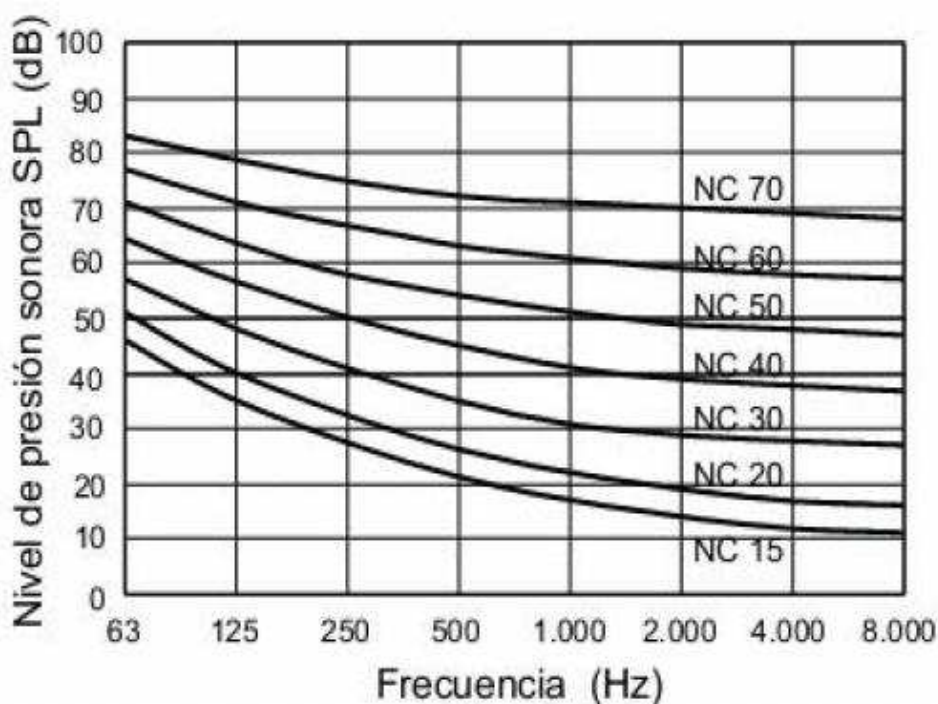


FIGURA 2.6 – Curvas NC³³

Es un índice dado por Leo Beranek en 1957, con el que se pretendió originalmente relacionar el espectro de un ruido con la perturbación que producía en la comunicación verbal, teniendo en cuenta los niveles de interferencia de la palabra y los niveles de sonoridad.³⁴

La evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente, se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto, en cada banda de octava comprendida entre 63 Hz y 8 kHz, con el conjunto de curvas de referencia NC (*Noise Criteria*).³⁵

Las curvas NC son, además, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en

³³ CARRIÓN, Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", 2001, Pág. 42.

³⁴ RECUERO Manuel, "Acústica arquitectónica". Segunda edición 1993,

³⁷ CARRIÓN, Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", 2001, Pág. 42.

función de su aplicación (oficinas, salas de conferencias, teatros, salas de conciertos, etc.).

Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC cuando los niveles de ruido de fondo, medidos en cada una de dichas bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente.

Como se puede observar en la Figura 2.6, los niveles permitidos en frecuencias bajas, son más elevados que los correspondientes a frecuencias altas, pues las curvas NC están en función a la sensibilidad del oído humano.

TABLA – 2.1 *Curvas NC recomendadas y niveles de ruido de fondo equivalentes (en dBA)³⁶.*

TIPOS DE RECINTOS	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudios de grabación	15	28
Salas de conciertos y teatros	15-25	28-38
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30	33-42
Salas de conferencias / Aulas	20-30	33-42
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35	42-46
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40	46-50
Restaurantes	35-40	46-50
Salas de ordenadores	35-45	46-55
Cafeterías	40-45	50-55
Polideportivos	40-50	50-60
Talleres (maquinaria Ligera)	45-55	55-65
Talleres (maquinaria Pesada)	50-65	60-75

³⁶ CARRIÓN, Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", 2001, Pág. 43.

2.2.4. PERDIDA POR TRANSMISIÓN (TL)

Es la reducción sonora entre dos espacios y depende de todos los elementos de la estructura que los separan. Por lo tanto, al momento de cuantificar la reducción sonora total se deben considerar todas las vías de transmisión sonora posibles. El aislamiento acústico a ruido aéreo que presentan elementos como paredes, puertas, ventanas o similares, se puede definir como la pérdida de energía debido a las reflexiones y a la absorción que experimenta la onda sonora incidente al atravesar dicho elemento. Las propiedades de aislamiento de sonido de dichos elementos pueden establecerse si se conoce la diferencia de nivel de intensidad incidente y nivel de intensidad transmitida a través de estos. Esta diferencia se denomina pérdida de transmisión sonora y se la conoce como TL por la expresión en inglés: Transmission Loss.³⁷

El TL se calcula a través de la ley de la masa (ver subcapítulo 2.2.10.) la cual predice la pérdida de transmisión sonora de una masa superficial (masa de un panel de 1 m²) y su frecuencia. El índice TL se incrementa en 6dB cada vez que duplicamos la masa superficial o la frecuencia.³⁸

2.2.5. AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO (R)

Es un índice que se lo recomienda en el artículo 10 de la norma NBE-CA-88 el cual permite obtener valores de aislamiento acústico proporcionados por particiones simples constituidas por mampostería o materiales homogéneos los cuales dependen exclusivamente de su masa, por este motivo son aplicables las siguientes ecuaciones que determinan el aislamiento R valorado en dBA, en función de la masa por unidad de superficie m , expresada en kg/m^2 .

$$m \leq 150 \frac{kg}{m^2} R = 16,6 \log m + 2, \text{ en dBA (Ec. 2.6)}$$

³⁰ IMPACTO ACÚSTICO, "Conceptos Básicos de Sonido y Acústica", Pag.11.

³⁸ MARSHALL DAY, "Manual de usuario programa INSUL", Teoría.

$$m \geq 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} R = 36,5 \log m - 41,5, \text{ en dBA (Ec. 2.7)}$$

Donde:

m = densidad del material en $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Las particiones prefabricadas constituidas por elementos blandos a la flexión (frecuencia de coincidencia $f_c \geq 2.000$ Hz), como fibras o virutas aglomeradas, placas de yeso laminado, etc., no responden a las ecuaciones anteriores. Su aislamiento es generalmente superior, dependiendo en gran parte de su diseño y realización, por lo que sus propiedades acústicas se determinarán y garantizarán mediante ensayo.³⁹

2.2.6. CLASE DE TRANSMISIÓN SONORA (STC)

La STC es un índice de número único calculado de acuerdo con la norma ASTM E413, mediante el uso de valores de pérdida por transmisión de sonido que cuantifica el aislamiento acústico proporcionado por una partición (pared, puerta, ventana, etc.). Se obtiene a partir de las pérdidas por transmisión del sonido en las 16 bandas de tercio de octava entre 125 y 4000 Hz.

La finalidad de la clase de transmisión de sonido es evaluar las particiones con respecto a ruidos tales como el habla, que tiene la mayoría de su energía en el rango de frecuencias medias y altas. Cuando el ruido que se debe atenuar tiene un componente importante de baja frecuencia, la reducción percibida del ruido tiende a ser menor que la indicada por el STC.⁴⁰

³⁹ NBE-CA-88 Anexo 3 Aislamiento Acústico de los Elementos Constructivos, Pág. 30.

⁴⁰ FIBER GLASS COLOMBIA, "Conceptos Básicos De Acústica - Aislamiento Del Sonido Transmitido Por El Aire - (VI Parte)", Pág. 3.

La STC es el resultado de TL obtenido a través de la curva de referencia a 500Hz. El cálculo del STC, consiste en medir el comportamiento de la reducción de ruido en frecuencias de ensayo, se define desplazando la curva de referencia (o curva de nivel) hasta que se cumplan las dos reglas siguientes:

- Que no haya más de 8 dB de deficiencia en ninguna banda de un tercio de octava.
- Que la cantidad total de deficiencias no exceda el número de 32.

En la figura 2.5 se explica el procedimiento de ajuste para la obtención de La STC, podemos observar que la curva se ajusta hasta que la media de las desviaciones es 2 dB o menos y ningún valor de pérdida por transmisión está más de 8 dB por debajo de la curva de referencia. El STC (en este caso 27) es el valor del contorno para 500 Hz.

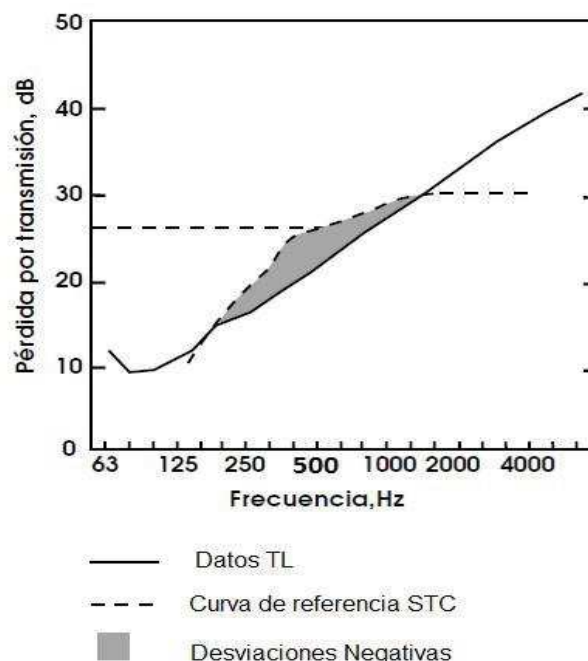


FIGURA 2.5 – Procedimiento de ajuste para la obtención de La STC. ⁴¹

⁴¹ FIBER GLASS COLOMBIA, "Conceptos Básicos De Acústica - Aislamiento Del Sonido Transmitido Por El Aire - (VI Parte)", Pág. 4.

2.2.7. ÍNDICE PONDERADO DE REDUCCIÓN DE SONIDO (R_W)

El R_W es un índice muy similar al STC y fue desarrollado por ISO, este índice utiliza un rango en frecuencia algo diferente (100 - 3150Hz respecto a 125 - 4000 Hz para STC) y no incluye la limitación del número de puntos mayor de 8dB por debajo de la curva de valoración. En general los dos índices suelen dar el mismo valor o con diferencias de 1 o 2 dB, por tanto estos índices pueden prácticamente ser equivalentes entre ellos.

Como se comentó anteriormente ambos índices fueron desarrollados esencialmente para valorar la eficiencia de un paramento frente a fuentes de ruido como la palabra.⁴²

2.2.8. CLASE DE TRANSMISIÓN INTERIOR EXTERIOR (OITC)

ASTM ha desarrollado el índice “Outdoor Indoor Transmission class” (Clase de Transmisión Interior Exterior, OITC) que evalúa la efectividad de la atenuación de ruido que tiene una partición que separa el ambiente exterior del interior. Este índice es un valor de reducción de ruido medido en dBA., es un único número que proporciona una mayor indicación de las prestaciones de una partición frente a fuentes de ruido ambiental típicas como por ejemplo el ruido de tráfico.⁴³

2.2.9. PARTICIÓN SIMPLE

Una partición simple es aquella que tiene sus dos caras exteriores rígidamente conectadas, de manera que se mueven como si fuesen una. Son normalmente constituidas por un material homogéneo como por ejemplo: escayola, vidrio, hormigón sólido, bloques de hormigón, una partición tipo “sándwich” puede actuar

⁴² MARSHALL DAY ACOUSTICS, “Manual de usuario programa INSUL”, Métodos de Cálculo.

⁴³ COWAN P. James, “Handbook of Environmental Acoustics”, Pág. 106-107.

como una partición simple si su interior es rígido, por mampostería de piedra o por elementos prefabricados. La pérdida por transmisión del sonido de un panel simple depende sobre todo de su masa por unidad de área, su rigidez y el amortiguamiento intrínseco en el material o en los bordes del panel.⁴⁴

2.2.10. LEY DE MASA

La ley de masa es una expresión que se utiliza para predecir la pérdida por transmisión de particiones simples. La ley de masa se describe simbólicamente como:

$$TL = 20\log_{10}(mf) - 48 \text{ (Ec. 2.8)}$$

Donde:

TL = Pérdida por transmisión, dB

m = densidad superficial, kg/m^2

f = frecuencia, Hz

Una explicación sencilla de la ley de la masa es que el movimiento o vibración de la pared está controlado por su inercia, el comportamiento de una pared con poca masa es tal que la vibración en la pared se reduce conforme se incrementa la masa o su frecuencia de vibración.

Para predecir las prestaciones de un material utilizando la ley de la masa solo es necesario saber la densidad y el espesor del material.⁴⁵

Se espera un aumento en la pérdida de transmisión al aumentar la densidad superficial, ya que cuanto más pesada es la partición, menos vibra en respuesta a las ondas sonoras y por tanto, menos energía sonora irradia hacia el otro lado.

⁴⁴ NEUFERT Ernst, "Arte de Proyectar en Arquitectura", 1975, Pág. 85.

⁴⁵ MARSHALL DAY, "Manual de usuario programa INSUL", Teoría.

La ley de masa predice que la pérdida por transmisión aumentará en 6 dB por cada duplicación de la densidad superficial o la frecuencia. Puede lograrse un aumento de la masa aumentando el grosor del material o seleccionando materiales más densos.⁴⁶

2.2.11. FRECUENCIA DE COINCIDENCIA

La frecuencia de coincidencia es un fenómeno en el cual la energía acústica incidente que se transmite a través de los tabiques en forma de ondas de reflexión que se acoplan con las ondas del campo acústico produciéndose una notable disminución del aislamiento. El fenómeno de la coincidencia es un efecto típico de las paredes simples.⁴⁷ Este fenómeno también puede ocurrir en las paredes dobles, ya que una pared doble está compuesta por 2 paredes simples. La rigidez y el grosor del material son los factores determinantes para la ubicación de la frecuencia crítica, mientras más rígida o gruesa sea la capa del material, más baja será la frecuencia.

$$f_c = \frac{6,4 \cdot 10^4}{d} \sqrt{\frac{\rho(1-\sigma^2)}{E}} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

d = espesor de la pared en m

ρ = densidad del material de la pared en kg/m^3

σ = coeficiente elástico de Poisson del material. Adimensional

E = modulo de elasticidad de Young del material, en N/m^2

⁴⁶ FIBER GLASS COLOMBIA, "Conceptos Básicos De Acústica - Aislamiento Del Sonido Transmitido Por El Aire - (VI Parte)", Pág. 6.

⁴⁷ NBE-CA-88 Anexo 1 Aislamiento Acústico de los Elementos Constructivos, Pág. 18.

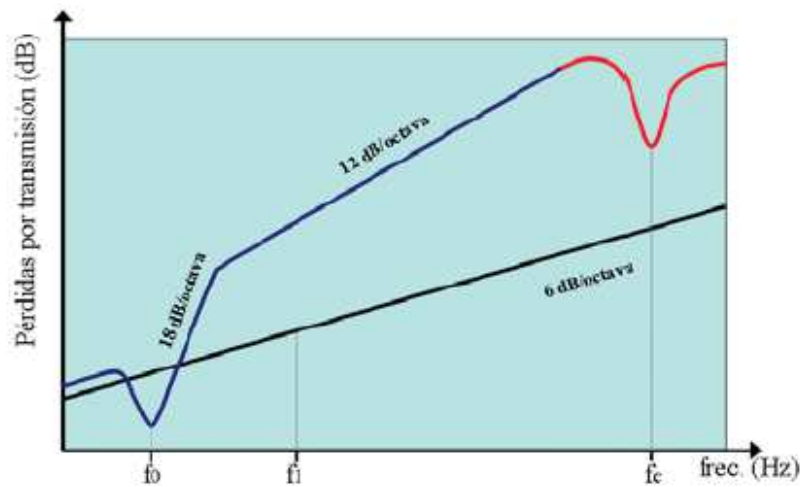


FIGURA 2.7 – Caída del aislamiento en la zona de coincidencia⁴⁸

Para solucionar el problema simplemente hay que emplear dos tabiques diferentes, con distinta densidad superficial o distinta rigidez a la flexión, es decir utilizar tabiques de distintos materiales o bien utilizar tabiques de un mismo material pero con espesores diferentes. De este modo, la frecuencia de coincidencia de un tabique (f_{c1}) será distinta a la del otro tabique (f_{c2}), y por lo tanto la pérdida del aislamiento acústico en cada uno de ellos lo compensará el otro.

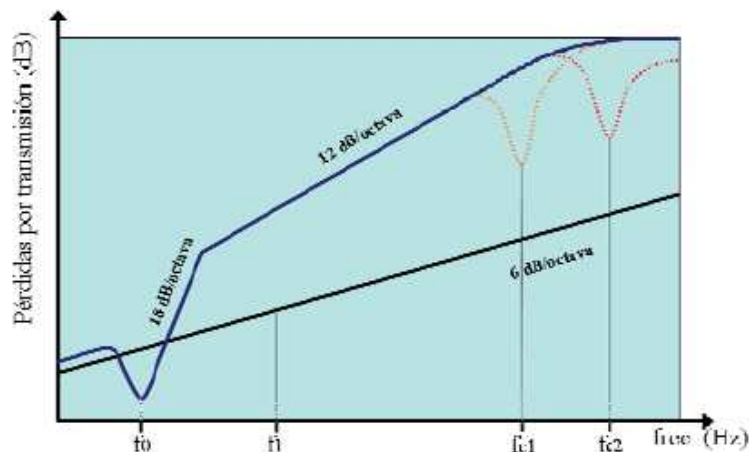


FIGURA 2.8 – Solución a la Coincidencia⁴⁹

⁴³ AGUILAR José, "Optimización Del Aislamiento Acústico A Ruido Aéreo En Sistemas De Doble Pared De Yeso Laminado Y Lana De Roca.", Pág. 3.

⁴⁹ AGUILAR José, "Optimización Del Aislamiento Acústico A Ruido Aéreo En Sistemas De Doble Pared De Yeso Laminado Y Lana De Roca.", Pág. 3.

2.3. CONCEPTOS ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

2.3.1 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El acondicionamiento acústico tiene como finalidad lograr que el sonido proveniente de una fuente sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal, esta uniformidad no siempre se consigue, y mediante el acondicionamiento acústico se intenta aproximarse a las condiciones ideales a través de utilizar las cualidades de absorción o reflexión de los materiales constructivos de cubierta, mampostería, y suelos además de los objetos, equipamiento y la presencia de otros elementos en el recinto. De hecho, cosas aparentemente triviales como la colocación o eliminación de una moqueta, una cortina o un panel, son cruciales y pueden cambiar las condiciones acústicas de un recinto.

2.3.2 PROPAGACIÓN DEL SONIDO

El sonido es una vibración que se puede dar en cualquier medio: sólido, líquido o gaseoso. El sonido se transmite por las moléculas que forman el medio, estas a su vez, transmiten ese movimiento a las moléculas vecinas y así sucesivamente.⁵⁰

El sonido se propaga a una diferente velocidad según sea la densidad del material o medio. Cuanto más denso sea el medio, mayor será la velocidad de propagación del sonido. En el vacío, el sonido no se propaga, al no existir moléculas que puedan vibrar.

En el aire, el sonido se propaga a una velocidad aproximada de 343 m/s. Esta velocidad puede variar con la densidad del aire, afectada por factores como la temperatura o la humedad relativa.

⁵⁰ MAGGILO Daniel, "Apuntes de Acústica",

En el agua, un valor típico de velocidad del sonido son 1500 m/s. En el agua, la densidad varía mucho en función de factores como la profundidad, la temperatura o la salinidad.

En materiales metálicos, el sonido se propaga a velocidades superiores a las anteriores, por ejemplo, en el acero el sonido se propaga a una velocidad en torno a 5000 m/s

Cuando un sonido se propaga en un medio y encuentra un obstáculo, pueden ocurrir varios fenómenos: reflexión, difracción y absorción.

2.3.2.1. REFLEXIÓN

Una reflexión es el fenómeno físico por el cual un sonido que incide sobre una superficie es reflejado. Si la superficie es lisa la reflexión es especular. Si la superficie es irregular el sonido se refleja en múltiples direcciones.



FIGURA 2.9 – Reflexión del sonido en una pared lisa.⁵¹

⁵¹ <http://www.porque.es/imagenes/reflexion.jpg>, 14/08/09.

2.3.2.2. DIFRACCIÓN

Es un fenómeno físico característico de las ondas que consiste en la dispersión y curvado aparente de las ondas cuando encuentran un obstáculo, esta distorsión se produce cuando el valor de la longitud de onda del sonido incidente es de dimensiones similares a la de obstáculo.

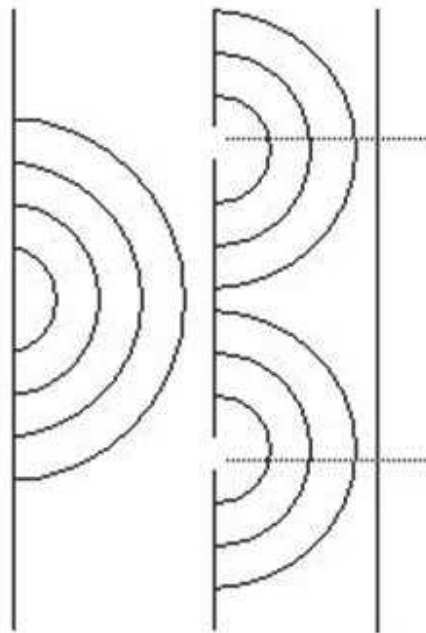


FIGURA 2.10 – Difracción⁵²

2.3.2.3. ABSORCIÓN

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto. Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

⁵² <http://www.cienciaonline.com/wp-content/uploads/2007/07/difraccion.JPG>, 14/08/09

$$A_f = \alpha_f \cdot S \text{ (Ec. 2.10)}$$

$$A = \alpha_m \cdot S \text{ (Ec. 2.11)}$$

Donde:

A_f Es la absorción para la frecuencia f en m^2 Sabine.

A Es la absorción medida en m^2 Sabine.

α_f Es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f .

α_m Es el coeficiente medio de absorción del material.

S Es la superficie del material, en m^2 .

2.3.2.4. TRANSMISIÓN

Es el fenómeno por el cual la energía incidente traspasa el obstáculo y se irradia en el espacio adyacente a través de la parte posterior del mismo objeto.

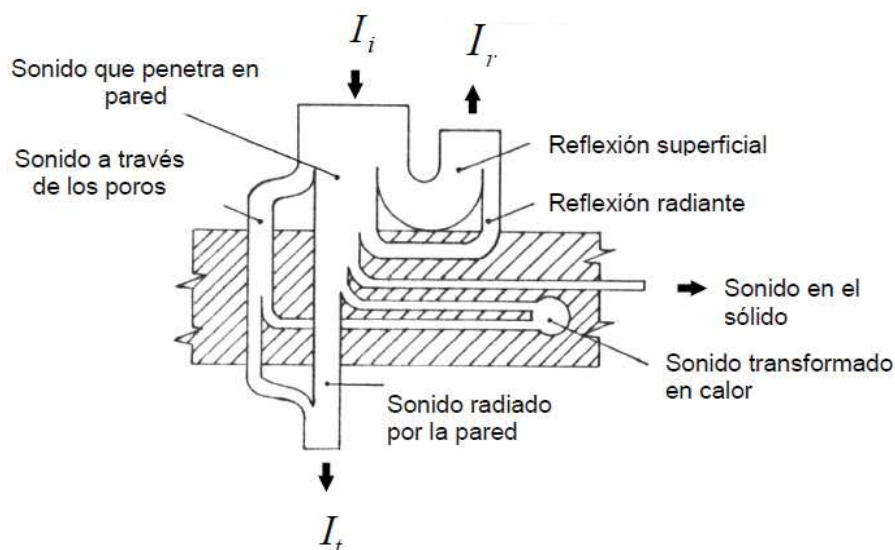


FIGURA 2.10 – Transmisión del sonido a través de un sólido.⁵³

⁵³ SOMMERHOFF Jorge, "Acústica de Locales", Pág.5.

Donde:

I_i Intensidad de sonido incidente

I_r Intensidad de sonido reflejado

I_t Intensidad de sonido transmitido

I_A Intensidad de sonido absorbido

2.3.3. SONIDO DIRECTO Y PERCEPCIÓN DE REFLEXIONES

La energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado, llega a un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo de dos formas diferentes:

- La energía llega de forma directa (sonido directo), es decir, como si fuente y receptor estuviesen en el espacio libre.
- La energía lo hace de forma indirecta (sonido reflejado), al ir asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto.

En un punto cualquiera del recinto, la energía correspondiente al sonido directo depende exclusivamente de la distancia a la fuente sonora, mientras que la energía asociada a cada reflexión depende del camino recorrido por el rayo sonoro, así como del grado de absorción acústica de los materiales utilizados como revestimiento de las superficies implicadas.

Lógicamente, cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones, respectivamente.

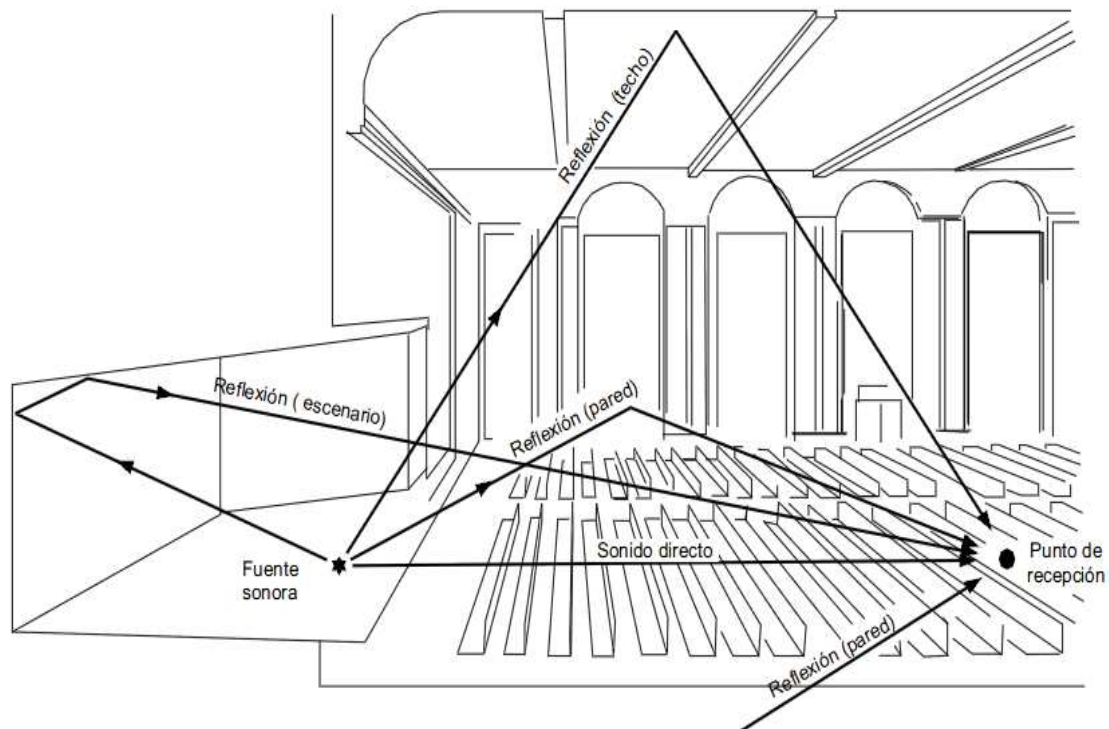


FIGURA 2.1– Ejemplo de llegada de sonido directo y primeras reflexiones.⁵⁴

Las reflexiones que llegan dentro de los primeros 50 ms son asociadas por el oído humano como sonido directo, estas reflexiones contribuyen a mejorar la inteligibilidad y producen un aumento de sonoridad cuando es un mensaje oral.

Por el contrario, si una reflexión llega después de 50 ms con un nivel elevado de sonido, resulta desfavorable para una buena inteligibilidad, porque el oído la percibe como una repetición del sonido directo, a este fenómeno se le denomina eco.⁵⁵

⁵⁴ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 51.

⁵⁵ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 52.

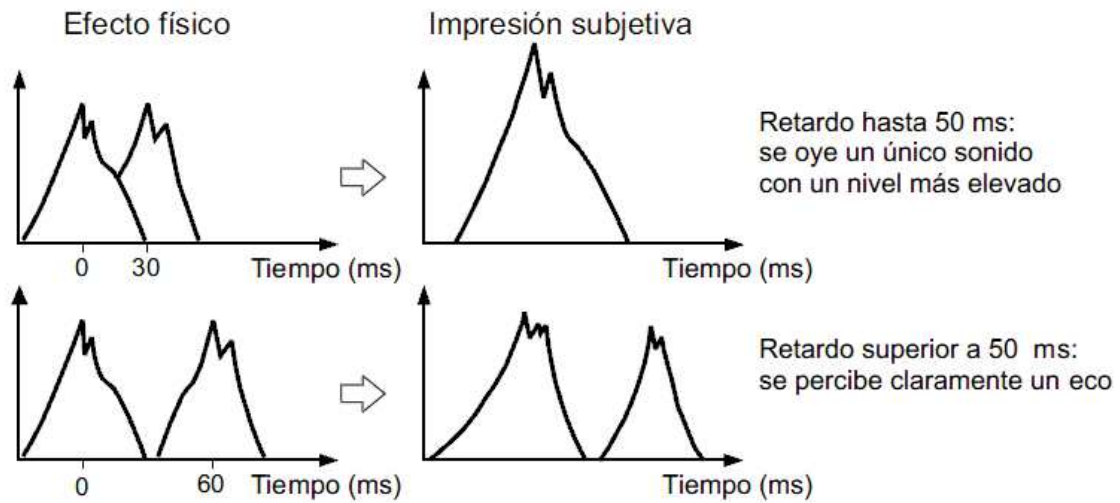


FIGURA 2.12 – Superposición de sonidos con diferentes retardos e impresión subjetiva asociada⁵⁶.

2.3.4. ECO FLOTANTE (FLUTTER ECHO)

El eco flotante consiste en una repetición múltiple, de un sonido en un corto intervalo de tiempo, y aparece cuando la fuente se sitúa entre dos paredes paralelas lisas y reflectantes.

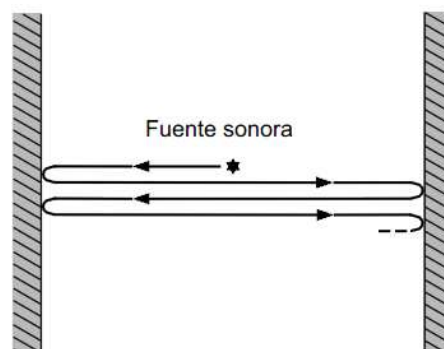


FIGURA 2.13 – Eco Flotante⁵⁷

⁵⁶ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 53.

⁵⁷ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 55.

2.3.5. MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN

“En toda sala existen ondas estacionarias que son la combinación de ondas incidentes y reflejadas en las paredes de la misma, que al interactuar entre ellas van a generar los modos normales de vibración propios de una sala. Cada modo normal está asociado a una frecuencia, cuyo valor de nivel de presión sonora va a ir variando en función del punto que se esté estudiando dentro de la sala.”⁵⁸

Los modos normales de vibración están en función de la geometría y las dimensiones de la sala. Determinar sus valores resulta muy complicado, al menos que la forma se la de un paralelepípedo, para este caso se puede utilizar la fórmula de Rayleigh.

$$f_{k,m,n} = 172,5 \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Donde:

L_x , L_y y L_z representan las dimensiones de la sala (en metros)

k , m , n pueden tomar cualquier valor entero (0, 1, 2, 3, ..).

Cada combinación de valores k , m , n da lugar a una frecuencia y modo propio asociado, que recibe el nombre de modo propio k , m , n . Por ejemplo, la combinación:

$k = 2$, $m = 1$, $n = 1$ da lugar al modo propio 2, 1, 1.

“El número de modos normales es infinito, y aunque su distribución a lo largo del eje de la frecuencia es discreta, va aumentando su densidad conforme aumenta la frecuencia. Esto provoca una concentración de energía alrededor de las diferentes frecuencias de los modos normales, dando un sonido característico a cada sala,

⁵⁸ CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 56.

que recibe el nombre de “coloración”, que es mucho más notorio en salas de dimensiones relativamente pequeñas, como por ejemplo en estudios de grabación.⁵⁹

2.3.6. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)

Es uno de los factores más cruciales en el diseño de una sala. Se denomina reverberación al sonido que persiste en el interior de la sala después de apagada la fuente emisora. La reverberación está formada por el conjunto de reflexiones que se fusionan unas a otras, y que se extinguen con mayor o menor rapidez dependiendo de la absorción y volumen de la sala.⁶⁰

La reverberación puede ser útil cuando su duración sea la adecuada, de esta manera la música se escuchara más viva y la palabra más clara. Por otro lado si el tiempo de reverberación es muy grande, ocurre todo lo contrario por lo que la audición se empeora, al tener menos calidad.⁶¹

Si la persistencia del sonido decae en forma lenta, la sala se denomina *sala viva*, si el decaimiento es muy rápido, la sala se denomina *sala muerta o seca*.

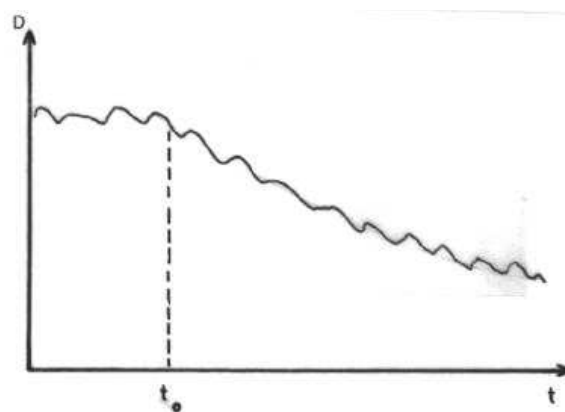


FIGURA 2.14 – Decaimiento de sonido en una sala viva.

⁵⁹ CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 56.

⁶⁰ SOMMERHOFF Jorge, “Acústica de Locales”, 2003, Pág. 105.

⁶¹ RECUERO Manuel, “Acústica arquitectónica”. Segunda edición 1993.

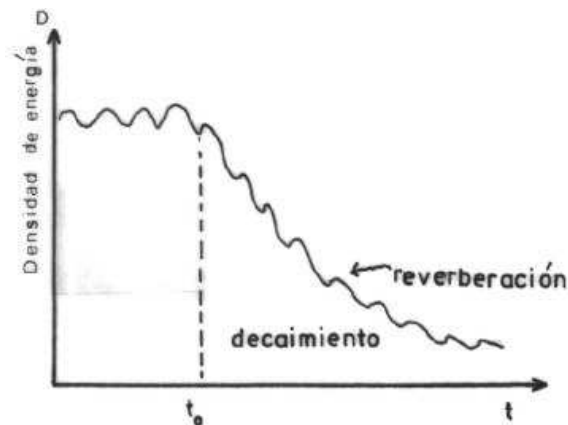


FIGURA 2.15 – Decaimiento de sonido en una sala seca.

El *tiempo de reverberación* permite cuantificar la reverberación de una sala. Fue definido por W. C. Sabine en 1895, como el tiempo necesario para que una vez cortada la fuente sonora en la sala, la energía disminuya a una millonésima parte (60 dB).⁶²

La ecuación más básica que permite cuantificar el *tiempo de reverberación* está dada por:

$$T = 0,16 \frac{V}{A} \text{ (Ec. 2.13)}$$

Donde:

V = Volumen del recinto en m³

A = Absorción total del recinto en m² Sabine

⁶² SOMMERHOFF Jorge, "Acústica de Locales", 2003, Pág. 113.

2.3.7. INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA

El lenguaje es un sistema que consta de signos lingüísticos y éstos mismos nos ayudan a formar oraciones que se convierten en mensajes por los cuales un grupo de personas puede comunicarse. El habla es el acto de poder seleccionar qué signos usar y organizarlos de una manera coherente y correcta mediante reglas propias de cada idioma. Los signos lingüísticos ayudan y permiten reemplazar una idea para comunicarla. Poseen dos aspectos:

- Significado (idea a comunicar)
- Significante (la expresión o imagen utilizada para comunicarla).

En el lenguaje los significantes pueden expresarse de manera gráfica por medio del lenguaje escrito o dibujos, o puede ser de manera acústica a través del lenguaje hablado. “Los significantes son combinaciones de elementos de diversas jerarquías. El mínimo elemento libre es la palabra. En el caso gráfico, el significante está formado por grafemas (por ejemplo, letras). En el caso acústico, por fonemas (por ejemplo, el correspondiente a una consonante).”⁶³

Un fonema es la unidad fonológica más pequeña en la que puede dividirse un conjunto fónico. Cumple una función distintiva y carece de significado. Una palabra, como por ejemplo, *casa* está formada por una serie de cuatro fonemas, ya que el máximo de unidades mínimas en que puede ser dividida es /c/ + /a/ + /s/ + /a/, sin que podamos fragmentar cada uno de estos fonemas en elementos más pequeños; tanto la /c/, como la /a/, como la /s/, como la /a/ son unidades completamente indivisibles.⁶⁴

La palabra desde el punto de vista acústico es una sucesión de emisiones vocales que produce una onda cuya frecuencia y amplitud varían rápidamente en el tiempo. La voz tiene en promedio, un espectro de potencia con una cresta (en los

⁶³ MIYARA Federico, “El ruido y la inteligibilidad de la palabra”, 2004, Pág. 1

⁶⁴ QUILIS Antonio, “Fonética Histórica y Fonología Diacrónica”, 1969, Pág. 42.

hombres) situada alrededor de los 500 Hz y un espectro (en bandas de octava) que decae a partir de los 1000 Hz a razón de unos 8 dB/octava. En las altas frecuencias se incrementa la direccionalidad de la voz.⁶⁵

Cada sílaba de las palabras dura alrededor de 1/8 de segundo y el intervalo entre sílabas es, en promedio, de alrededor de 0,1 segundo. Algunos sonidos como las vocales, son producidos por las cuerdas vocales. Otros sonidos se originan en los ruidos del movimiento del aire a través de la boca y sobre la lengua y los labios.

Los sonidos correspondientes a las vocales no son tan críticos en lo que respecta a la inteligibilidad de la palabra como los de las consonantes. Debido que las consonantes son pronunciadas con más debilidad, pueden ser enmascaradas por el ruido.

La inteligibilidad de la palabra, como índice, cuantifica el porcentaje de comprensión del mensaje oral emitido por una fuente, en la posición del auditor. “Este índice corresponde al porcentaje de logátomos (monosílabas sin significado), que una persona con oído normal, puede escribir correctamente cuando ellos le son dictados en una sala por un locutor con voz normal. Por ejemplo, si a una persona le dictan 200 logátomos y de ellos sólo escribe 160 correctamente, ese lugar de la sala tiene un índice de articulación de un 80 por ciento.”⁶⁶

2.3.7.1. MÉTODO PARA EL CÁLCULO DE LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA

A principios de la década de los años 70, el investigador Holandés V.M.A Peutz llevó a cabo un exhaustivo trabajo a partir del cual estableció una fórmula para el cálculo de la inteligibilidad.

⁶⁵ BERANEK Leo, “Acoustics”, 1969

⁶⁶ SOMMERHOFF Jorge, “Acústica de Locales”, 2003, Pág. 156.

El trabajo se dividió en dos partes perfectamente diferenciadas. La primera consistió en realizar una serie de pruebas de audiencia en diferentes recintos, basadas en la emisión de un conjunto preestablecidos de “logátomos” (palabra sin significado formado por: consonante – vocal – consonante). Cada individuo receptor tomaba nota de lo que escuchaba y, posteriormente, se procesaba toda la información recogida y se establecía una estadística de los resultados obtenidos. Si, por ejemplo, el porcentaje medio de logátomos detectados correctamente en uno de los recintos era de un 85%, entonces se consideraba que la pérdida de información era de un 15%. Como dicha pérdida se asociaba a una percepción incorrecta de las consonantes, Peutz la denominó: % de Pérdida de Articulación de Consonantes (%ALCons: Articulación Loss of Consonants). En el ejemplo anterior, se tendría un %ALCons de un 15%. Además está mencionar que, al tratarse de un parámetro indicativo de una pérdida, cuanto mayor sea, peor será el grado de inteligibilidad existente.

La segunda parte del trabajo consistió en encontrar una ley matemática que, a partir del conocimiento de una serie de parámetros acústicos del recinto en estudio, permitiese hallar el valor de %ALCons en cada punto del mismo, sin necesidad de tener que realizar las laboriosas pruebas de audiencia. Lógicamente, una vez establecida dicha ley, sería posible predecir la inteligibilidad de la palabra en cualquier punto de un recinto todavía por construir.

Para poder calcular la inteligibilidad de la palabra mediante el método del %ALCons se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\%ALCons = \frac{200 \cdot r^2 \cdot RT^2}{V \cdot Q} \quad (\text{para: } r \leq 3.16 \cdot D_c)^{67} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$\%ALCons = 9 \cdot RT(\text{para: } r \leq 3.16 \cdot D_c)^{68} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

⁶⁷ CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 408.

⁶⁸ CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 408.

Donde:

r = distancia entre el emisor (orador o fuente) y el receptor (en m)

RT = tiempo de reverberación de la sala (en s)

V = volumen de la sala en (m^3)

D_c = distancia crítica

$$0.14\sqrt{QR} \text{ (Ec. 2.16)}$$

Q = factor de directividad de la fuente sonora en la dirección considerada

$$Q = \frac{180^\circ}{\text{arc sen} \left(\text{sen} \left(\frac{A}{2} \right) \cdot \text{sen} \left(\frac{B}{2} \right) \right)} \text{ (Ec. 2.17)}$$

A = ángulo de cubrimiento horizontal de la fuente

B = ángulo de cubrimiento vertical de la fuente

R = constante de la sala (en m^2)

$$R = \frac{S_T \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} \text{ (Ec. 2.18)}$$

S_T = Superficie total de la sala (en m^2)

$\bar{\alpha}$ = coeficiente medio de absorción de la sala

TABLA 2.2 – Valoración subjetiva del grado de inteligibilidad de la palabra⁶⁹.

%ALCons	VALORACIÓN SUBJETIVA DE LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA
1,5% - 0%	Excelente
5% - 1,5%	Buena
12% - 5%	Aceptable
25% - 12%	Pobre
46% - 25%	Mala

Como se puede observar en la Tabla 3.41 mientras mayor sea el valor de %ALCons, peor será el grado de inteligibilidad existente en la sala. Habitualmente, el %ALCons se calcula para la banda de 2KHz, por tratarse de la banda de máxima contribución a la inteligibilidad de la palabra.

⁶⁹ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 69.

3. DISEÑO

3.1. UBICACIÓN

La Fundación “*It’s About Kids*” escogió el terreno para la construcción de la Unidad Educativa Montebello Academy en el sector Angamarca de la parroquia Alangasí en el valle de los Chillos junto a la zona del bosque protector del Ilaló por ser una zona ecológica alejada de contaminación ambiental, acústica y visual, condiciones que favorecerán a un adecuado funcionamiento del centro educativo en óptimas condiciones.



FIGURA 3.1 – Ubicación Fundación *It's About Kids*.⁷⁰

⁷⁰ Fuente de imagen Google Earth

3.2. GEOMETRÍA

La geometría del recinto se basó en el tipo de enseñanza personalizada y exigida por la fundación “*It’s About Kids*” de acuerdo a su filosofía de aprendizaje, el tope máximo de ocupación es de 16 alumnos por aula para lo cual el diseño arquitectónico toma como base módulos que sean cercanos a 6 por 6 metros lineales. Debido a que los salones de clase son pequeños y con paredes paralelas, pueden tener problemas con modos normales y ecos flotantes.

3.2.1. VOLUMEN DEL SALÓN DE CLASES

El volumen de cada aula está diseñado en función del número de alumnos que ocuparán el aula, según Ernest Neufert el volumen de aire necesario por estudiante es de $4m^3$, en el caso del diseño arquitectónico existente las aulas cuentan con esta norma ya que dan un volumen de aire de $4.7 m^3$ por persona incluyendo al maestro.⁷¹

TABLA 3.1- Volúmenes de aire por persona.

TIPO DE SALA	VOLUMEN MÍNIMO m ³	VOLUMEN MÁXIMO m ³
SALA DE CONCIERTO	6.2	10.8
SALA DE CINE	2.8	5.1
AULAS ESCOLARES	4.0	-
ESTUDIOS DE GRABACIÓN	28.2	-

⁷¹ NEUFERT Ernst, “Arte de Proyectar en Arquitectura”, 1978, Pág. 218.

3.2.2. FORMA Y DIMENSIONES DE LAS AULAS

La forma asumida en el planteamiento arquitectónico de Montebello Academy, con aulas cuadradas y simétricas que fueron aprobadas y determinadas por los directivos de la Fundación, permiten presumir la presencia de dos problemas acústicos como son: eco flotante y modos normales de vibración.

De acuerdo a las indicaciones dadas por los responsables del proyecto, arquitecto, ingeniero estructural y los propietarios, no se podrá dar soluciones acústicas que afecten a las dimensiones útiles de las aulas, tampoco se podrán emplear soluciones costosas que afecten al presupuesto general del proyecto.

3.2.2.1. CALCULO Y SOLUCIONES APLICADAS

Para la determinación de los modos normales de vibración se utilizo la fórmula de Raileigh, para la solución de esta fórmula se elaboro una aplicación en Excel que facilita la obtención de datos, como el número de aulas a calcularse son catorce, por razones didácticas tomaremos en este estudio como ejemplo de cálculo al aula 1; el cálculo de las otras aulas se adjuntarán en el Anexo 1.

$$f_{k,m,n} = 172,5 \sqrt{\left(\frac{k}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{m}{L_y}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_z}\right)^2} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

Remplazando para el modo normal 0, 0, 1:

$$f_{k,m,n} = 172,5 \sqrt{\left(\frac{0}{6,05}\right)^2 + \left(\frac{0}{5,60}\right)^2 + \left(\frac{1}{2,80}\right)^2}$$

$$f_{k,m,n} = 61,43 \text{ Hz}$$

Según los cálculos de modos normales para las salas de clase se nota que los primeros 25 modos normales de vibración se encuentran por debajo de los 200 Hz.

Para poder eliminar el efecto de los primeros 25 modos normales de vibración y el paralelismo de las paredes, se empleará un artificio constructivo que consistirá en desviar a la mampostería en pequeños ángulos, con esta forma constructiva se acoplará el diseño acústico a los requerimientos de los responsables del proyecto en estudio.

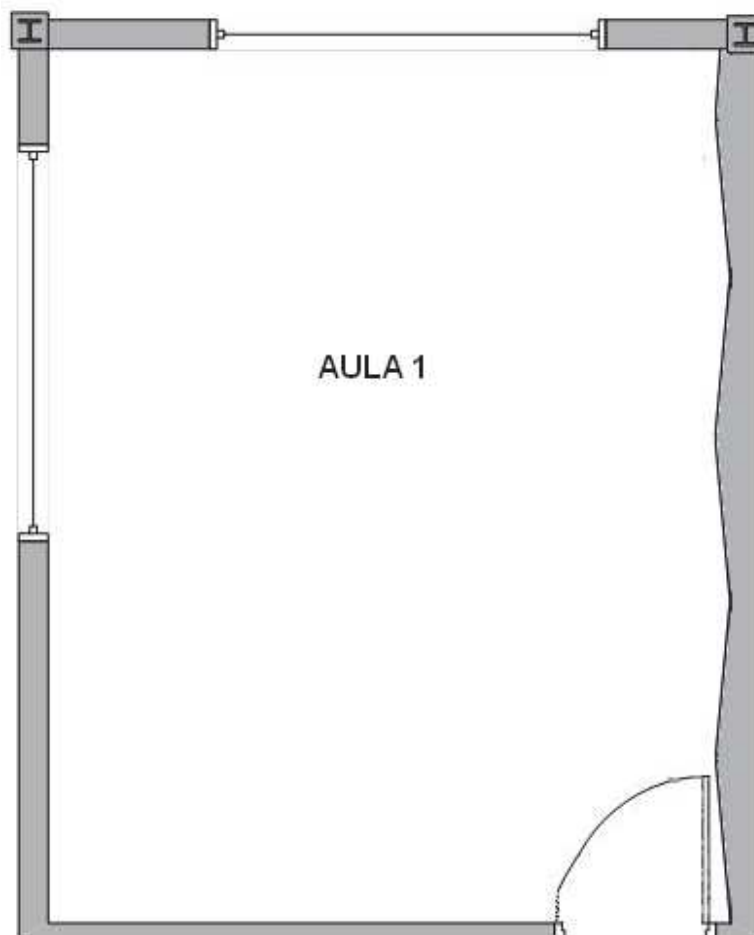


FIGURA 3.2 – Forma Aula 1

TABLA 3.2 – Dimensiones Aula 1

RESUMEN AULA 1	
SUPERFICIE TOTAL (m²)	133.00
SUPERFICIE PAREDES (m²)	53.79
VOLUMEN (m³)	94.86
ÁREA PUERTAS (m²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m²)	9.45
SUPERFICIE PLANTA (m²)	33.88
SUPERFICIE TECHO (m²)	33.88
ALTO (m)	2.8
ANCHO (m)	6.05
LARGO (m)	5.60

El diseño arquitectónico del edificio educativo Montebello Academy esta Compuesto por catorce salas de las cuales 11 salas son aulas de clase, una es la centro de cómputo, y dos son la bibliotecas, además existen oficinas administrativas que no serán consideradas para el presente estudio acústico. Para el cálculo y diseño se realizo el dimensionamiento de las áreas de todas las catorce salas, datos resumidos en los siguientes cuadros:

TABLA 3.3- Áreas, superficie y volumen de aulas 1 - 7.

	SALAS (AULAS)						
	1	2	3	4	5	6	7
SUPERFICIE TOTAL	133.00	133.00	136.54	136.54	135.68	128.80	135.68
SUPERFICIE PAREDES	53.79	58.52	59.64	59.64	59.36	49.15	58.76
VOLUMEN	94.86	94.86	98.25	98.25	97.44	94.08	97.44
ÁREA PUERTAS	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ÁREA VENTANAS	9.45	4.73	4.73	4.73	4.73	10.45	5.32
SUPERFICIE PLANTA	33.88	33.88	35.09	35.09	34.80	33.60	34.80
SUPERFICIE TECHO	33.88	33.88	35.09	35.09	34.80	33.60	34.80

TABLA 3.4- Áreas, superficie y volumen de aulas 8 - 14.

	SALAS (AULAS)						
	8	9	10	11	12	13	14
SUPERFICIE TOTAL	134.80	146.24	135.68	135.68	229.69	163.11	393.48
SUPERFICIE PAREDES	55.95	57.18	58.76	58.76	69.66	62.58	84.29
VOLUMEN	96.60	107.52	97.44	97.44	162.03	116.04	384.24
ÁREA PUERTAS	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ÁREA VENTANAS	7.85	10.26	5.32	5.32	42.30	15.64	34.74
SUPERFICIE PLANTA	34.50	38.40	34.80	34.80	57.87	41.44	137.23
SUPERFICIE TECHO	34.50	38.40	34.80	34.80	57.87	41.44	137.23

3.3 AISLAMIENTO ACÚSTICO

Respecto al aislamiento se ha determinado cuál es la condición óptima del mensaje emitido - percibido, y el nivel del mensaje intruso o ruido. Además se ha considerado la falta de privacidad, que se produce cuando otro mensaje hablado se hace inteligible en los momentos de silencio.

Se debe tener en cuenta que el mecanismo de audición puede, en cierta manera, discriminar la información no deseable si ésta cae fuera del espectro del habla. Por lo general el ruido de fondo en las escuelas solo tiene dos orígenes el ruido de fondo o exterior, y el ruido producido en el interior de las dependencias del centro escolar, en el interior de las aulas el ruido es producido por movimiento de mobiliario, pasos al caminar, caída de objetos, etc. Estos ruidos son ocasionales y transitorios.

3.3.1 RUIDO DE FONDO

Para el presente estudio se realizaron las mediciones en las siguientes condiciones y características:

- Ubicación: En los terrenos de la Fundación “*It’s About Kids*”, en la parroquia Alangasi, sector Angamarca, Valle de los Chillos.
- Hora y día: miércoles entre las 13:00 hrs. y las 14:00 hrs
- Condiciones: Normales

Los niveles medidos se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3.5 - NPS de ruido ambiente zona de ubicación.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
Ruido Ambiente [dB]	47.6	36.2	27.2	28.5	16.5	14.2	14.1

3.3.2 DETERMINACIÓN DEL AISLAMIENTO REQUERIDO

De acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones realizadas en el sitio destinado para la construcción de Montebello Academy, se ha determinado que están dentro de los niveles recomendados por la curva NC-30. Es decir que el ruido de fondo no interfiere con las actividades programadas en el recinto educativo, esto se debe especialmente a que los directivos de la Fundación, pusieron mucho énfasis en obtener un terreno con estas condiciones ambientales.

3.3.2.1. AISLAMIENTO FUENTES EXTERNAS

En las aulas escolares es importante que el entorno tenga un nivel aceptable de ruido de fondo para que no interfiera con las actividades educativas internas. Leo Beranek ⁷²sugiere para salones de clase las curvas NC-20 o NC-30, en el caso de Montebello Academy se tomo la NC-30, que si bien es menos estricta que la NC-20, es suficiente para aulas escolares objetivo de este estudio.

TABLA 3.6 – NPS en bandas de octava correspondiente a la curva NC-30.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dB] Curva NC-30	59.2	48.1	39.9	34.0	30.0	26.9	24.7

En los datos de anteriores se pueden observar los niveles de ruido de fondo máximo esperados, según la curva NC-30, para un correcto funcionamiento de las aulas escolares de Montebello Academy.

TABLA 3.7 – Aislamiento requerido en bandas de octava en el interior.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL requerido [dB]	-11.6	-11.9	-12.7	-5.5	-13.5	-12.7	-10.7

Para determinar el aislamiento requerido de las particiones propuestas procedemos a restar el ruido de fondo medido “*in situ*” (TABLA 3.5) de los valores sugeridos en la tabla de la curva NC-30 (TABLA 3.6), estos valores pueden ser positivos o negativos, en el caso de ser positivos nos indican que es necesario atenuar este nivel de ruido, de ser negativo señalan que el nivel de ruido está por debajo de la curva NC-30 por lo tanto el aislamiento no va a ser exigente (TABLA 3.7).

⁷² CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 138.

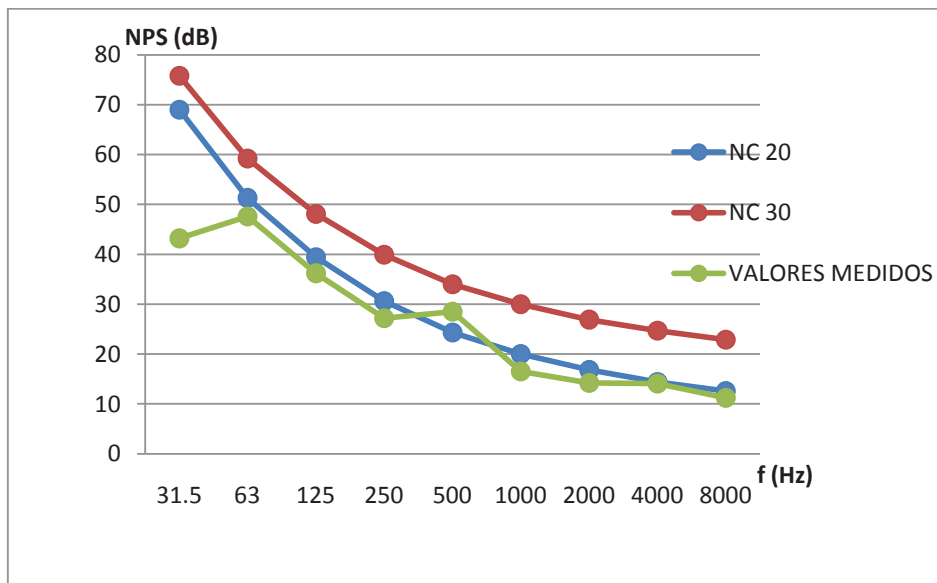


FIGURA 3.3 – Comparación Grafica entre el ruido de Fondo y las curvas NC-30 y NC-20

3.3.2.2. AISLAMIENTO HACIA EL EXTERIOR Y AULAS CONTIGUAS

Para tener una idea aproximada de que cual es el nivel de ruido que puede generar un centro educativo, se realizó mediciones en el colegio Cristiano FEBE que se encuentra ubicado en la calle Caldas y Venezuela en el centro de Quito entre las 16:00 y 17:00hrs, mientras se dictaba una clase.

Con los datos obtenidos en esta medición procedemos de la misma forma que la realizada en el apartado anterior (3.3.2.1.) se efectuara el razonamiento para los valores encontrados.

TABLA 3.8 – Aislación requerida en bandas de octava para el exterior.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dB] Tráfico Alumnos	52.9	46.3	48.5	42.5	37.3	35.7	31.6
NPS [dB] curva NC-30	59.2	48.1	39.9	34.0	30.0	26.9	24.7
TL Requerido [dB]	-6.30	-2.80	8.60	8.50	7.3	8.80	6.90

Como se puede observar en la tabla 3.8 en las frecuencias 63 Hz y 125 Hz los valores son negativos y por tanto están bajo la curva NC-30, mientras que en el resto de frecuencias se tendrá que atenuar el nivel para estar dentro de los valores que indica la curva NC-30.

La presencia del edificio en una zona rural puede constituirse en un elemento contaminante de este ambiente, para evitar esta afectación ambiental con ruidos provenientes del Colegio Montebello Academy, se ha optado por utilizar para este fin la Curva NC-30 tanto para el aislamiento hacia el exterior como para el aislamiento entre salas contiguas.

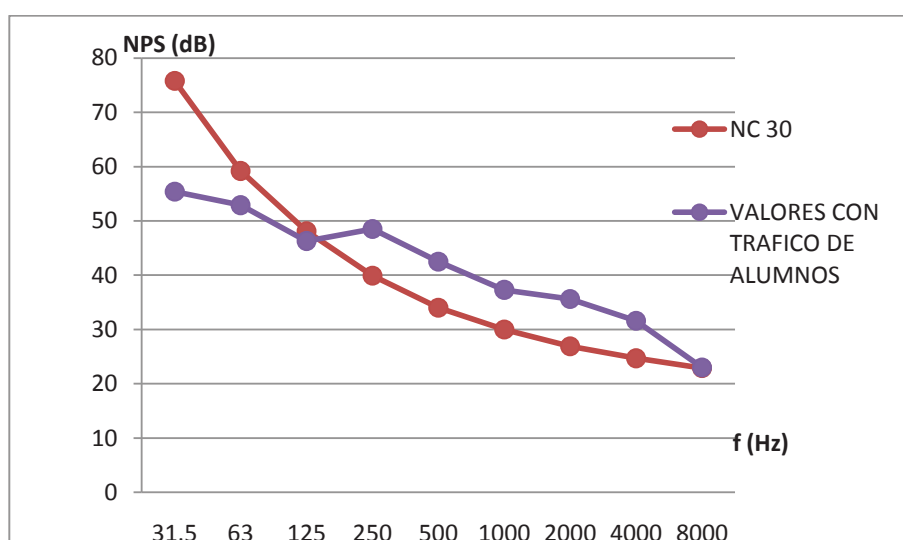


FIGURA 3.4 – Comparación Gráfica entre el tráfico de alumnos y curvas NC-30.

3.3.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO

El sistema constructivo a utilizarse en este proyecto toma como condicionantes la utilización de materiales locales, de mejor calidad y costos adecuados, es decir no se busca lo más económico para no afectar a la calidad final.

3.3.3.1. AISLAMIENTO DE MAMPOSTERÍA

La mampostería en el edificio de la Unidad Educativa Montebello Academy está diseñada para emplear bloques de hormigón en dos tamaños diferentes, el primero de 20 x 20 x 40 es un bloque vibro prensado de uso pesado esto quiere decir que es un bloque estructural resistente, fabricado por PREFABRICADOS DEL ECUADOR. Este material se empleara en todas las paredes exteriores del edificio. Para las paredes interiores está programado utilizar bloques vibro prensados pesados de 15 x 20 x 40.

Para obtener un mejor aislamiento acústico el bloque será asentado con el ahuecado hacia arriba para poder rellenar los vacios del bloque con agregado fino (arena) y se utilizara como pegante tanto como para las paredes externas e internas un mortero de relación 1:2 que significa se utilizará por cada volumen de cemento dos de arena.

Las paredes se recubrirán con un enlucido de 20 mm como máximo de espesor y con un acabado paleteado fino y esponjado, el material que se empleara para el enlucido será un mortero de relación 1:2.

Se puede comprobar que una mampostería con bloque de 200 mm, permitiría obtener un nivel de 39.7 dB de aislamiento hacia el exterior. Para este cálculo se

utilizó la ecuación (2.7) que cumple con la condición que la densidad superficial sea mayor o igual a 150 kg/m^2 que en este caso es 167.6 kg/m^2 ⁷³.

Remplazando:

$$R = 36.5 \log m - 41,5$$

$$R = 36.5 \log (167,6 \text{ kg/m}^2) - 41,5$$

$$R = 39.7 \text{ dBA}$$

Para el caso de la mampostería de 150 mm, se utilizara la ecuación (2.6) debido a que la densidad superficial de esta partición es de 93.6 kg/m^2 por lo tanto es menor a 150 kg/m^2 .

Remplazando:

$$R = 16.6 \log m + 2$$

$$R = 16.6 \log (93.6 \text{ kg/m}^2) + 2$$

$$R = 34.7 \text{ dBA}$$

El cálculo de pérdidas de transmisión (TL) se ha efectuado inicialmente mediante el uso de la teoría expuesta en el Marco Teórico; sin embargo no es posible modelar fácilmente el comportamiento acústico de aislación de una mampostería.

⁷³ Densidad de la mampostería obtenido a través del programa INSUL[®] versión 6.3.

Es por éste motivo que se recurrió a la ayuda de un software capaz calcular los datos físicos y constructivos de los materiales que componen el muro (densidad, módulo de Young, factor de pérdida, etc.) y graficar su curva de TL correspondiente. El software utilizado se llama INSUL© v6.3 de la empresa neozelandesa *Marshall Day Acoustics* (www.marshallday.com). Este software también entrega los resultados tabulados en bandas de octava, 1/3 de octava y el STC correspondiente.

En el siguiente grafico se muestra el indice de reduccion sonora de la mamposteria en el que se aprecia los valores de TL para cada frecuencia, ademas, se observa la curva STC que confirma el buen nivel de aislamiento de la particion. Se puede observar que la frecuencia critica esta en 210 Hz.

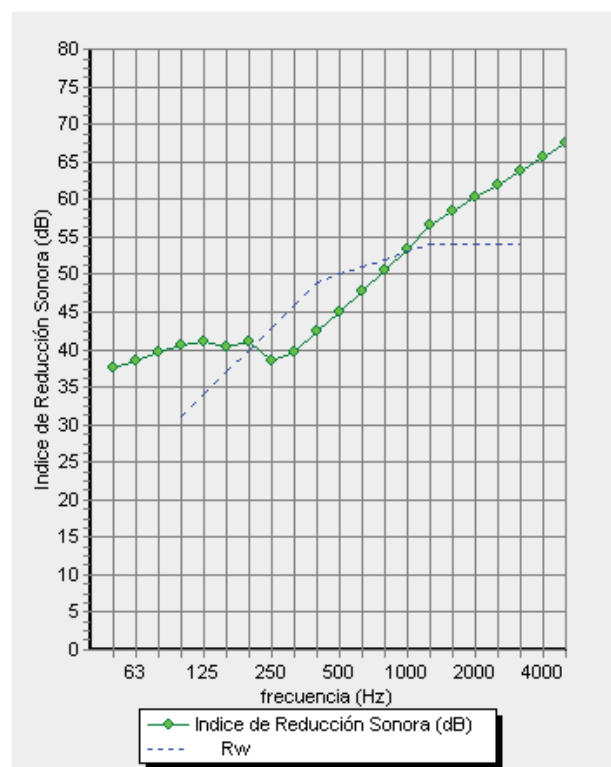


FIGURA 3.5 – Curva TL y Rw Para la mampostería con bloque de 200mm.⁷⁴

⁷⁴ FIGURA obtenida a través del programa INSUL© versión 6.3

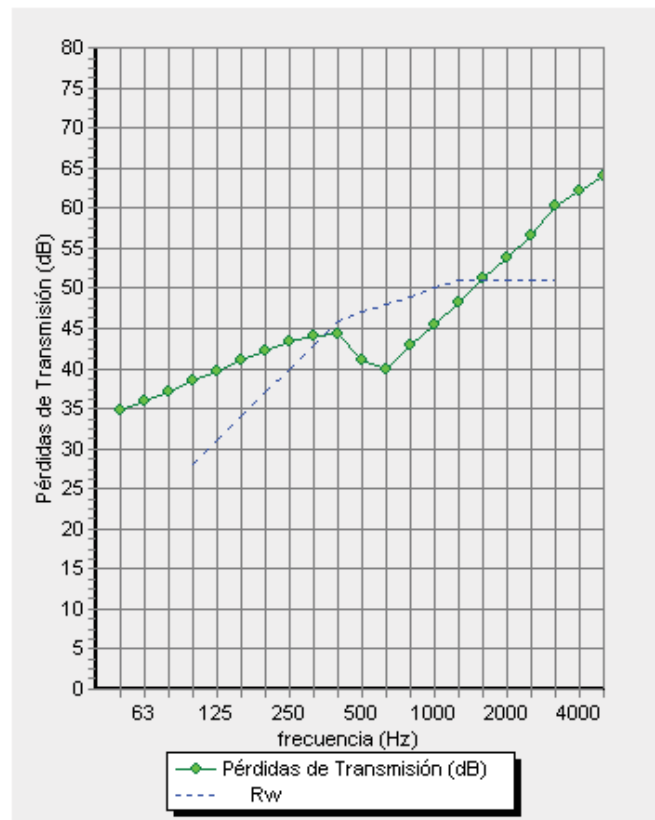


FIGURA 3.5 – Curva TL y Rw Para la mampostería con bloque de 150mm.⁷⁵

El aislamiento acústico de la mampostería fue calculado mediante el software, y se obtuvieron los siguientes datos:

TABLA 3.9 – Valores TL Mampostería.⁷⁶

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL Bloque 200 mm [dB]	38	41	40	45	53	60	65
TL Bloque 150 mm [dB]	36	40	43	41	45	53	62

⁷⁵ FIGURA obtenida a través del programa INSUL[®] versión 6.3

⁷⁶ TL de Mampostería obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

Además, este programa nos indica la valoración de los siguientes índices para los dos tipos de bloque que serán usados en la obra.

TABLA 3.10 – Valores R_w , STC, OITC Mampostería.⁷⁷

MATERIAL	R_w	STC	OITC
Bloque 200 mm [dB]	50	50	45
Bloque 150 mm [dB]	47	47	44

Con los datos obtenidos con el software procedemos a verificar si el TL de la mampostería es suficiente para atenuar los niveles de ruido necesarios, para lo cual se resta el TL de la mampostería del tráfico de alumnos y el valor resultante lo comparamos con la curva NC-30 para verificar la eficiencia de la partición propuesta.

TABLA 3.11. – NPS Filtrado.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
NPS [dB] Tráfico Alumnos	52.9	46.3	48.5	42.5	37.3	35.7	31.6
TL Bloque 200 mm [dB]	38	41	40	45	53	60	65
NPS Filtrado[dB]	14.9	5.3	8.5	-2.5	-15.7	-24.3	-33.4
NPS [dB] curva NC-30	59.2	48.1	39.9	34.0	30.0	26.9	24.7

⁷⁷ Índices R_w , STC, OITC obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

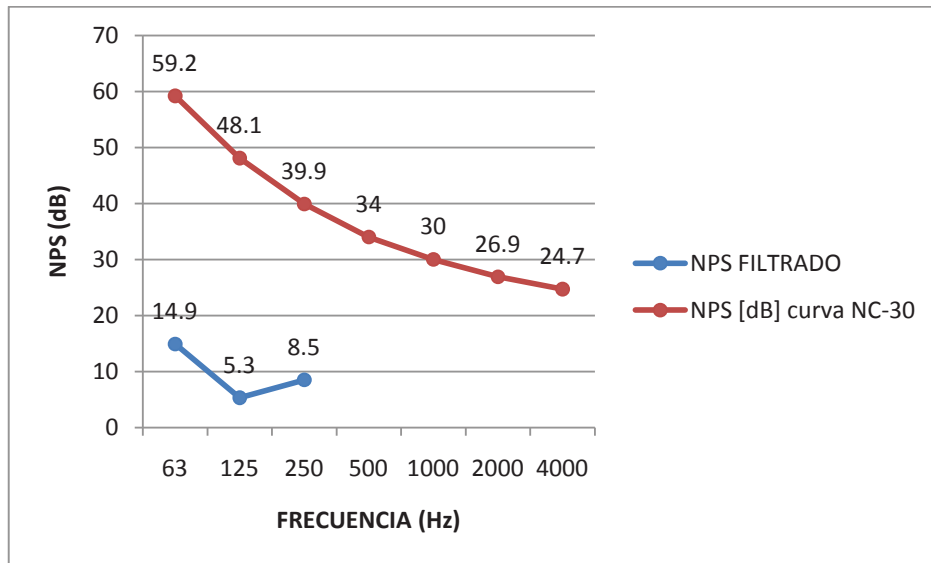


FIGURA 3.6 – Curva NC-30 Vs. NPS filtrado.

3.3.3.2. AISLAMIENTO DE CUBIERTA

Para evitar que el ruido producido tanto por ambiente que rodea al colegio como el generado por las actividades propias de Montebello Academy, los materiales que se emplearan en la cubierta del edificio serán: Galvalumen de 3 mm, tendrá cielo raso falso de Fiberglass USG modelo RADAR que tiene un espesor de 1.6 cm, estará suspendido en la estructura metálica de la cubierta con amarres de alambre galvanizado # 14 y será colocado a 2.80 m sobre el nivel de piso terminado. Fig. 3.6.

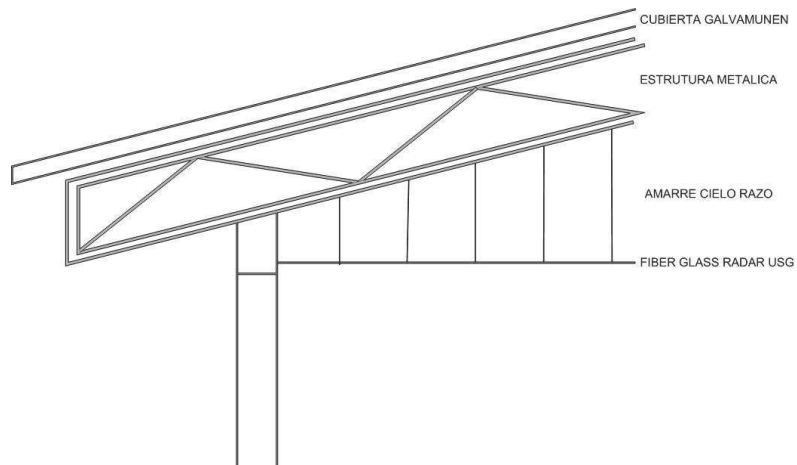


FIGURA 3.7 – Detalle de Cubierta y cielo raso falso.

En el siguiente grafico se muestra el nivel de reducción sonora que tiene la cubierta donde se puede observar claramente la curva característica de la fibra de vidrio, galvalume y la sumatoria de los dos materiales.

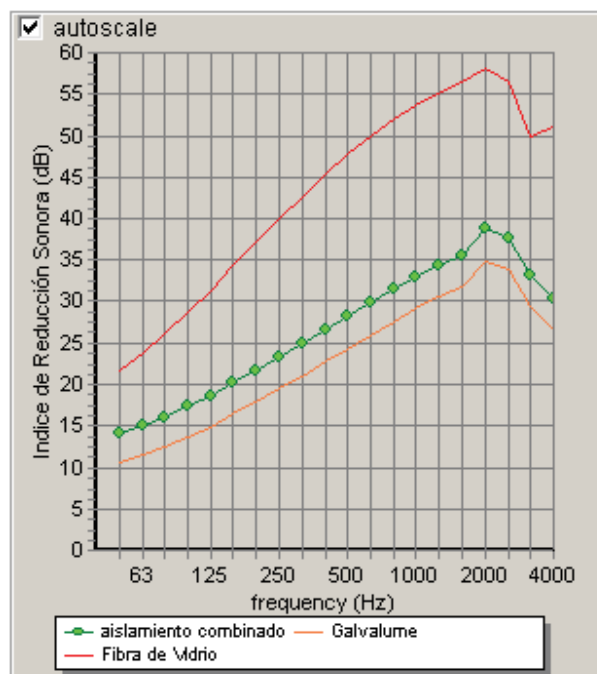


FIGURA 3.8 – Curva TL para la cubierta.⁷⁸

⁷⁸ FIGURA obtenida a través del programa INSUL[®] versión 6.3

TABLA 3.12. – Valores TL cubierta.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw	STC
TL Fibra de vidrio [dB]	23	31	39	47	53	57	51	50	50
TL Galvalume [dB]	11	15	19	24	29	33	28	28	28
Aislamiento Combinado[dB]	15	19	23	28	33	37	32	32	32

3.3.3.3. AISLAMIENTO ENTREPISO

El entrepiso es el elemento estructural que se encuentra entre la planta baja y el primer piso alto construido. Este elemento está diseñado con vigas y nervios metálicos, sobre estos esta superpuesto una placa colaborante o Dek en la que se verterá una capa de hormigón armado de 10 cm de espesor y se darán los terminados del piso según el detalle previsto, así tenemos que en las aulas se colocara porcelanato grado 5 para alto trafico fabricado por Graiman y en la biblioteca se instalara alfombra de alto trafico de 10 mm de espesor pelo corto y anti estático.

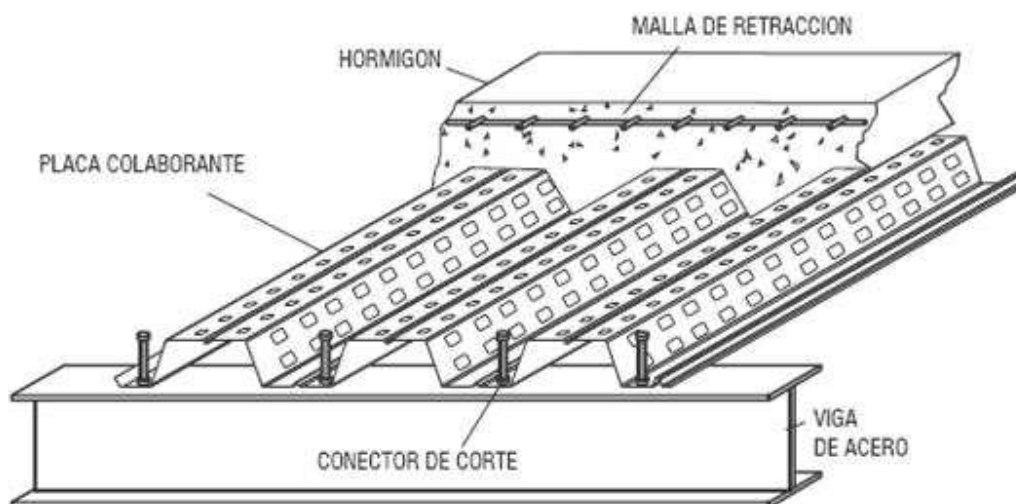


FIGURA 3.9 – Losa de entrepiso.

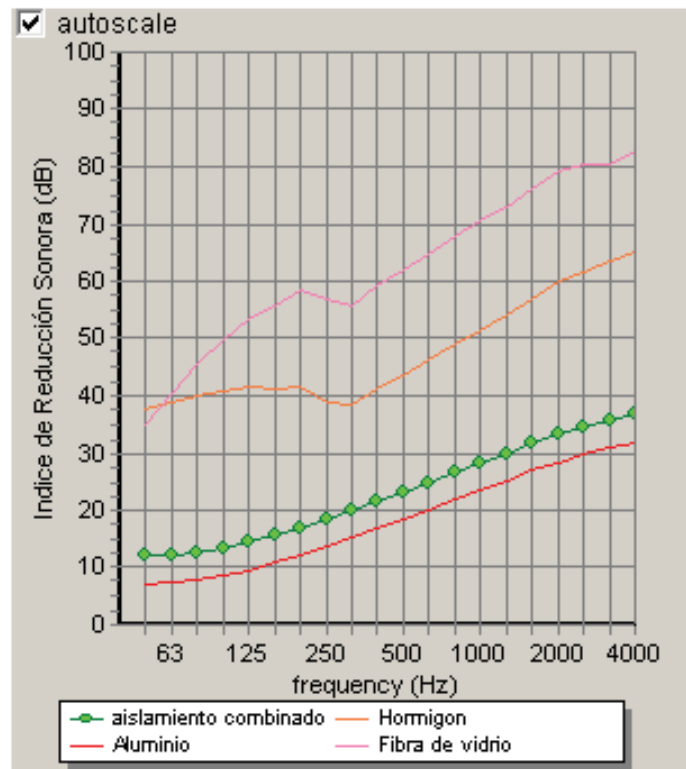


FIGURA 3.10 – Curva TL para entepiso.⁷⁹

TABLA 3.13. – Valores TL entepiso.

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	Rw	STC
TL Fibra de vidrio [dB]	38	52	57	61	70	78	82	67	67
TL Aluminio[dB]	7	10	14	18	23	28	32	23	23
TL Hormigón[dB]	39	41	39	43	51	59	65	49	49
Aislamiento Combinado[dB]	12	14	18	23	28	33	37	28	28

⁷⁹ FIGURA obtenida a través del programa INSUL® versión 6.3

3.3.3.4. AISLAMIENTO DE PUERTAS

Las dimensiones de cada puerta para los salones de clase son de 2 m de altura por 1 m de ancho y con un espesor de 5 cm, las puertas serán construidas de madera solida de colorado y serán secadas al horno y aclimatadas en obra durante un mínimo 60 días para evitar rajaduras o torceduras.

El montaje de estas puertas se lo hará mediante el uso de marco metálico de tol de 1/20" fundido con hormigón en la junta con la mampostería, su sellado con la puerta será de una holgura máxima de 1 mm en la parte de bisagras y de 2 mm en el lado de cerraduras. El acabado será con laca Varatane semibrillante,

TABLA 3.12 – Valores de TL Puertas.⁸⁰

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL Puerta madera solida [dB]	19	23	25	24	32	41	50

TABLA 3.13 – Valores Rw, STC, OITC Mampostería.⁸¹

Rw	STC	OITC
31	31	27

⁸⁰ Valores de TL para la puerta obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

⁸¹ Indices Rw, STC, OITC obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

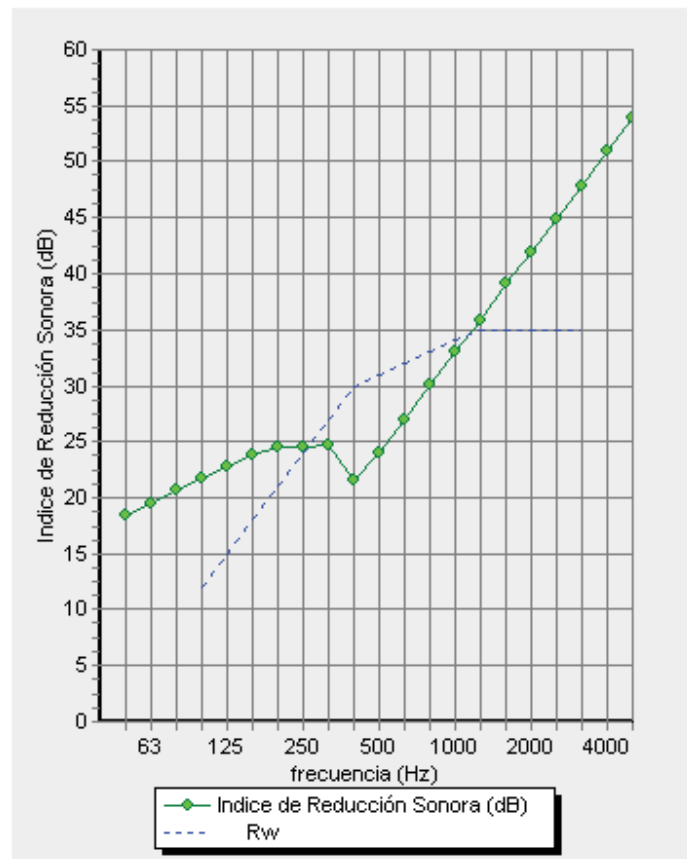


FIGURA 3.11 – Curva TL y Rw para la puerta.⁸²

3.3.3.5. AISLAMIENTO VENTANAS

Las ventanas que se programaron para esta construcción están construidas con perfilaría de la fábrica CEDAL el perfil que se usara será de tipo serie 200.

Para el montaje los vidrios serán de 8 mm de espesor y estarán colocados con empaque plástico interior y un sellado de silicona SIKAFLEX en todo el exterior de la ventana incluyendo juntas de vidrio aluminio y aluminio mampostería.

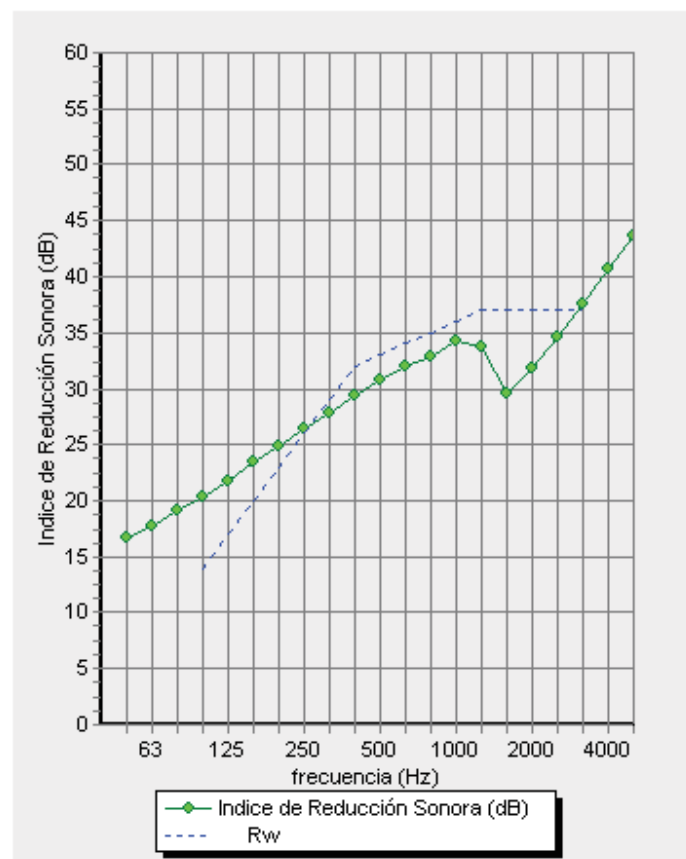
⁸² FIGURA obtenida a través del programa INSUL® versión 6.3

TABLA 3.14 – Valores de TL Vidrio.⁸³

Frecuencia [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
TL Vidrio [dB]	18	22	26	31	34	32	40

TABLA 3.15 – Valores R_w , STC, OITC Vidrios.⁸⁴

R_w	STC	OITC
31	31	27

**FIGURA 3.12 – Curva TL y STC para ventanas.⁸⁵**

⁸³ Valores de TL para ventanas obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

⁸⁴ Índices R_w , STC, OITC obtenidos a través del programa INSUL[®] versión 6.3

⁸⁵ FIGURA obtenida a través del programa INSUL[®] versión 6.3

3.4. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El acondicionamiento acústico de estas salas tiene como finalidad lograr que el sonido proveniente de la fuente (alumnos y profesores) sea irradiado de manera uniforme, es decir lograr una uniformidad de nivel de presión sonora en todo el recinto, esto es, síntoma de un confort acústico. Ésta uniformidad se puede conseguir mediante el buen uso de las características que los distintos materiales empleados en cada una de las superficies de las salas de clase.

Por tal motivo el acondicionamiento de aulas escolares se relaciona principalmente con la reverberación del recinto principalmente, y en menor grado con la disposición especial de sus cerramientos o geometría de la sala. También existe una estrecha relación con la inteligibilidad de la palabra, que como se mencionó anteriormente simplemente es la capacidad de entender las palabras en un recinto.

3.4.1. TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)

Como se dijo anteriormente el tiempo de reverberación es el factor básico que brinda un confort acústico además de una correcta inteligibilidad. Para alcanzar este objetivo es necesario tratar el recinto en cuestión, mediante la reducción del tiempo de reverberación y el aumento de la distancia crítica, esto logra que el confort acústico y la inteligibilidad de la palabra se beneficien.

“Con objeto de conseguir que en cada espacio tipo considerado exista un nivel de campo reverberante suficientemente bajo, es necesario que el valor promediado del tiempo de reverberación RT_{mid} , considerando un elevado grado de ocupación del recinto, se halle dentro de los márgenes representados en la fig. 3.2. Dicho valor se define de la siguiente manera.”⁸⁶

⁸³ CARRIÓN Antoni, “Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos”, Pág. 139.

$$RT_{mid} = \frac{RT(500 \text{ Hz}) + RT(1 \text{ kHz})}{2} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

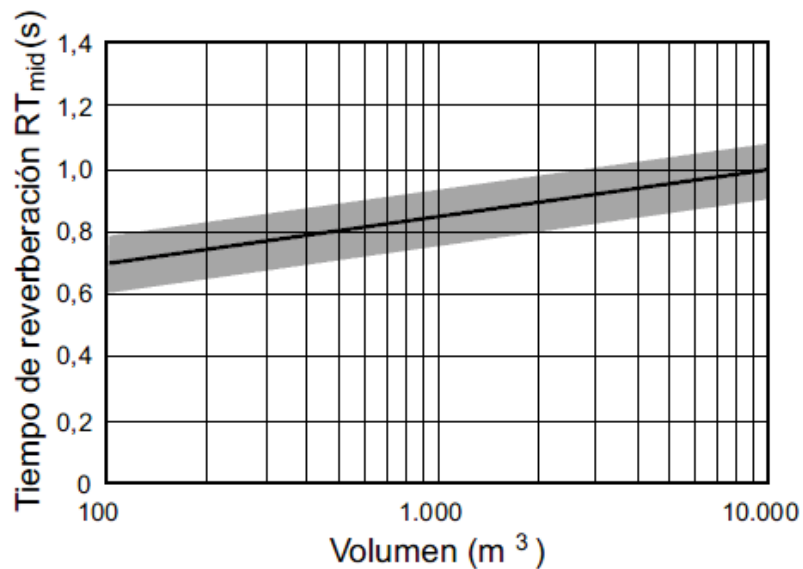


FIGURA 3.13 – Valores recomendados de RT_{mid} (500 Hz – 1kHz) para salones de clase.⁸⁷

3.4.2. CONTROL DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN (RT)

Como se puede apreciar en la Figura 3.11 los valores recomendados de RT_{mid} para salones de clase se encuentran entre 0.6 y 0.8 esto se debe a que la mayoría de las aulas en el edificio escolar de Montebello Academy tienen un volumen que oscila entre los 95 m^3 y 98 m^3 a excepción de 3 salas cuyos valores están entre los 120 m^3 y 380 m^3 para las cuales los valores recomendados serán un poco diferentes.

⁸⁷ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 140

3.4.2.1. CUBIERTA

Para la cubierta se tenía planificado solo el uso de paneles Radar *ClimaPlus* High-Durability que vienen en planchas de 0.60 cm x 0.60 cm x 1.6 cm, pero debido a que su coeficiente de absorción ⁸⁸ es muy elevado, se considero que el RT60 iba a tener valores entre el rango de 0.4 a 0.5 sg. de reverberación diferentes al recomendado en la Figura 3.11, por este motivo se decidió también incluir paneles de Gypsum cuyos coeficientes de absorción no son para nada elevados además, se eligió este material porque se lo puede dar cualquier forma y dimensión y su montaje es muy parecido al de los paneles de fibra de vidrio. En la Tabla 3.21 se entregan los valores de los coeficientes de absorción que poseen estos dos materiales:

TABLA 3.16 – Coeficientes de absorción de materiales para la cubierta.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coeficiente de Absorción [α] de Radar <i>ClimaPlus</i> High-Durability ⁸⁹	0.46	0.30	0.49	0.86	0,76	0.73
Coeficiente de Absorción [α] Gypsum ⁹⁰	0.10	0.08	0.05	0.03	0.03	0.03

3.4.2.2. MAMPOSTERÍA

Como se explicó en el apartado 3.3.3.1 al aislamiento de mampostería se definió el uso de paredes con bloque de hormigón ahuecado de 20 x 20 x 40 para las paredes externas y bloque de 15 x 20 x 40 para las paredes internas. En las paredes internas este tipo de material de carácter reflectante ayudara a conseguir una difusión óptima en todo el recinto.

⁸⁸ Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.

⁸⁹ USG, "Specialty Ceiling Systems, Acoustical Ceiling Panels, Suspension Systems, and Integrated Ceiling Systems", 2006/2007, Pág. 304.

⁹⁰ FIBER GLASS, COLOMBIA, "Control de Ruido Industrial (III)", Pág. 3.

TABLA 3.17 – Coeficientes de absorción de materiales para la cubierta.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coeficiente de Absorción [α] Bloque de hormigón pintado ⁹¹	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04

3.4.2.3. PISO

Esta superficie será de mucho tránsito por lo cual se programó el uso de porcelanato grado 5 para alto tráfico fabricado por Graiman y en la biblioteca se instalará alfombra de alto tráfico de 10 mm de espesor pelo corto y anti estática. También se debe tomar en cuenta la presencia de profesores, alumnos y equipamiento para que cuando se calcule el tiempo de reverberación en las salas de clase este resultado sea lo más confiable posible.

TABLA 3.18 – Coeficientes de absorción materiales para el piso.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coeficiente de Absorción [α] Porcelanato ⁹²	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Coeficiente de Absorción [α] Alfombra de lana 10 mm ⁹³	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
Coeficiente de Absorción [α] Jóvenes sentados en escuela ⁹⁴	0.15	0.25	0.35	0.35	0.38	0.35

⁹¹ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 73.

⁹² FIBER GLASS COLOMBIA, "Control de Ruido Industrial "

⁹³ FIBER GLASS COLOMBIA, "Control de Ruido Industrial "

⁹⁴ FIBER GLASS COLOMBIA, "Control de Ruido Industrial "

3.4.2.4. PUERTAS Y VENTANAS

Las puertas para la Unidad Educativa Montebello Academy serán hechas de madera solida de colorado de 5 cm de espesor todas menos dos salones que se requiere que sean de vidrio por cuestiones estéticas estos son la biblioteca infantil y el centro de computo. Las puertas de vidrio son de 8 mm de espesor. En las ventanas se empleara vidrio de 8 mm que es un vidrio de mayor masa para mejorar el aislamiento acústico.

TABLA 3.19 – Coeficientes de absorción vidrio y madera.

Frecuencia [Hz]	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Coeficiente de Absorción [α] Vidrio de 8 mm ⁹⁵	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Coeficiente de Absorción [α] Puerta madera maciza pulida de 5 cm ⁹⁶	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08

3.4.3. CALCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Para calcular el tiempo de reverberación por bandas de octava de las aulas de clases, se realizaron los pasos desarrollados en este capítulo, pero, para una mejor comprensión se presentara el cálculo únicamente del aula 1 y se adjuntara el resumen del resto de aulas para una visualización global del tiempo de reverberación. A continuación los pasos mencionados:

1. Calcular el tamaño de las superficies del recinto como puertas, ventanas, paredes, techo y piso.

2. Contar con los coeficientes de absorción de cada material que será empleado en cada superficie.
3. Calcular la absorción parcial de las superficies del recinto en cada banda esto se logra multiplicando la superficie por el coeficiente de absorción.
4. Calcular la absorción total que es la suma de las absorciones parciales.
5. Calcular el $\bar{\alpha}$ que es la división entre la absorción total y la superficie total del recinto.
6. RT60 en cada banda de acuerdo a la ecuación 2.13 que se encuentra en el apartado 2.3.5.
7. Como paso final se calculará el RTmid que es el promedio del RT60 calculado en la banda de los 500 Hz y 1000 Hz.

TABLA 3.20 – Tabla de cálculo RT60 Aula 1.

MATERIAL	ÁREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUES DE HORMIGÓN	53.79	0.02	1.08	0.02	1.08	0.02	1.08	0.03	1.61	0.04	2.15	0.04	2.15
PUERTA MADERA MACIZA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8 mm	9.45	0.18	1.70	0.06	0.57	0.04	0.38	0.03	0.28	0.02	0.19	0.02	0.19
PANEL RADAR 16 mm	18.81	0.46	8.65	0.30	5.64	0.49	9.22	0.80	15.05	0.76	14.30	0.73	13.73
GYPSUM 13 mm	15.07	0.10	1.51	0.08	1.21	0.05	0.75	0.03	0.45	0.03	0.45	0.03	0.45
PISO PORCELANATO	8.68	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.09	0.02	0.17	0.02	0.17	0.01	0.09
JÓVENES SENTADOS EN ESCUELA	25.20	0.22	5.54	0.30	7.56	0.33	8.32	0.40	10.08	0.44	11.09	0.45	11.34
α PROMEDIO		0.14		0.12		0.15		0.21		0.21		0.21	
A TOTAL			18.77		16.36		20.03		27.83		28.53		28.11
RT60			0.81		0.93		0.76		0.55		0.53		0.54

TABLA 3.21 – Resumen resultados Aula 1 - 9.

AULA 1		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.14	0.12	0.15	0.21	0.21	0.21
	A TOTAL	18.77	16.36	20.03	27.83	28.53	28.11
	RT60	0.81	0.93	0.76	0.55	0.53	0.54
AULA 2		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.12	0.11	0.15	0.20	0.20	0.19
	A TOTAL	16.25	14.91	20.44	26.57	27.11	25.69
	RT60	0.93	1.02	0.74	0.57	0.56	0.59
AULA 3		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.13	0.12	0.17	0.22	0.22	0.21
	A TOTAL	17.57	15.75	22.55	29.76	29.58	28.05
	RT60	0.89	1.00	0.70	0.53	0.53	0.56
AULA 4		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.13	0.12	0.16	0.21	0.22	0.21
	A TOTAL	17.57	15.75	21.96	29.16	29.58	28.05
	RT60	0.89	1.00	0.72	0.54	0.53	0.56
AULA 5		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.13	0.12	0.16	0.21	0.22	0.21
	A TOTAL	17.46	15.68	21.84	28.98	29.40	27.88
	RT60	0.89	0.99	0.71	0.54	0.53	0.56
AULA 6		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.14	0.12	0.17	0.22	0.22	0.21
	A TOTAL	17.72	15.44	21.27	27.86	28.17	26.70
	RT60	0.85	0.97	0.71	0.54	0.53	0.56
AULA 7		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.13	0.12	0.16	0.21	0.22	0.21
	A TOTAL	17.55	15.70	21.85	28.98	29.39	27.86
	RT60	0.89	0.99	0.71	0.54	0.53	0.56
AULA 8		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO	0.13	0.12	0.16	0.21	0.22	0.20
	A TOTAL	17.81	15.70	21.75	28.72	29.10	27.58
	RT60	0.87	0.98	0.71	0.54	0.53	0.56

TABLA 3.22 – Resumen resultados Aula 9 - 12.

AULA 9		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.13	0.11	0.16	0.21	0.21
A TOTAL		19.32	16.60	22.87	30.36	30.66	29.05
RT60		0.89	1.04	0.75	0.57	0.56	0.59
AULA 10		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.12	0.11	0.15	0.20	0.21
A TOTAL		16.77	15.22	20.90	27.31	27.82	26.35
RT60		0.93	1.02	0.75	0.57	0.56	0.59
AULA 11		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.13	0.12	0.16	0.21	0.22
A TOTAL		17.63	15.78	21.81	28.80	29.23	27.71
RT60		0.88	0.99	0.71	0.54	0.53	0.56
AULA 12		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.14	0.12	0.16	0.21	0.21
A TOTAL		22.52	19.64	26.80	34.49	35.00	33.16
RT60		0.82	0.95	0.69	0.54	0.53	0.56

TABLA 3.23 – Resumen resultados Biblioteca Infantil.

BIBLIOTECA INFANTIL VACÍA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.13	0.08	0.11	0.17	0.16
A TOTAL		30.86	18.51	25.13	38.68	37.25	35.41
RT60		0.84	1.40	1.03	0.67	0.70	0.73
BIBLIOTECA INFANTIL 25 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.14	0.10	0.13	0.19	0.18
A TOTAL		32.89	21.98	30.05	43.45	42.46	40.33
RT60		0.79	1.18	0.86	0.60	0.61	0.64
BIBLIOTECA INFANTIL 50 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.14	0.12	0.15	0.21	0.21
A TOTAL		18.77	16.36	20.03	27.83	28.53	28.11
RT60		0.81	0.93	0.76	0.55	0.53	0.54
BIBLIOTECA INFANTIL 100 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.17	0.14	0.20	0.25	0.25
A TOTAL		38.96	32.39	44.81	57.77	58.08	55.08
RT60		0.67	0.80	0.58	0.45	0.45	0.47

TABLA 3.24 – Resumen resultados Biblioteca General.

BIBLIOTECA GENERAL VACÍA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.32	0.12	0.20	0.29	0.29
A TOTAL		124.34	46.63	80.33	115.95	114.06	124.94
RT60		0.49	1.32	0.77	0.53	0.54	0.49
BIBLIOTECA GENERAL 25 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.32	0.13	0.22	0.30	0.30
A TOTAL		126.40	52.47	85.13	119.04	117.83	124.25
RT60		0.49	1.17	0.72	0.52	0.52	0.49
BIBLIOTECA GENERAL 50 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.33	0.15	0.23	0.31	0.31
A TOTAL		128.46	58.30	89.93	122.13	121.60	123.57
RT60		0.48	1.05	0.68	0.50	0.51	0.50
BIBLIOTECA GENERAL 100 % LLENA		125	250	500	1k	2k	4k
	α PROMEDIO		0.34	0.18	0.25	0.33	0.33
A TOTAL		132.58	69.96	99.54	128.30	129.15	122.19
RT60		0.46	0.88	0.62	0.48	0.48	0.50

TABLA 3.25 – Resumen resultados RT_{mid} Salas 1 - 6.

	AULA 1	AULA 2	AULA 3	AULA 4	AULA 5	AULA 6
RT_{mid}	0.65	0.66	0.61	0.63	0.63	0.62

TABLA 3.26 – Resumen resultados RT_{mid} Salas 7 - 12.

	AULA 7	AULA 8	AULA 9	AULA 10	AULA 11	AULA 12
RT_{mid}	0.63	0.62	0.66	0.66	0.63	0.62

TABLA 3.27 – Resumen resultados RT_{mid} Bibliotecas.

	INFANTIL	GENERAL
RT_{mid} [s]: Sala Vacía	0.66	0.70
RT_{mid} [s]: Sala 25% llena	0.58	0.67
RT_{mid} [s]: Sala 50% llena	0.52	0.64
RT_{mid} [s]: Sala 100% llena	0.44	0.59

De acuerdo al figura 3.11, todos los valores de tiempo de reverberación deben situarse entre los valores recomendados 0.6 y 0.8 segundos para ambientes con volúmenes entre los 93 m³ y los 107m³, los resultados obtenidos nos indican que la inteligibilidad de la palabra no va a ser afectada pues el RT_{mid} se encuentra dentro del rango sugerido.

3.4.4. DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA EN EL CIELO RASO COMBINADO CON GYPSUM Y FIBER GLASS

La utilización combinada en el cielo raso con Fiber Glass y Gypsum se lo realiza con el objeto mantener el T60 dentro de los límites recomendados para aulas escolares, se optó esta combinación por razones de facilidad constructiva, pues los dos materiales se prestan para instalación suspendida y la versatilidad del Gypsum le permiten combinarse con mucha facilidad a cualquier otro material.

De todos los materiales disponibles de la marca Fiber Glass se decidió por el modelo Radar *ClimaPlus* High-Durability, este viene en presentaciones de 60 cm X 60 cm X 1.6 cm y 60 cm X 1.2 m X 1.6 cm, de estas dos presentaciones se utilizará el de 60 cm X 60 cm X 1.6 cm y se ha elaborado un cálculo para poder distribuir los materiales de la siguiente manera: los paneles Fiber Glass Radar *ClimaPlus* High-Durability serán usados en los bordes de la sala y en el centro se utilizara Gypsum con el objeto de obtener un mejor desempeño acústico de los materiales.

La distribución geométrica adoptada esta expresada en el siguiente gráfico para el caso del aula 1, está representado en cuadrículas de 60 cm X 60 cm de Fiber Glass Radar *ClimaPlus* High-Durability y en el centro el área para colocación del Gypsum:

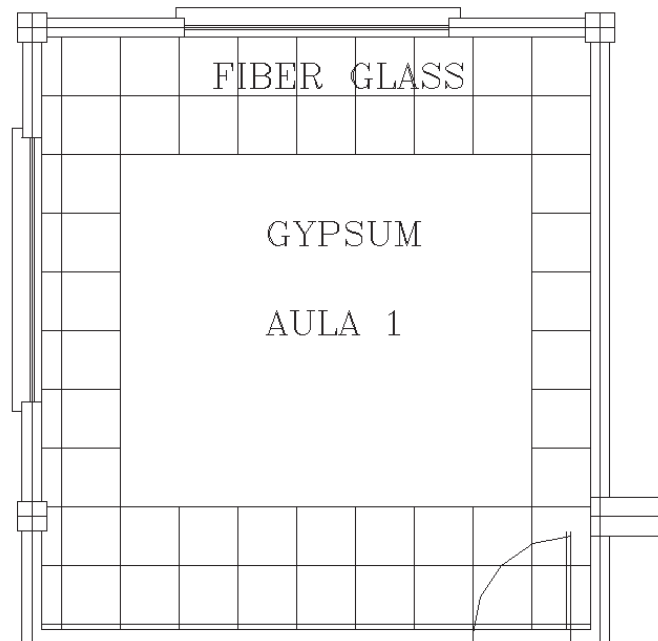


FIGURA 3.28 – Distribución geométrica Gypsum Fiber Glass Aula 1.

3.4.5. CÁLCULO DE LA INTELIGIBILIDAD

Para el cálculo de la inteligibilidad se optó por utilizar el método del %ALCons explicado con anterioridad en el marco teórico. De igual manera se calculará para el aula 1 como ejemplo de los demás cálculos. Así:

$$\%ALCons = \frac{200 \cdot r^2 \cdot RT^2}{V \cdot Q} \quad (\text{para: } r \leq 3.16 \cdot D_c)$$

$$\%ALCons = 9 \cdot RT \quad (\text{para: } r \leq 3.16 \cdot D_c)$$

Para poder identificar que formula se debe usar es necesario conocer D_c (distancia crítica) para luego multiplicando por 3.16 realizar la comparación con r (distancia fuente - receptor) y saber cuál de las dos formulas aplicar.

$$D_c = 0.14\sqrt{QR}$$

Primero se calcula Q (factor de directividad de la fuente):

$$Q = \frac{180^\circ}{\arcsen\left(\sin\left(\frac{A}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{B}{2}\right)\right)}$$

$$Q^{97} = 2$$

Luego se calcula R (constante de la sala):

$$R = \frac{S_T \cdot \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

$$R = \frac{133 \times 0.21}{1 - 0.21} = 36.32$$

Una vez obtenidos Q y R procedemos a calcular D_c :

$$D_c = 0.14\sqrt{2 \times 36.32} = 1.19 \text{ m}$$

⁹⁷ CARRIÓN Antoni, "Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos", Pág. 69.

Ahora se realiza la comparación para los puntos escogidos y definimos la fórmula aplicar:

TABLA 3.28 – Comparación r (distancia fuente – receptor)

PUNTO (r)		3.16 x 1.19	FORMULA
1.5	<	3.8	(2.14)
3	<	3.8	(2.14)
5.5	>	3.8	(2.15)
6	>	3.8	(2.15)

Para los puntos se realiza el siguiente cálculo:

$$\%ALCons = \frac{200 \cdot r^2 \cdot RT^2}{V \cdot Q}$$

$$\%ALCons = \frac{200 \cdot 1.5^2 \cdot 0.53^2}{94.86 \cdot 2} = 0.67$$

$$\%ALCons = \frac{200 \cdot 3^2 \cdot 0.53^2}{94.86 \cdot 2} = 2.69$$

$$\%ALCons = 9 \cdot RT$$

$$\%ALCons = 9 \cdot 0.53 = 4.79$$

$$\%ALCons = 9 \cdot 0.53 = 4.79$$

TABLA 3.29 –Resumen %ALCons Salas 1 - 12.

SALA / UBICACIÓN DE PUNTO	Primera fila, asiento central	Segunda fila, asiento central	Última fila, asiento central	Última fila, asiento izquierda
% ALCons Sala 1	0.74	2.97	5.03	5.03
% ALCons Sala 2	0.65	2.59	4.78	4.78
% ALCons Sala 3	0.65	2.59	4.78	4.78
% ALCons Sala 4	0.65	2.60	4.77	4.77
% ALCons Sala 5	0.68	2.73	4.80	4.80
% ALCons Sala 6	0.65	2.60	4.77	4.77
% ALCons Sala 7	0.66	2.63	4.78	4.78
% ALCons Sala 8	1.24	4.96	5.05	5.05
% ALCons Sala 9	0.73	2.90	5.04	5.04
% ALCons Sala 10	0.66	2.63	4.80	4.80
% ALCons Sala 11	0.66	2.63	5.50	4.80
% ALCons Sala 12	0.70	1.67	4.79	4.79

TABLA 3.28 – Comparación r (distancia fuente – receptor) Biblioteca infantil.

SALA / UBICACIÓN DE PUNTO	Primera fila, asiento central	Segunda fila, asiento central	Última fila, asiento central	Última fila, asiento izquierda
% ALCons Biblioteca Infantil Vacía	2.58	10.31	6.26	6.26
% ALCons Biblioteca Infantil 25 % Llena	1.98	7.93	5.50	5.50
% ALCons Biblioteca Infantil 50 % Llena	1.57	6.29	4.90	4.90
% ALCons Biblioteca Infantil 100 % Llena	3.33	4.67	4.02	4.02

TABLA 3.28 – Comparación r (distancia fuente – receptor) Biblioteca General

SALA / UBICACIÓN DE PUNTO	Primera fila, asiento central	Segunda fila, asiento central	Última fila, asiento central	Última fila, asiento izquierda
% ALCons Biblioteca General Vacía	1.88	7.53	4.85	4.85
% ALCons Biblioteca General 25 % Llena	1.76	7.05	4.70	4.70
% ALCons Biblioteca General 50 % Llena	1.66	6.62	4.55	4.55
% ALCons Biblioteca General 100 % Llena	2.35	6.07	4.28	4.28

Los valores de %ALCons en todos los puntos de la sala están dentro del margen admisible para una sala destinada a salones de clase, incluso cuando la sala está vacía.

3.4.6. PRESUPUESTO

Este es un presupuesto general del valor de la obra en el cual se encuentra incluido los costos referentes a trabajos de acondicionamiento acústico.

PRESUPUESTO OBRAS DE CONSTRUCCIÓN					
PROYECTO: ESCUELA IT'S ABOUT KIDS PROPIETARIO: FUNDACIÓN IT'S ABOUT KIDS DIRECCIÓN: ANGAMARCA, VALLE DE LOS CHILLOS					
ITEM	DETALLE/ DETAIL	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL / TOTAL
1	PRELIMINARES/PRESTART				
1.1	Construcción de bodega y guardiana	M2	12.00	15.00	180.00
1.2	Limpieza y Nivelación del terreno/Clean-up	M2	750.00	0.68	506.25
1.3	Replanteo/Grading	M2	750.00	0.87	652.50
2	EXCAVACIONES Y DRENAJES/EXCAVATION AND DRAINS				
2.1	Excabación de plintos y cimientos	M3	91.25	5.43	495.49
2.2	Excabación de obras de instalaciones	M3	9.50	4.50	42.75
2.3	Contrapiso de grava y malla armex/First floor slab	M2	540.00	19.50	10,530.00
3	ESTRUCTURA/STRUCTURAL				
3.1	Hormigón 210 para replantillos de columnas/Conc Columns/Rebar	M2	6.08	68.00	413.44
3.2	Hormigón 210 para plintos/Conc Column Footings/Rebar	M2	23.59	71.00	1,674.89
3.3	Hormigón 210 pie de columnas/Column Stems/Rebar	M2	6.22	75.00	466.50
3.4	Hormigón 210 cadenas amarre y contrapiso/Conc Grade Beam/Rebar	M2	43.00	75.00	3,225.00
3.5	Hormigón 210 columnas inferiores/Lower Columns/Conc/Rebar	M2	10.82	75.00	811.50
3.6	Hormigón 210 losa N +3,28/Second Floor conc.	M3	52.00	75.00	3,900.00
3.7	Acero de refuerzo/Reinforcing Steel	KG	2,652.00	1.25	3,315.00
3.8	Encofrado costados inferiores y superiores/Conc Forms	ML	330.00	20.37	6,722.10
3.9	Encofrado de columnas/Column Forms	M2	124.00	15.35	1,902.78
3.10	Acero estructural fabricado en planta Gyq./Steel Fabrication	KG	39,000.00	1.25	48,750.00
3.11	Deck/Second Floor Metal Deck	M2	750.00	8.25	6,190.80
3.12	Malla armex/Second Floor Wire Mesh	M2	750.00	5.27	3,948.75
3.13	Acero estructural (para armar en obra) Structural Steel Erection Labor	KG	21,400.00	0.95	20,330.00
3.14	Armado y montaje estructuras/Truss Labor and Materials	KG	21,400.00	0.50	10,700.00
3.15	Cubierta de teja metalica Rooftec/Metal Roofing	M2	960.00	19.50	18,720.00
4.1	Mamposteria bloque ,20/ 8" Block	M2	550.00	15.03	8,266.50
4.2	Mamposteria bloque ,15/ 6" Block	M2	600.00	13.07	7,839.00

4.3	Tabiques de Gypsum/ Steel Studs/Drywall unfinished/No Insul	M2	112.00	18.36	2,056.32
5	RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS DE PARED/INT/EXT WALL FINISH	M2			-
5.1	Enlucido vertical paletado/Interior/Exterior Plaster	M2	2,500.00	6.80	17,000.00
5.4	Rebocado/Finish of Vert/Horz Raiset Details	M2	2.14	2.14	4.58
5.5	Ceramica de pared/Ceramic Tile Weinscoat	M2	60.00	24.00	1,440.00
5.6	Piedra cortada en fachada/Stone Veneer Exterior	M2	154.00	30.85	4,750.90
5.7	Pintura latex/Latex Paint	M2	2,600.00	3.20	8,320.00
6	RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS DE PISO/FLOOR COVERING/T-BAR				-
6.1	Ceramica de piso/Floor Tile	M2	1,460.00	25.00	36,500.00
6.2	Barrederas de ceramica/Floor Preparation	ML	300.00	3.00	900.00
6.3	Impermeabilización de baños/Bathroom Waterproofing	M2	64.00	8.50	544.00
6.4	Cielo Raso fabra mineral/T Bar Suspended Ceiling	M2	1,346.00	11.00	14,806.00
6.5	Gypsum en vigas 1,00 desarrollo	ML	58.50	18.00	1,053.00
6.6	Gypsum en vigas 0,60 desarrollo	ML	410.00	14.00	5,740.00
8	PIEZAS SANITARIAS Y GRIFERIA/PLUMBING FIXTURES				-
8.1	Inodoros FV o Edesa/Toilets	UN	13.00	100.00	1,300.00
8.2	Lavabos empotrables FV o Edesa/Lavatorys/Bath Sinks	UN	13.00	65.00	845.00
8.3	bordillo de tineta de ducha>Showers	UN	7.00	21.00	147.00
8.4	Accesorios de baños/TP Holders, Towel Bars, Despensors etc	JGO	7.00	35.00	245.00
8.5	Calefón/Insta Hot Water Heater	UN	4.00	340.00	1,360.00
8.6	Griferia de lavabo/Lavatory Trim?	UN	10.00	90.00	900.00
8.7	Labaplatos dos pozos	UN	2.00	90.00	180.00
8.8	Urinaros	UN	3.00	115.00	345.00
9	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS/WATER PIPING				-
9.1	Tuberia de 1/2 pvc roscvble agua fria/Cold Water Piping	ML	150.00	4.40	660.00
9.2	Tuberia de 1/2 cobre agua caliente/Hot Water Piping	ML	20.00	8.80	176.00
9.3	Punto agua potable cobre/Copper Fittings	PT	25.00	35.00	875.00
9.4	Punto agua potable pcv roscable/PVC Fittings	PT	45.00	28.00	1,260.00
9.5	Colocación de piezas sanitarias/Installation Labor	UN	49.00	15.00	735.00
9.6	Tuberia PVC 110 mm aguas servidas/Waste Piping	ML	60.00	17.83	1,069.80
9.7	Tuberia PVC 75 mm aguas servidas/Waste Piping	ML	30.00	14.20	426.00
9.8	Tuberia PVC 50 mm aguas servidas/Waste Piping	ML	15.00	13.20	198.00

9.9	Punto sanitario en 100 mm/Waste Fittings	ML	25.00	17.80	445.00
9.10	Punto sanitario en 75 mm/Waste Fittings	ML	8.00	14.00	112.00
9.11	Punto sanitario en 50 mm/Waste Fittings	PT	23.00	12.30	282.90
9.12	Punto de control sanitario/Clean outs	PT	3.00	50.00	150.00
9.13	Rejillas de piso//Floor Drains	PT	8.00	6.95	55.56
9.14	Bajantes de agua lluvia/Roof Drains	PT	120.00	4.65	557.76
9.15	Tuberia ventilación 75 mm/Plumbing Vents	UN	25.00	14.20	355.00
9.16	Canalón de tol doblado/Roof Gutters	ML	80.00	7.95	636.16
10	INSTALACIONES ELECTRICAS/ELECTRICAL INSTALLATION				-
10.1	Acometida principal solido N°4/#4 Feeder Wire	ML	600.00	12.00	7,200.00
10.2	Caja de breakers/Circuit Breakers	UN	5.00	97.50	487.50
10.3	Luminaria lampara 2*4 / Fluorescent Lights	PT	120.00	60.00	7,200.00
10.4	Tomas dobles 110 / 110 V Outlets	PT	150.00	16.00	2,400.00
10.5	Tomas dobles 220 / 220 V Outlets	PT	10.00	19.97	199.70
10.6	Teléfono	PT	6.00	9.75	58.50
10.7	Internet	PT	22.00	12.50	275.00
10.9	Luz sensor/Exterior Security Lighting & Interior Backup Lighting	PT	10.00	35.00	350.00
10.10	Ventilación baños / Bathroom Ventilation	PT	12.00	15.00	180.00
10.11	Extractor de olores de cocina ac inox/Kitchen Exhaust System	UN	1.00	200.00	200.00
10.12	Tuberia conduit/Electrical Metallic Tubing	ml	1,200.00	2.50	3,000.00
11	PUERTAS Y VENTANAS	UN			-
11.1	Puerta interior madera colorado lacado/Interior Doors	UN	44.00	200.00	8,800.00
11.2	Puerta principal acero vidrio/Main Doors	UN	1.00	350.00	350.00
11.3	Cerraduras llave boton/Door Hardware	UN	44.00	28.00	1,232.00
11.4	Cerradura llave llave/Door Hardware	M2	3.00	35.00	105.00
11.5	Ventanas de aluminio proyectable/Aluminum Windows	UN	160.00	92.00	14,720.00
12	OBRAS EXTERIORES Y FINALES				-
12.1	Fundición de veredas y bordillos/Sidewalks and Roads	ML	500.00	5.00	2,500.00
12.2	Jardineria/Landscape	M2	500.00	3.45	1,725.00
12.3	Cerramiento/Fencing	ML	120.00	13.50	1,620.00
12.4	Limpieza/Clean-up	M2	1,500.00	1.02	1,530.00
	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS / DIRECT COSTS				320,146.93
	IMPREVISTOS / CONTINGENCY		5%		16,007.35
	TOTAL COSTOS DIRECTOS / DIRECT COSTS				336,154.27

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Cuando los promotores buscan desde el inicio conseguir resultados de calidad y excelencia en sus proyectos buscando las condiciones adecuadas para la implementación de los mismos facilitan en todas las partes del desarrollo en el cálculo y diseño de estos, un ejemplo de ello se pudo observar cuando la fundación *"It's About Kids"* se preocupó por conseguir un terreno que tenga las mejores condiciones para su proyecto educativo, que facilitó el diseño acústico objetivo de este trabajo, por los bajos niveles de ruido de fondo del sector escogido.

Las condiciones del entorno donde se implantara la Unidad Educativa Montebello es de características rurales, por esta razón se buscó no afectar este medio ambiente con un diseño acústico que proteja la tranquilidad de este sector. Esto confirma la filosofía de la Fundación de ser responsable con el medio social y ambiental donde se desenvuelve.

Los cálculos realizados en el diseño para la valoración de la inteligibilidad de la palabra de cada salón de clase, dieron como resultado los valores esperados con este objetivo, es decir entre 0% y 5%, en el alcance de esta meta tuvo mucho que ver la elección correcta de materiales para que el tiempo de reverberación este dentro de los rangos establecidos.

La simetría y paralelismo de las salas dan problemas con modos normales de vibración y ecos flotantes, en este caso fueron solucionados rompiendo el paralelismo generando ángulos en una de las paredes.

En el diseño y cálculo acústico de los salones de clase se aprovecho las características acústicas de los materiales propuestos y se analizo la compatibilidad constructiva para combinaciones de dos materiales, como fue el caso del uso de Fiber Glass y Gypsum en el cielo raso.

Para obtener un tiempo de reverberación en un rango propuesto (0.6 y 0.8 segundos), en ocasiones es necesario utilizar más de un material, en este caso se uso Fiber Glass y Gypsum, ya que la utilización únicamente de Fiber Glass el RT60 se ubicaba entre 0.4 y 0.6 segundos.

Muchos de los materiales constructivos del mercado local, no ofrecen la información suficiente sobre sus características acústicas lo que complicó el diseño acústico, Para la solución de este inconveniente se recurrió a la utilización del software INSUL que calcula todos los parámetros necesarios para obtener los índices TL, STC, Rw, OITC.

La utilización de materiales del medio local, aseguran la factibilidad constructiva al momento de realizar la obra.

4.2. RECOMENDACIONES

El Ministerio de Educación junto con el Ilustre Municipio de Quito debería preocuparse por generar una normativa u ordenanza sobre las condiciones acústicas necesarias en los centros educativos.

La responsabilidad social frente a los problemas que generan la contaminación de ruido ambiental debe ser un componente en todo proyecto constructivo.

Debe existir una buena comunicación entre todos los profesionales que intervienen en un proyecto como este para poder solucionar los problemas que se presenten de una manera más sencilla y sin pérdida de tiempo.

A pesar de contar con buenos materiales de construcción la geometría de las salas de clase pueden provocar problemas de eco flotante por el paralelismo existente y modos normales de vibración por su simetría y pequeño volumen espacial de cada clase, siendo el común de las construcciones escolares con estas características se hace necesario dar soluciones a estos problemas, lo que debería tomar en cuenta el Ministerio de Educación para la construcción de centros educativos públicos.

BIBLIOGRAFÍA

DURA Antonio, “Análisis y Valoración de los Factores que Intervienen en la Acústica de las salas de uso Docente en Diferentes Grados”, Universidad de Alicante, Diciembre 2002

SULLIVAN H. Louis, “The Tall Office Building Artistically Considered, Lippincott's magazine”, 1896.

HAWKES Jason, “The influence of educational buildings on the development of school-children”, 1996

CHASSAGNE S., “El Edificio Escolar en Francia en el Siglo XIX”, Universidad de Salamanca

OSSENBACH Gabriela: “La educación en el Ecuador en el período 1944-1983”, Universidad Nacional de Educación a Distancia – Madrid

STIFF Ronald, “Montebello Academy Brochure”, 2009

CYRIL M. Harris: “Dictionary of Architecture & Construction 2300 illustrations”, 2006,

CHOVA: “Aislamiento Acústico para la Edificación”

NBE-CA-88 Anexo 1 Conceptos Fundamentales, Definiciones, Notaciones y Unidades

MIYARA, Federico, “Acústica y Sistemas de Sonido”, Fundacion Decibel, Cuarta edición, 2004.

CYRRIL M. Harris: “Dictionary of Architecture & Construction 2300 illustrations”, 2006

IMPACTO ACÚSTICO, “Conceptos Básicos de Sonido y Acústica”,

FIBER GLASS COLOMBIA, “Conceptos Básicos De Acústica” - Aislamiento Del Sonido Transmitido Por El Aire - (VI Parte),

RECUERO Manuel, “Acústica arquitectónica”. Segunda edición 1993

NEUFERT Ernst, Arte de Proyectar en Arquitectura, 1975,

HARRIS, Cyril, "Manual de medidas acústicas y control de ruido", McGraw-Hill, Tercera edición.

AGUILAR José, "Optimización Del Aislamiento Acústico A Ruido Aéreo En Sistemas De Doble Pared De Yeso Laminado Y Lana De Roca.",

SOMMERHOFF Jorge, "Acústica de Locales", 2005.

QUILIS Antonio, "Fonética Histórica y Fonología Diacrónica", 1969

BERANEK Leo, "Acoustics", 1969

USG, "Specialty Ceiling Systems, Acoustical Ceiling Panels, Suspension Systems, and Integrated Ceiling Systems", 2006/2007,

ANEXOS

ANEXO 1

CÁLCULO DE MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN DE LOS SALONES DE CLASE

CÁLCULO MODOS NORMALES DE VIBRACIÓN PARA EL AULA 11

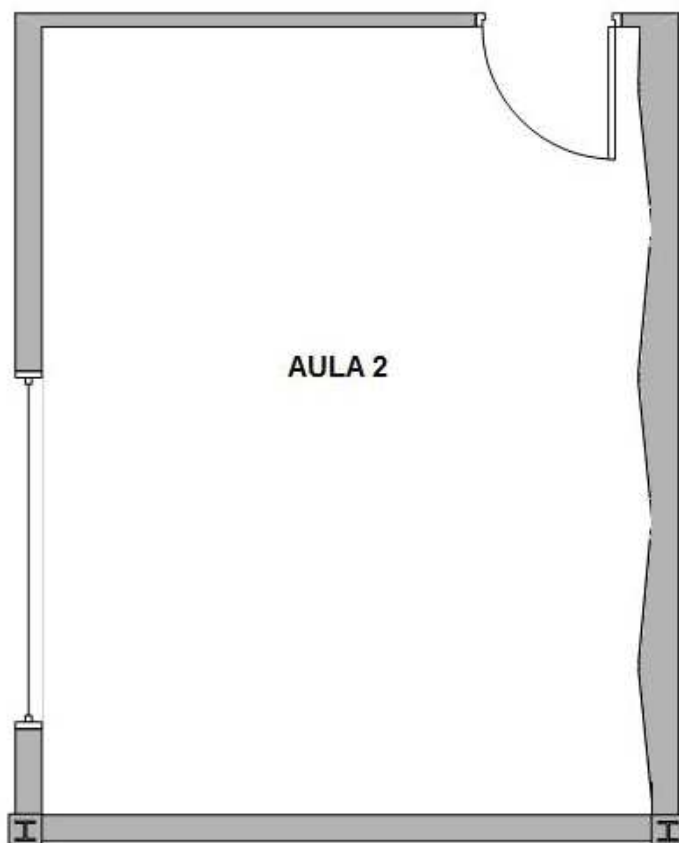
Datos de entrada		
Largo del recinto	11.83	m
Ancho del recinto	11.60	m
Altura del recinto	2.80	m

Modos Normales de Vibración	k	m	n	Banda (Hz)										Total	
				20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160		
				25	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200		
Cantidad Modos														25	
61.429	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
122.857	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
184.286	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
14.828	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
63.193	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
123.749	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
184.881	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
29.655	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
68.212	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
186.657	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
44.483	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
75.843	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
130.662	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
59.31	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
85.388	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
136.424	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
74.138	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
96.28	0	5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
143.493	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
88.966	0	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
108.113	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
14.539	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
63.126	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
123.714	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
184.858	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
151.686	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
103.793	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	

ANEXO 2

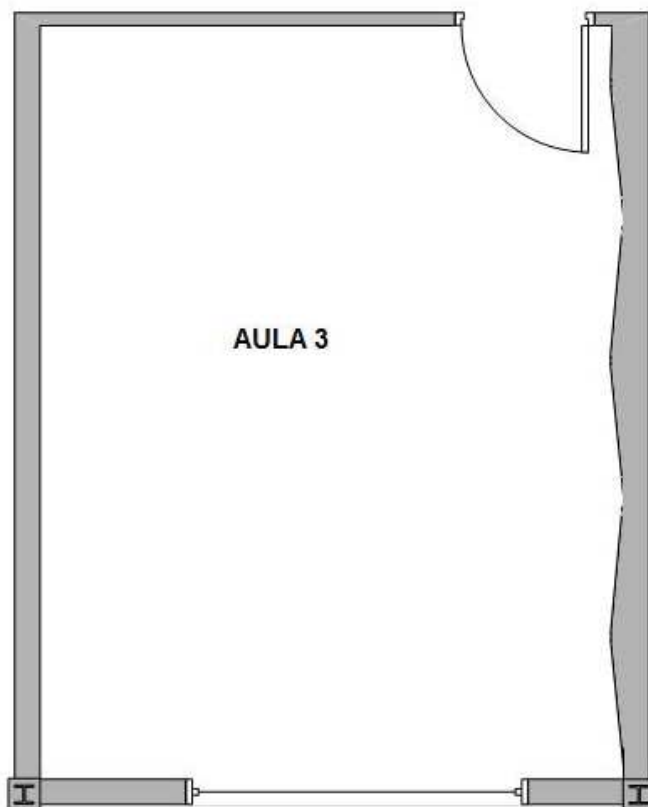
FORMAS Y DIMENSIONES DE LOS SALONES DE CLASE

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 2



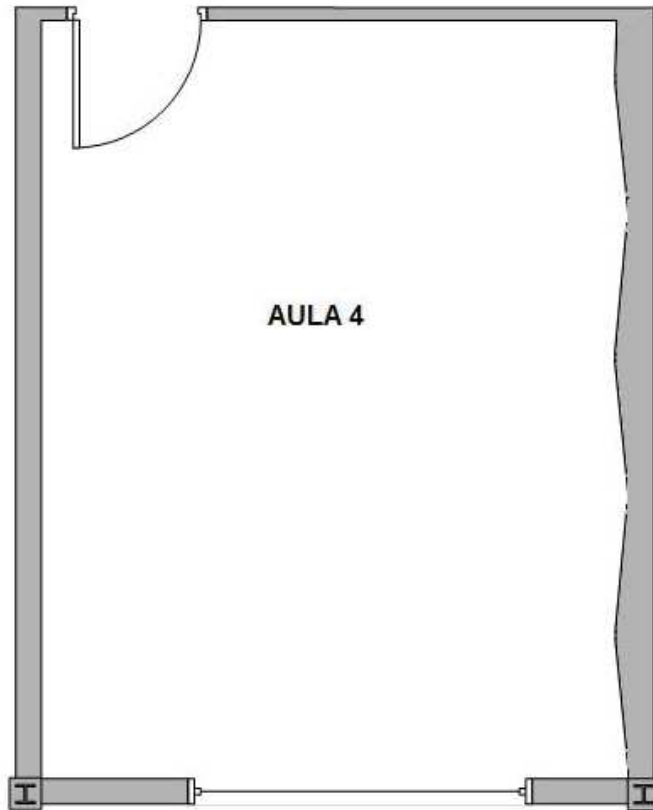
AULA 2	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	133.00
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	58.52
VOLUMEN (m ³)	94.86
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	4.73
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	33.88
SUPERFICIE TECHO (m ²)	33.88
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	6.05
ANCHO (m)	5.60

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 3



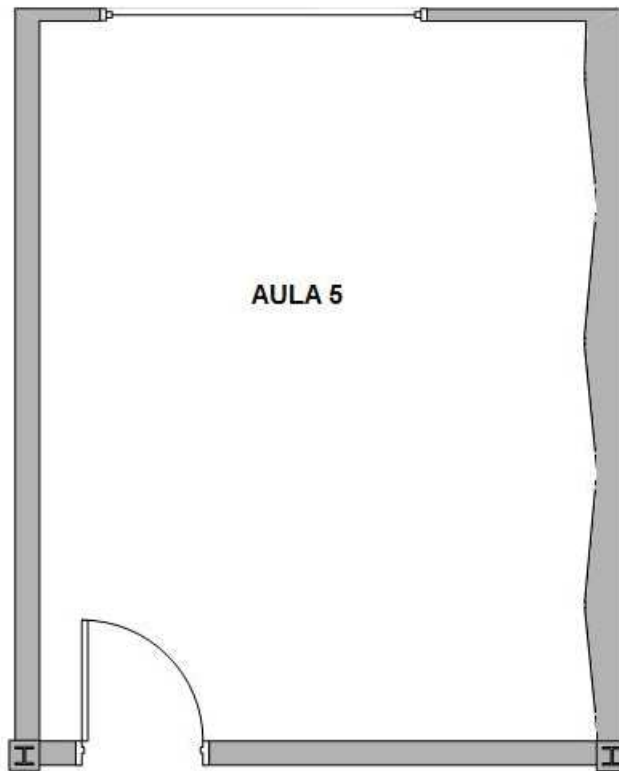
AULA 3	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	136.54
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	59.64
VOLUMEN (m ³)	98.25
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	4.73
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	35.09
SUPERFICIE TECHO (m ²)	35.09
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.05

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 4



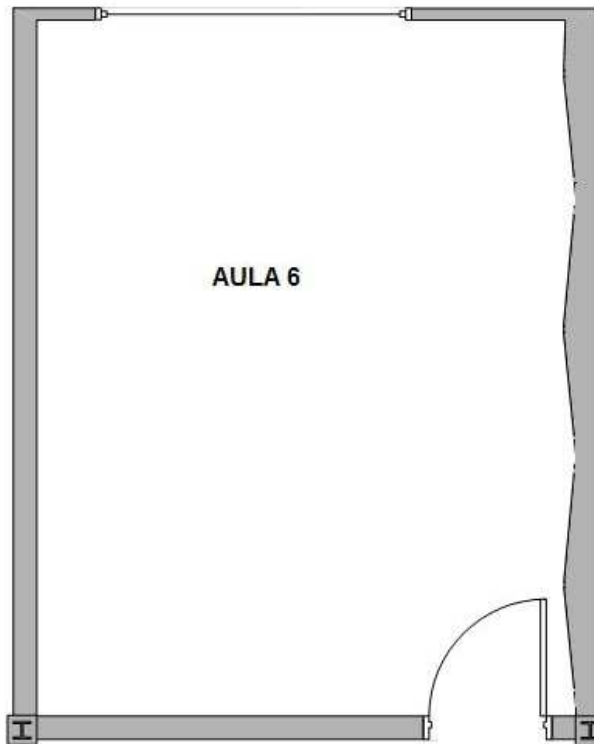
AULA 4	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	136.54
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	59.64
VOLUMEN (m ³)	98.25
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	4.73
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	35.09
SUPERFICIE TECHO (m ²)	35.09
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.05

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 5



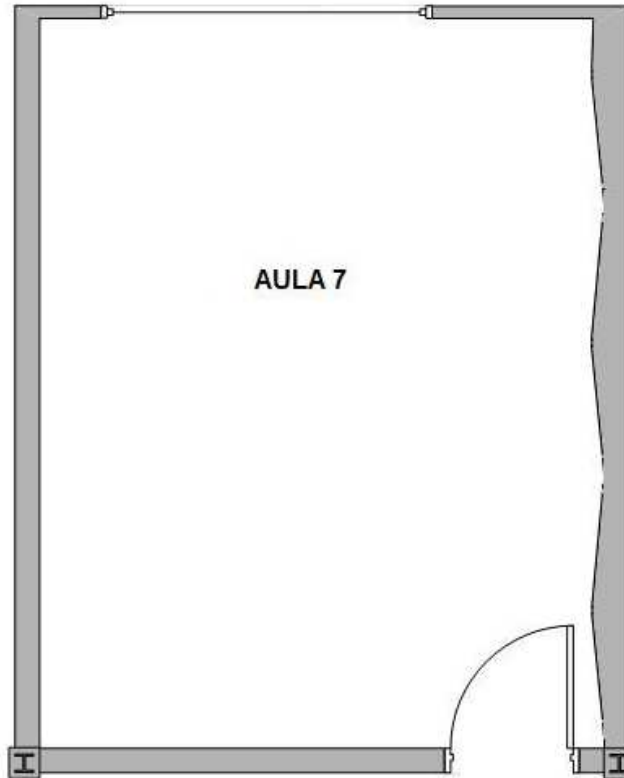
AULA 5	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	135.68
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	59.36
VOLUMEN (m ³)	97.44
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	4.73
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	34.80
SUPERFICIE TECHO (m ²)	34.80
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 6



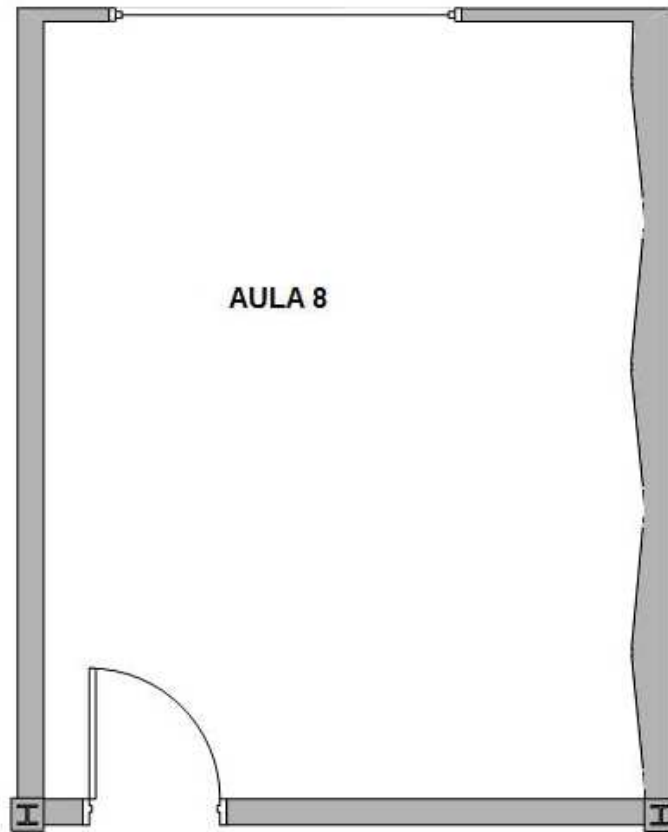
AULA 6	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	128.80
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	49.15
VOLUMEN (m ³)	94.08
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	10.45
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	33.60
SUPERFICIE TECHO (m ²)	33.60
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.60
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 7



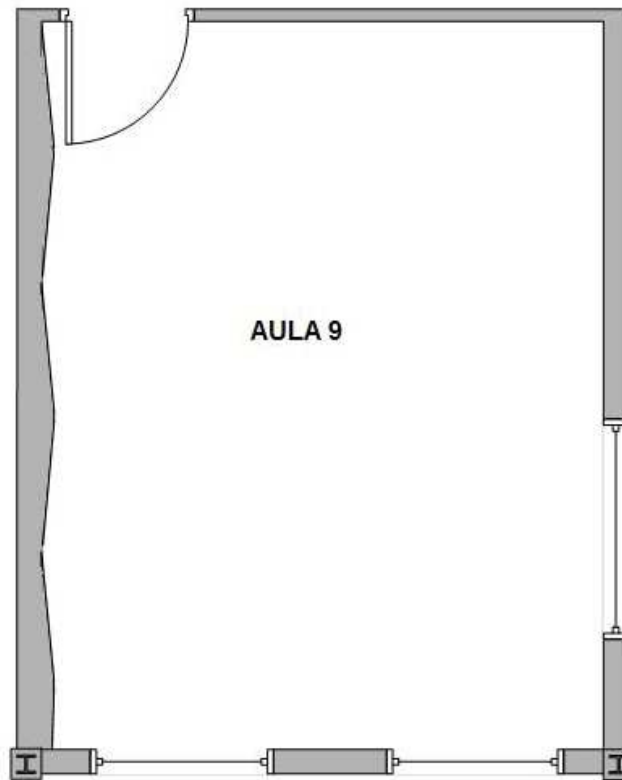
AULA 7	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	135.68
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	58.76
VOLUMEN (m ³)	97.44
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	5.32
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	34.80
SUPERFICIE TECHO (m ²)	34.80
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 8



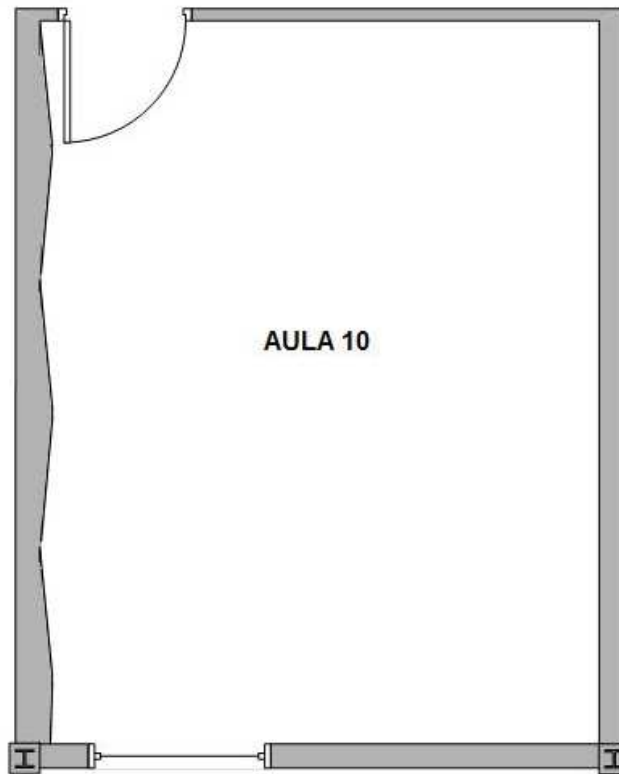
AULA 8	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	134.80
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	55.95
VOLUMEN (m ³)	96.60
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	7.85
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	34.50
SUPERFICIE TECHO (m ²)	34.50
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.75
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 9



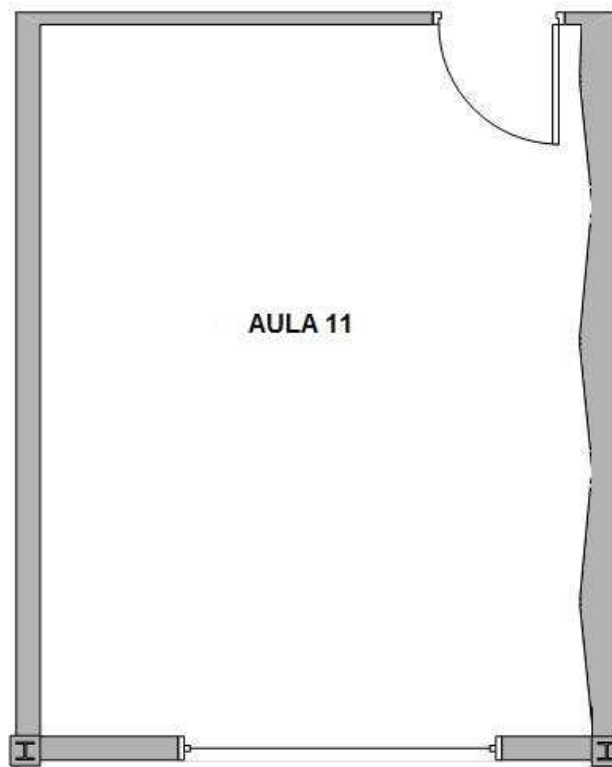
AULA 9	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	146.24
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	57.18
VOLUMEN (m ³)	107.52
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	10.26
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	38.40
SUPERFICIE TECHO (m ²)	38.40
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	6.40
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 10



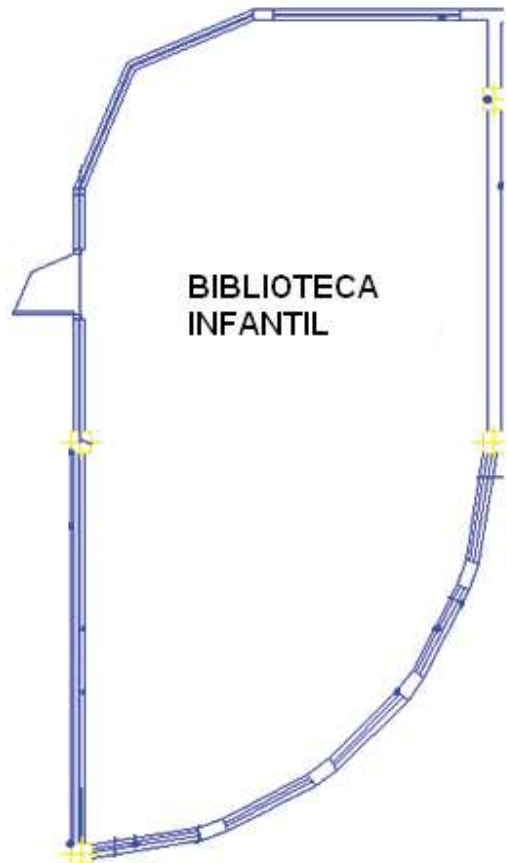
AULA 10	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	135.68
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	58.76
VOLUMEN (m ³)	97.44
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	5.32
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	34.80
SUPERFICIE TECHO (m ²)	34.80
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS DE LA AULA 11



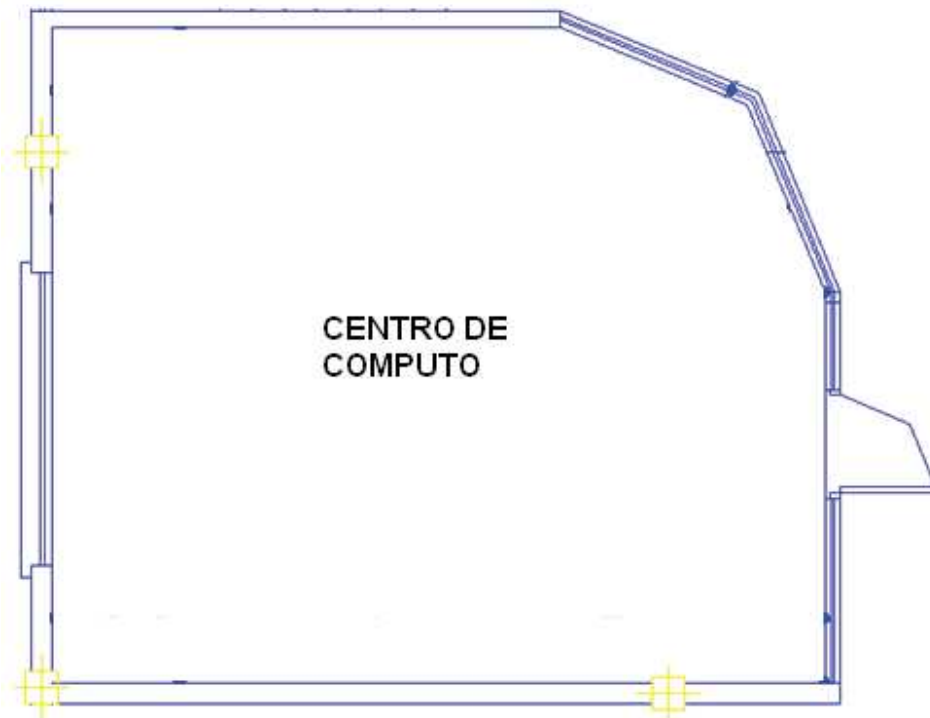
AULA 11	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	135.68
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	58.76
VOLUMEN (m ³)	97.44
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	5.32
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	34.80
SUPERFICIE TECHO (m ²)	34.80
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	5.80
ANCHO (m)	6.00

PLANOS Y DATOS BIBLIOTECA INFANTIL



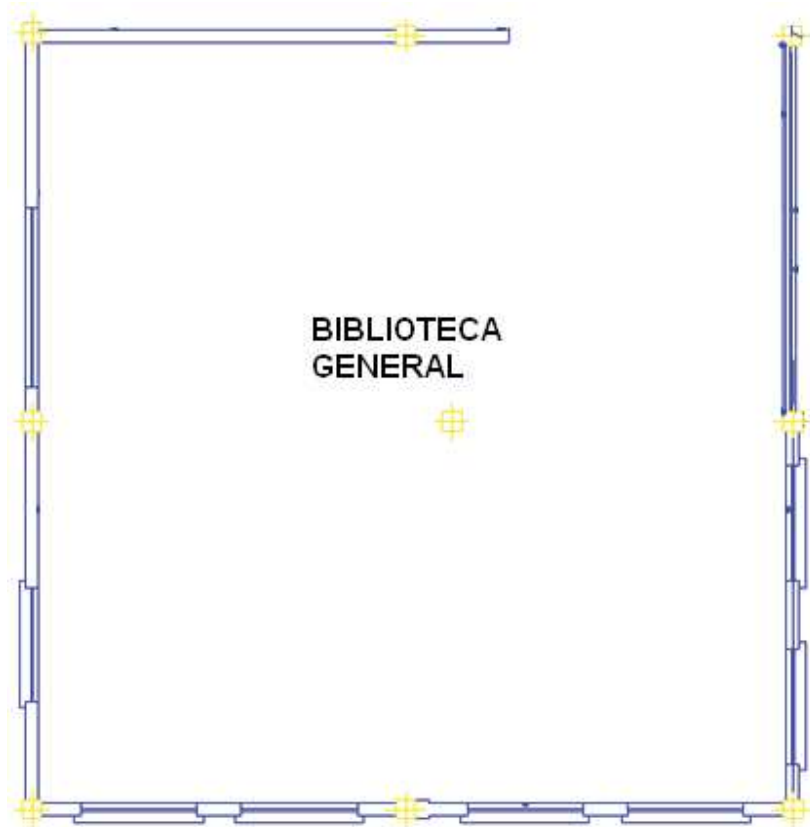
BIBLIOTECA INFANTIL	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	229.69
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	69.66
VOLUMEN (m ³)	162.03
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	42.30
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	57.87
SUPERFICIE TECHO (m ²)	57.87
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	variable
ANCHO (m)	variable

PLANOS Y DATOS CENTRO DE COMPUTO



RESUMEN AULA 13	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	163.11
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	62.58
VOLUMEN (m ³)	116.04
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	15.64
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	41.44
SUPERFICIE TECHO (m ²)	41.44
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	VARIABLE
ANCHO (m)	VARIABLE

PLANOS Y DATOS BIBLIOTECA GENERAL



RESUMEN AULA 14	
SUPERFICIE TOTAL (m ²)	393.48
SUPERFICIE PAREDES (m ²)	84.29
VOLUMEN (m ³)	384.24
ÁREA PUERTAS (m ²)	2.00
ÁREA VENTANAS (m ²)	34.74
SUPERFICIE PLANTA (m ²)	137.23
SUPERFICIE TECHO (m ²)	137.23
ALTO (m)	2.80
LARGO (m)	11.83
ANCHO (m)	11.60

ANEXO 3

TABLA DE COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE DISTINTOS MATERIALES

Juan C.Giménez de Paz, lic. FI UBA

COEFICIENTES DE ABSORCION SONORA DE MATERIALES PESADOS E IMPERMEABLES
(sabines/m²)

Material	Banda de frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Paredes:						
1. De hormigón sin pintar	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
2. Idem pintada	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
3. de ladrillo pintada	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
4. Revoque, yeso sobre ladrillo hueco pintada o no	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Pisos:						
5. de pizarra sobre contrapiso	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
6. de corcho, linóleo, yeso o goma sobre contrapiso	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,02
7. de hormigón o mosaico	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
8. de parquet sobre hormigón	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Varios:						
9. Mármol	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
10. Espejo de agua (pileta de natación)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03

Referencias: 1-6: L.L.BeraneK, "ACUSTICA". Editorial Hispano Americana, 2ª.edición, (Buenos Aires, 1969) Tabla 10.1. 7-10: C.M.Harris (editor), "HANDBOOK OF NOISE CONTROL". McGraw-Hill Book Co. 2ª. edición. (New York, 1979) Tabla 21.1

Juan C.Giménez de Paz, lic. FI UBA

COEFICIENTES DE ABSORCION SONORA DE MATERIALES POROSOS
[sabines/m²]

Material	Banda de frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1	2	4
1. Alfombra pesada sobre hormigón	0,0 2	0,0 6	0,1 4	0,37	0,60	0,65
2. Idem 1, sobre poliuretano de 1,35 kg/m ²	0,0 8	0,2 4	0,5 7	0,69	0,71	0,73
3. Cortina plegada a ½, a 7,6 cm de la pared, resist. al flujo: 10 N.s/m ³	0,0 8	0,1 0	0,1 5	0,16	0,22	0,30
4. Idem 3 pero con 100 N.s/m ³	0,1 7	0,3 2	0,4 8	0,50	0,64	0,74
5. Idem 3 pero con 1 000 N.s/m ³	0,1 8	0,5 5	0,9 8	0,95	0,98	0,98
6. Alfombra pelo grueso de 9 mm sobre el piso		0,0 5	0,2 0	0,45	0,55	0,60
7. Idem 6 pero sobre poliuretano de 6 mm		0,1 0	0,3 0	0,50	0,55	0,75

Referencias:

1-5: C.M.Harris (editor), "HANDBOOK OF NOISE CONTROL". McGraw-Hill Book Co. 2a. edición. (New York, 1979) Tabla 21.1 y figura 21.16

6-7: E.J.Evans y E.N.Bazley, "Sound absorbing materials". National Physical Laboratory (Teddington, Gran Bretaña, 1978)

Juan C.Giménez de Paz, lic. FI UBA

COEFICIENTES DE ABSORCION SONORA DE PLACAS PARCIALMENTE PERFORADAS
[sabines/ m²]

Descripción	Banda de frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
1. Placa de fibra prensada de 30 x 30 cm y 1,2 cm de espesor con 441 agujeros de 5 mm de diámetro y 0,9 cm de profundidad	0,10	0,20	0,40	0,50	0,45	0,50
2. Idem 1, pero de 2,1 cm y profundidad de agujero 1,6 cm	0,10	0,35	0,70	0,75	0,65	0,50
3. Idem 1, pero de espesor 3,2 cm y profundidad de agujero 2,5 cm	0,10	0,50	0,85	0,75	0,65	0,55
4. Idem 2, pero sobre listones verticales de 5 x 2,5 cm cada 30,5 cm entre centros	0,10	0,50	0,45	0,35	0,40	0,50
5. Idem 3, con montaje idem 4	0,20	0,60	0,65	0,75	0,60	0,50

Juan C.Giménez de Paz, lic. FI UBA

COEFICIENTES DE ABSORCION SONORA DE MEMBRANAS
[sabines/m²]

Membrana	Frecuencia de resonancia [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
1. Placas de terciado de 40x91 cm y 1,25 cm de espesor a 8 mm de la pared rígida enmarcados en listones acanalados con 100 y 50 cm entre centros.	0,15	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
2. Idem 1 pero a 2,8 cm de la pared.	0,35	0,20	0,15	0,10	0,05	0,05
3. Idem 1 pero con lana de vidrio en el espacio terciado-pared.	0,40	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05
4. Placas de yeso de 9,5 mm de espesor con 2,5 cm de material absorbente, armado sobre listones verticales de 1,9 x 5 cm cada 76 cm	0,30	0,20	0,15	0,05	0,05	0,05
5. Placas de yeso de 1,25 cm clavadas sobre tacos de 5,1 x 10,2 cm cada 41 cm entre centros	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09
6. Paneles grandes de vidrio pesados	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
7. Vidrios comunes de ventana	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04
8. Madera, plataforma con gran espacio de aire debajo	0,40	0,30	0,20	0,17	0,15	0,10
9. Madera en paneles de 1 a 1,5 cm con espacio de 5 a 10 cm por detrás	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10

Referencias: 1-3: E.J.Evans y E.N.Bazley, "Sound absorbing materials". National Physical Laboratory (Teddington, Gran Bretaña, 1978)

4-7: C.M.Harris (editor), "HANDBOOK OF NOISE CONTROL". McGraw-Hill Book Co. 2ª. edición. (New York, 1979) Tabla 21.1 y figura 21.16

8-9: L.L.Beraneq, "ACUSTICA". Editorial Hispano Americana, 2a.edición, (Buenos Aires, 1969) Tabla 10.1.

COEFICIENTES DE ABSORCION SONORA DE MATERIALES Y MONTAJES
[sabines/m²]

Material y/o montaje	Banda de frecuencias [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
1. Paneles de roble de 30,5 x 168 cm sobre listones de 2,5 cm	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
2. Idem 1 pero con lana de vidrio de 2,5 cm	0,25	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
3. Placas de yeso de 9,5 mm de espesor perforadas con 3 886 agujeros por metro cuadrado de 6 mm de diámetro, (12% de área abierta) sobre listones verticales de 5x5 cm cada 40,5 cm entre y listones horizontales de 5 x 2,5 cm cada 76 cm entre centros	0,10	0,20	0,40	0,30	0,15	0,20
4. Idem 3 pero con lana de vidrio	0,15	0,70	0,90	0,70	0,45	0,30
5. "Hardboard" de 3 mm de espesor con 2 422 perforaciones por metro cuadrado de 5 mm de diámetro (4% de área libre) sobre listones verticales de 5x2,5 cm a 61 cm entre centros	0,45	0,30	0,25	0,15	0,10	0,10
6. Alfombra (de teatro) pelo grueso de 9 mm sobre el piso		0,05	0,20	0,45	0,55	0,60
7. Idem 6 pero sobre esponja de goma de 6 mm		0,10	0,30	0,50	0,55	0,75

Referencia: Valores medidos en cámara reverberante según E.J. Evans y E.N. Bazley, "Sound Absorbing Materials". National Physical Laboratories (Teddington, Gran Bretaña, 1978)

ANEXO 4

TABLA DE COEFICIENTES DE ABSORCIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PANELES FIBER GLASS USG

INFOMACIÓN PANELES FIBER GLASS USG

Sound Test Data¹

Acoustical Panel Product Name	Item No.	Size	CAC	CAC Mounting ²	Sound Absorption Test Data ²		Band Center Frequency Hz					
					NRC	Mounting	125	250	500	1000	2000	4000
ASPEN	650	2'x2'x3/4"	35	CE ³	.55	E400	.59	.31	.48	.69	.65	.61
ASPEN Illusion Two/24	652	2'x4'x3/4"	40	CE ³	.55	E400	.30	.32	.47	.68	.64	.56
ASTRO <i>CLIMAPlus</i>	8241	2'x4'x5/8"	35	CE	.55	E400	.32	.35	.51	.63	.64	.61
	8223	2'x2'x5/8"	35	CE	.55	E400	.45	.35	.47	.67	.71	.71
BRIO <i>CLIMAPlus</i>	308	2'x2'x3/4"	35	CE	.70	E400	.40	.30	.62	.98	.99	.97
CLEAN ROOM (perforated)	56060	2'x2'x5/8"	35	CE	.55	E400	.43	.38	.63	.76	.56	.35
ECLIPSE <i>CLIMAPlus</i>	76775	2'x2'x3/4"	35	CE	.70	E400	.52	.51	.63	.92	.95	.87
F FISSURED	101	12'x12'x3/4"	25	COF	.70	E400	.62	.60	.55	.78	.90	.88
	132	2'x2'x3/4"	35	CE ^{4A}	.70	E400	.59	.30	.72	1.02	.96	.97
	131	2'x2'x3/4"	35	CE ^{5A}	.70	E400	.45	.31	.71	1.04	.98	.99
FISSURED	562	2'x4'x5/8"	35	CE	.55	E400	.41	.38	.55	.84	.76	.73
	586	2'x4'x5/8"	35	CE	.55	E400	.39	.26	.42	.70	.82	.75
FRESCO <i>CLIMAPlus</i>	608	2'x2'x3/4"	35	CE	.70	E400	.38	.32	.66	.99	.97	.93
FROST <i>CLIMAPlus</i>	414	2'x2'x3/4"	38	CE ^{4A}	.70	E400	.44	.28	.68	1.01	1.02	1.01
GLACIER	701	12'x12'x3/4"	25	COF	.65	E400	.80	.71	.59	.79	.93	.97
	707	2'x2'x3/4"	35	CE ^{4A}	.65	E400	.45	.28	.47	.88	1.06	1.02
	715	2'x2'x3/4"	35	CE ⁴	.65	E400	.43	.26	.60	.92	.94	1.04
HALCYON <i>CLIMAPlus</i>	97241	2'x4'x3/4"	20	CE	.90	E400	.72	.88	.68	.96	1.01	1.05
	98241	2'x4'x1"	25	CE	.95	E400	.80	.95	.78	1.04	1.07	1.09
	99241	2'x4'x1-1/2"	25	CE	1.00	E400	.78	.88	.90	1.10	1.06	.97
	88223	2'x4'x1"	30	CE	.90	E400	.60	.57	.91	1.06	1.15	1.01
	88224	2'x4'x1-1/2"	30	CE	.95	E400	.57	.78	.91	1.16	1.07	.94
HALCYON <i>CLIMAPlus</i> Large Sizes	98441	4'x4'x1"	20	CE	.95	E400	.81	.89	.75	1.05	1.09	1.10
MARS <i>CLIMAPlus</i>	86185	2'x2'x3/4"	35	CE	.70	E400	.36	.36	.63	.90	1.00	.91
MARS <i>CLIMAPlus</i> High-NRC Panels	87200	2'x2'x7/8"	35	CE	.80	E400	.60	.54	.71	.97	1.00	1.01
MILLENNIA <i>CLIMAPlus</i>	76705	2'x2'x3/4"	35	CE	.70	E400	.55	.37	.64	.89	.98	.96
MILLENNIA <i>CLIMAPlus</i> High-NRC	76201	2'x2'x3/4"	30	CE	.75	E400	.72	.66	.67	.90	.97	.96
PREMIER NUBEY <i>CLIMAPlus</i>	7013G	2'x4'x1"	25	CE	.90	E400	.54	.59	.85	1.09	1.09	.97
RADAR	2120	2'x2'x5/8"	33	CE ^{4A}	.55	E400	.45	.32	.48	.73	.69	.63
	2310	2'x4'x5/8"	35	CE	.55	E400	.31	.39	.48	.68	.67	.55
	2315	2'x4'x5/8"	35	CE	.55	E400	.38	.28	.48	.75	.76	.70
	2990	12'x12'x5/8"	40	COF	.55	E400	.50	.34	.52	.67	.63	.70
RADAR <i>CLIMAPlus</i> High-Durability	2207	2'x2'x5/8"	35	CE	.55	E400	.46	.30	.49	.80	.76	.73
RADAR <i>CLIMAPlus</i> High-NRC/ High-CAC	22111	2'x2'x3/4"	35	CE ⁴	.70	E400	.71	.52	.65	.98	.91	.79
	22311	2'x4'x3/4"	35	CE	.70	E400	.45	.46	.62	.94	.86	.65

Radars™ *ClimaPlus*™



10

Year Availability
2210, 2215, 2220, 2225, 2230, 2410, 2415



Radars Panels with *ClimaPlus* Superior Performance/
Down DX/DXL Suspension System

LEED Credits

Recycled Content: 28% – 50%
ClimaPlus Superior Performance for Mold/Mildew

MR				EQ		
Waste Reduction ¹	Recycled Content	Regional Materials ²	Rapidly Renewable Materials	Low-Emitting Materials	Daylight and Views	Acoustical Performance
●	●	●	●	●	●	●

Features and Benefits

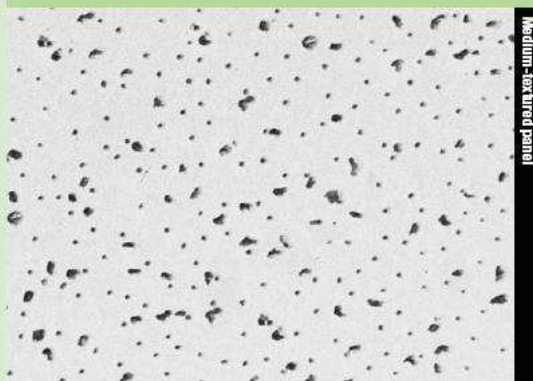
- Non-directional pattern.
- *ClimaPlus* 30-year lifetime system warranty to withstand conditions up to 104 °F (40 °C)/95% relative humidity without visible sag when used with a Down® brand suspension system.
- Optional Firecode™ formulation.
- High-durability panels are 55% more durable than standard panels.

Applications

- Schools
- Corridors
- Lobby areas
- Offices
- Retail stores

Substrate

- Water-felted mineral fiber



Medium-textured panel

Call 888.874.2450 for color samples
See individual items for color availability.



30
 Year System Warranty
 - No visible sag
 - Mold/mildew protection

RADAR CLIMAPLUS Panels

RADAR CLIMAPLUS High-Durability Panels

UL Classified													
Edge	Panel Size Imperial Metric (mm) ³	Class ⁴	Item No. Imperial Metric	NRC	CAC Min.	LR ⁵	Color ¹	Grid Options	VOC Emissions	Anti-Mold & Mildew	Abuse- Resistant	Recycled Content ⁷	Panel Cost
SQ	2'x2' x5/8" 600x600x15	Class A	2210 ME2410	.55	33	.84	White Standard	A, B	Low	●	●	28-44%	\$
							White	A	Low	●	●	48-50%	\$
							White Standard	A	Low	●	●	28-44%	\$
							White Flat Black Charcoal	A	Low	●	●	48-50%	\$
							White	A, B	Low	●	●	25%	\$
	SLT 600x600x15	Class A	2220 ME2220	.55	33	.84	White Standard Flat Black/Charcoal not available	C	Low	●	●	28-44%	\$
							White	C	Low	●	●	48-50%	\$
							White	C	Low	●	●	28-44%	\$
							White	C	Low	●	●	48-50%	\$
							White	C	Low	●	●	48-50%	\$
FLB	2'x2' x5/8"	Class A	2230	.55	33	.84	White	D, F, G	Low	●	●	28-44%	\$
							White	D, F, G	Low	●	●	48-50%	\$
SQ	2'x2' x5/8"	Class A	2207	.55	35	.84	White	A, B	Low	●	●	28-44%	\$
							White	A, B	Low	●	●	28-44%	\$
							White	C	Low	●	●	28-44%	\$

Legend

Low Emissions (VOC Class)
 Classified as low-emitting per standards established by the Collaborative for High-Performance Schools (CHPS), following California Specification 01350 testing methods.

CLIMAPLUS Superior Performance¹¹
 Contains a broad-spectrum antimicrobial treatment on the face and back of the panel that provides guaranteed resistance against the growth of mold/mildew, fungi, yeast, algae, and Gram-positive and Gram-negative odor/stain-causing bacteria.

A	B	C	D	E	F	G	H
DX®/DXL™	CENTRICITE™ DXT	DX/DXL	CENTRICITE DXT	CENTRICITE DXLT	FINELINE® DXF	FINELINE® 1/8 DXFF	FINELINE® DXLF

**Physical Data/
Footnotes**

Product literature
 Data sheet: SC2127

ASTM E1264 classification
 Type III, Form 2, Pattern C, D, E

ASTM E84 surface burning characteristics
 Class A
 Flame spread: 25
 Smoke developed: 50

Weight
 61-1.15 lb./sq. ft.

Thermal resistance
 R-1.4 (5/8" Class A panels and tile)
 R-1.6 (Fibrocex panels)

Maximum backloading
 See warranty for details.

Maintenance
 Can be cleaned easily with a soft brush or vacuum.

High-Durability panels
 ASTM D1037 – falling-ball impact test.

Footnotes
 1. Applies when USG acoustical ceilings recycling program is utilized.
 2. Dependent on location; see Sustainability selector.
 3. Metric available in White only.
 4. Fire-rated items: see UL design details.

5. LR values are shown as averages.
 6. See Colors selector for more information.
 7. For details, see Sustainability selector.
 8. Includes plastic coating, Gardner-Scrubability tested to 3,000 cycles (ASTM D246).
 9. SF = staple flange.
 10. Not UL Classified for acoustics.

11. Panel face and back surfaces treated with a patented, broad-spectrum antimicrobial standard formulation that inhibits and retards the growth of mold/mildew, fungi, yeast, and odor/stain-causing Gram-positive and Gram-negative bacteria. For details, see Ceiling Systems Warranties and Limitations (SC2102) and CLIMAPLUS Ceilings Certification of Performance (SC2451).

ANEXO 5

CÁLCULO DE RT_{60} EN TODOS LOS SALONES DE CLASE

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 2

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	58.52	0.02	1.17	0.02	1.1703	0.02	1.17	0.03	1.76	0.04	2.34	0.04	2.34
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	4.73	0.18	0.85	0.06	0.2835	0.04	0.19	0.03	0.14	0.02	0.09	0.02	0.09
PANEL RADAR 16 mm	18.81	0.46	8.65	0.30	5.64	0.49	9.22	0.80	15.05	0.76	14.30	0.73	13.73
GYP SUM 13 mm	15.07	0.10	1.51	0.08	1.21	0.05	0.75	0.03	0.45	0.03	0.45	0.03	0.45
PISO PORCELANATO	8.68	0.01	0.09	0.01	0.0868	0.01	0.09	0.02	0.17	0.02	0.17	0.01	0.09
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	25.20	0.15	3.78	0.25	6.30	0.35	8.82	0.35	8.82	0.38	9.58	0.35	8.82
α PROMEDIO		0.12		0.11		0.15		0.20		0.20		0.19	
A TOTAL			16.25		14.91		20.44		26.57		27.11		25.69
RT60			0.93		1.02		0.74		0.57		0.56		0.59

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 3

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	59.64	0.02	1.19	0.02	1.19	0.03	1.79	0.04	2.39	0.04	2.39	0.04	2.39
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	4.73	0.18	0.85	0.06	0.28	0.04	0.19	0.03	0.14	0.02	0.09	0.02	0.09
PANEL RADAR 16 mm	22.05	0.46	10.14	0.30	6.62	0.49	10.80	0.80	17.64	0.76	16.76	0.73	16.10
GYP SUM 13 mm	13.04	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO	9.89	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.20	0.02	0.20	0.01	0.10
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	25.20	0.15	3.78	0.25	6.30	0.35	8.82	0.35	8.82	0.38	9.58	0.35	8.82
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.17		0.22		0.22		0.21	
A TOTAL			17.57		15.75		22.55		29.76		29.58		28.05
RT 60			0.89		1.00		0.70		0.53		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 4

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	59.64	0.02	1.19	0.02	1.19	0.02	1.19	0.03	1.79	0.04	2.39	0.04	2.39
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	4.73	0.18	0.85	0.06	0.28	0.04	0.19	0.03	0.14	0.02	0.09	0.02	0.09
PANEL RADAR 16 mm	22.05	0.46	10.14	0.30	6.62	0.49	10.80	0.80	17.64	0.76	16.76	0.73	16.10
GYP SUM 13 mm	13.04	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	9.89	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.20	0.02	0.20	0.01	0.10
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.16		0.21		0.22		0.21	
A TOTAL			17.57		15.75		21.96		29.16		29.58		28.05
RT60			0.89		1.00		0.72		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 5

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	59.36	0.02	1.19	0.02	1.19	0.02	1.19	0.03	1.78	0.04	2.37	0.04	2.37
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	4.73	0.18	0.85	0.06	0.28	0.04	0.19	0.03	0.14	0.02	0.09	0.02	0.09
PANEL RADAR 16 mm	21.84	0.46	10.05	0.30	6.55	0.49	10.70	0.80	17.47	0.76	16.60	0.73	15.94
GYP SUM 13 mm	12.96	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	9.60	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.19	0.02	0.19	0.01	0.10
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.16		0.21		0.22		0.21	
A TOTAL			17.46		15.68		21.84		28.98		29.40		27.88
RT60			0.89		0.99		0.71		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 6

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	49.15	0.02	0.98	0.02	0.98	0.02	0.98	0.03	1.47	0.04	1.97	0.04	1.97
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	10.45	0.18	1.88	0.06	0.63	0.04	0.42	0.03	0.31	0.02	0.21	0.02	0.21
PANEL RADAR 16 mm	20.64	0.46	9.49	0.30	6.19	0.49	10.11	0.80	16.51	0.76	15.69	0.73	15.07
GYP SUM 13 mm	12.96	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	8.40	0.01	0.08	0.01	0.08	0.01	0.08	0.02	0.17	0.02	0.17	0.01	0.08
α PROMEDIO		0.14		0.12		0.17		0.22		0.22		0.21	
A TOTAL			17.72		15.44		21.27		27.86		28.17		26.70
RT60			0.85		0.97		0.71		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 7

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	58.76	0.02	1.18	0.02	1.18	0.02	1.18	0.03	1.76	0.04	2.35	0.04	2.35
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	5.32	0.18	0.96	0.06	0.32	0.04	0.21	0.03	0.16	0.02	0.11	0.02	0.11
PANEL RADAR 16 mm	21.84	0.46	10.05	0.30	6.55	0.49	10.70	0.80	17.47	0.76	16.60	0.73	15.94
GYP SUM 13 mm	12.96	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	9.60	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.19	0.02	0.19	0.01	0.10
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.16		0.21		0.22		0.21	
A TOTAL			17.55		15.70		21.85		28.98		29.39		27.86
RT60			0.89		0.99		0.71		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 8

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	55.95	0.02	1.12	0.02	1.12	0.02	1.12	0.03	1.68	0.04	2.24	0.04	2.24
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	7.85	0.18	1.41	0.06	0.47	0.04	0.31	0.03	0.24	0.02	0.16	0.02	0.16
PANEL RADAR 16 mm	21.54	0.46	9.91	0.30	6.46	0.49	10.55	0.80	17.23	0.76	16.37	0.73	15.72
GYP SUM 13 mm	12.96	0.10	1.30	0.08	1.04	0.05	0.65	0.03	0.39	0.03	0.39	0.03	0.39
PISO PORCELANATO	9.30	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.09	0.02	0.19	0.02	0.19	0.01	0.09
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	25.20	0.15	3.78	0.25	6.30	0.35	8.82	0.35	8.82	0.38	9.58	0.35	8.82
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.16		0.21		0.22		0.20	
A TOTAL			17.81		15.70		21.75		28.72		29.10		27.58
RT60			0.87		0.98		0.71		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 9

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	57.18	0.02	1.14	0.02	1.14	0.02	1.14	0.03	1.72	0.04	2.29	0.04	2.29
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	10.26	0.18	1.85	0.06	0.62	0.04	0.41	0.03	0.31	0.02	0.21	0.02	0.21
PANEL RADAR 16 mm	23.28	0.46	10.71	0.30	6.98	0.49	11.41	0.80	18.62	0.76	17.69	0.73	16.99
GYP SUM 13 mm	15.12	0.10	1.51	0.08	1.21	0.05	0.76	0.03	0.45	0.03	0.45	0.03	0.45
PISO PORCELANATO	13.20	0.01	0.13	0.01	0.13	0.01	0.13	0.02	0.26	0.02	0.26	0.01	0.13
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	25.20	0.15	3.78	0.25	6.30	0.35	8.82	0.35	8.82	0.38	9.58	0.35	8.82
α PROMEDIO		0.13		0.11		0.16		0.21		0.21		0.20	
A TOTAL			19.32		16.60		22.87		30.36		30.66		29.05
RT60			0.89		1.04		0.75		0.57		0.56		0.59

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 10

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	58.76	0.02	1.18	0.02	1.18	0.02	1.18	0.03	1.76	0.04	2.35	0.04	2.35
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	5.32	0.18	0.96	0.06	0.32	0.04	0.21	0.03	0.16	0.02	0.11	0.02	0.11
PANEL RADAR 16 mm	19.68	0.46	9.05	0.30	5.90	0.49	9.64	0.80	15.74	0.76	14.96	0.73	14.37
GYP SUM 13 mm	15.12	0.10	1.51	0.08	1.21	0.05	0.76	0.03	0.45	0.03	0.45	0.03	0.45
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	9.60	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.19	0.02	0.19	0.01	0.10
α PROMEDIO		0.12		0.11		0.15		0.20		0.21		0.19	
A TOTAL			16.77		15.22		20.90		27.31		27.82		26.35
RT60			0.93		1.02		0.75		0.57		0.56		0.59

CÁLCULO RT60 PARA EL AULA 11

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	58.76	0.02	1.18	0.02	1.18	0.02	1.18	0.03	1.76	0.04	2.35	0.04	2.35
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	5.32	0.18	0.96	0.06	0.32	0.04	0.21	0.03	0.16	0.02	0.11	0.02	0.11
PANEL RADAR 16 mm	21.54	0.46	9.91	0.30	6.46	0.49	10.55	0.80	17.23	0.76	16.37	0.73	15.72
GYP SUM 13 mm	15.12	0.10	1.51	0.08	1.21	0.05	0.76	0.03	0.45	0.03	0.45	0.03	0.45
PISO PORCELANATO JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	9.60	0.01	0.10	0.01	0.10	0.01	0.10	0.02	0.19	0.02	0.19	0.01	0.10
α PROMEDIO		0.13		0.12		0.16		0.21		0.22		0.20	
A TOTAL			17.63		15.78		21.81		28.80		29.23		27.71
RT60			0.88		0.99		0.71		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA INFANTIL VACÍA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	69.66	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.03	2.09	0.04	2.79	0.04	2.79
PUERTA VIDRIO DE 8mm	2.00	0.18	0.36	0.06	0.12	0.04	0.08	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04
VENTANA VIDRIO 8mm	42.30	0.18	7.61	0.06	2.54	0.04	1.69	0.03	1.27	0.02	0.85	0.02	0.85
PANEL FIBER GLASS RADAR 1.6 cm	42.03	0.46	19.33	0.30	12.61	0.49	20.59	0.80	33.62	0.76	31.94	0.73	30.68
GYPSUM 13 mm	15.84	0.10	1.58	0.08	1.27	0.05	0.79	0.03	0.48	0.03	0.48	0.03	0.48
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	0	0.15	-	0.25	-	0.35	-	0.35	-	0.38	-	0.35	-
PISO PORCELANATO	57.87	0.01	0.58	0.01	0.58	0.01	0.58	0.02	1.16	0.02	1.16	0.01	0.58
α PROMEDIO		0.13		0.08		0.11		0.17		0.16		0.15	
A TOTAL			30.86		18.51		25.13		38.68		37.25		35.41
RT60 VACIA			0.84		1.40		1.03		0.67		0.70		0.73

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA INFANTIL 25% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	69.66	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.03	2.09	0.04	2.79	0.04	2.79
PUERTA VIDRIO DE 8 mm	2.00	0.18	0.36	0.06	0.12	0.04	0.08	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04
VENTANA VIDRIO 8 mm	42.30	0.18	7.61	0.06	2.54	0.04	1.69	0.03	1.27	0.02	0.85	0.02	0.85
PANEL FIBER GLASS RADAR 1.6 cm	42.03	0.46	19.33	0.30	12.61	0.49	20.59	0.80	33.62	0.76	31.94	0.73	30.68
GYPSUM 13 mm	15.84	0.10	1.58	0.08	1.27	0.05	0.79	0.03	0.48	0.03	0.48	0.03	0.48
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	14.47	0.15	2.17	0.25	3.62	0.35	5.06	0.35	5.06	0.38	5.50	0.35	5.06
PISO PORCELANATO	43.40	0.01	0.43	0.01	0.43	0.01	0.43	0.02	0.87	0.02	0.87	0.01	0.43
α PROMEDIO		0.14		0.10		0.13		0.19		0.18		0.18	
A TOTAL			32.89		21.98		30.05		43.45		42.46		40.33
T60 25% LLENA			0.79		1.18		0.86		0.60		0.61		0.64

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA INFANTIL 50% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	69.66	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.03	2.09	0.04	2.79	0.04	2.79
PUERTA VIDRIO DE 8 mm	2.00	0.18	0.36	0.06	0.12	0.04	0.08	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04
VENTANA VIDRIO 8mm	42.30	0.18	7.61	0.06	2.54	0.04	1.69	0.03	1.27	0.02	0.85	0.02	0.85
PANEL FIBER GLASS RADAR 1.6 cm	42.03	0.46	19.33	0.30	12.61	0.49	20.59	0.80	33.62	0.76	31.94	0.73	30.68
GYP SUM 13 mm	15.84	0.10	1.58	0.08	1.27	0.05	0.79	0.03	0.48	0.03	0.48	0.03	0.48
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	28.93	0.15	4.34	0.25	7.23	0.35	10.13	0.35	10.13	0.38	10.99	0.35	10.13
PISO PORCELANATO	28.93	0.01	0.29	0.01	0.29	0.01	0.29	0.02	0.58	0.02	0.58	0.01	0.29
α PROMEDIO		0.15		0.11		0.15		0.21		0.21		0.20	
A TOTAL			34.91		25.45		34.97		48.22		47.66		45.25
T60 50% LLENA			0.74		1.02		0.74		0.54		0.54		0.57

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA INFANTIL 100% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	69.66	0.02	1.39	0.02	1.39	0.02	1.39	0.03	2.09	0.04	2.79	0.04	2.79
PUERTA VIDRIO DE 8 mm	2.00	0.18	0.36	0.06	0.12	0.04	0.08	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04
VENTANA VIDRIO 8mm	42.30	0.18	7.61	0.06	2.54	0.04	1.69	0.03	1.27	0.02	0.85	0.02	0.85
PANEL FIBER GLASS RADAR 1.6 cm	42.03	0.46	19.33	0.30	12.61	0.49	20.59	0.80	33.62	0.76	31.94	0.73	30.68
GYP SUM 13 mm	15.84	0.10	1.58	0.08	1.27	0.05	0.79	0.03	0.48	0.03	0.48	0.03	0.48
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	57.87	0.15	8.68	0.25	14.47	0.35	20.25	0.35	20.25	0.38	21.99	0.35	20.25
PISO PORCELANATO	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-
α PROMEDIO		0.17		0.14		0.20		0.25		0.25		0.24	
A TOTAL			38.96		32.39		44.81		57.77		58.08		55.08
T60 100% LLENA			0.67		0.80		0.58		0.45		0.45		0.47

CÁLCULO RT60 PARA EL CENTRO DE CÓMPUTO

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	62.58	0.02	1.25	0.02	1.25	0.02	1.25	0.03	1.88	0.04	2.50	0.04	2.50
PUERTA DE VIDRIO DE 8 mm	2.00	0.18	0.36	0.06	0.12	0.04	0.08	0.03	0.06	0.02	0.04	0.02	0.04
VENTANA VIDRIO 8mm	15.64	0.18	2.82	0.06	0.94	0.04	0.63	0.03	0.47	0.02	0.31	0.02	0.31
PANEL RADAR 16 mm	24.16	0.46	11.11	0.30	7.25	0.49	11.84	0.80	19.33	0.76	18.36	0.73	17.64
GYP SUM 13 mm	17.28	0.10	1.73	0.08	1.38	0.05	0.86	0.03	0.52	0.03	0.52	0.03	0.52
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	34.44	0.15	5.17	0.25	8.61	0.35	12.05	0.35	12.05	0.38	13.09	0.35	12.05
PORCELANATO	9.00	0.01	0.09	0.01	0.09	0.01	0.09	0.02	0.18	0.02	0.18	0.01	0.09
α PROMEDIO		0.14		0.12		0.16		0.21		0.21		0.20	
A TOTAL			22.52		19.64		26.80		34.49		35.00		33.16
RT60			0.82		0.95		0.69		0.54		0.53		0.56

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA GENERAL VACÍA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	84.29	0.02	1.69	0.02	1.69	0.02	1.69	0.03	2.53	0.04	3.37	0.04	3.37
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	34.74	1.80	62.53	0.06	2.08	0.04	1.39	0.03	1.04	0.02	0.69	0.02	0.69
PANEL RADAR 16 mm	94.03	0.46	43.25	0.30	28.21	0.49	46.07	0.80	75.22	0.76	71.46	0.73	68.64
GYP SUM 13 mm	43.20	0.10	4.32	0.08	3.46	0.05	2.16	0.03	1.30	0.03	1.30	0.03	1.30
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	-	0.15	-	0.25	-	0.35	-	0.35	-	0.38	-	0.35	-
PISO ALFOMBRA DE LANA 10 mm	137.23	0.09	12.35	0.08	10.98	0.21	28.82	0.26	35.68	0.27	37.05	0.37	50.78
α PROMEDIO		0.32		0.12		0.20		0.29		0.29		0.32	
A TOTAL			124.34		46.63		80.33		115.95		114.06		124.94
T60 VACIA			0.49		1.32		0.77		0.53		0.54		0.49

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA GENERAL 25% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	84.29	0.02	1.69	0.02	1.69	0.02	1.69	0.03	2.53	0.04	3.37	0.04	3.37
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8 mm	34.74	1.80	62.53	0.06	2.08	0.04	1.39	0.03	1.04	0.02	0.69	0.02	0.69
PANEL RADAR 16 mm	94.03	0.46	43.25	0.30	28.21	0.49	46.07	0.80	75.22	0.76	71.46	0.73	68.64
GYP SUM 13 mm	43.20	0.10	4.32	0.08	3.46	0.05	2.16	0.03	1.30	0.03	1.30	0.03	1.30
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	34.31	0.15	5.15	0.25	8.58	0.35	12.01	0.35	12.01	0.38	13.04	0.35	12.01
PISO ALFOMBRA DE LANA 10 mm	102.9225	0.09	9.26	0.08	8.23	0.21	21.61	0.26	26.76	0.27	27.79	0.37	38.08
α PROMEDIO		0.32		0.13		0.22		0.30		0.30		0.32	
A TOTAL			126.40		52.47		85.13		119.04		117.83		124.25
T60 25% LLENA			0.49		1.17		0.72		0.52		0.52		0.49

CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA GENERAL 50% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	84.29	0.02	1.69	0.02	1.69	0.02	1.69	0.03	2.53	0.04	3.37	0.04	3.37
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	34.74	1.80	62.53	0.06	2.08	0.04	1.39	0.03	1.04	0.02	0.69	0.02	0.69
PANEL RADAR 16 mm	94.03	0.46	43.25	0.30	28.21	0.49	46.07	0.80	75.22	0.76	71.46	0.73	68.64
GYP SUM 13 mm	43.20	0.10	4.32	0.08	3.46	0.05	2.16	0.03	1.30	0.03	1.30	0.03	1.30
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	68.62	0.15	10.29	0.25	17.15	0.35	24.02	0.35	24.02	0.38	26.07	0.35	24.02
PISO ALFOMBRA DE LANA 10 mm	68.615	0.09	6.18	0.08	5.49	0.21	14.41	0.26	17.84	0.27	18.53	0.37	25.39
α PROMEDIO		0.33		0.15		0.23		0.31		0.31		0.31	
A TOTAL			128.46		58.30		89.93		122.13		121.60		123.57
T60 50% LLENA			0.48		1.05		0.68		0.50		0.51		0.50

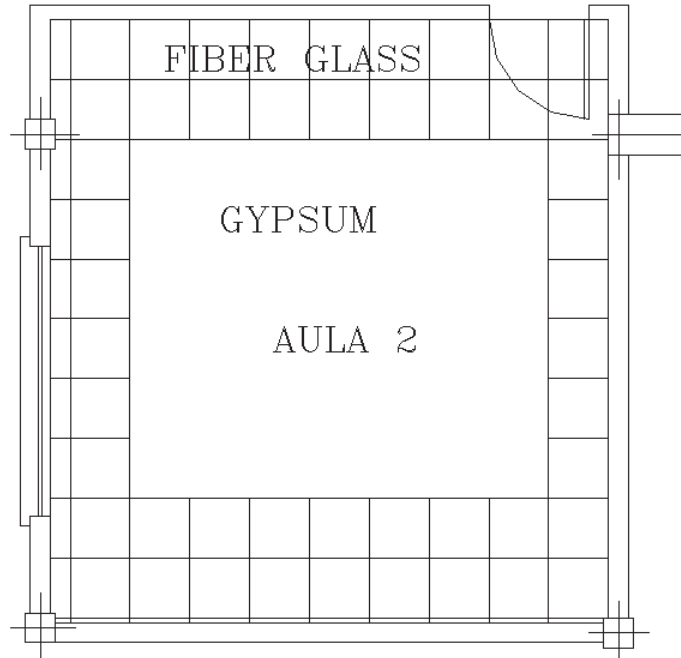
CÁLCULO RT60 PARA LA BIBLIOTECA GENERAL 100% LLENA

MATERIAL	AREA	α_{125}	A	α_{250}	A	α_{500}	A	α_{1k}	A	α_{2k}	A	α_{4k}	A
BLOQUE DE HORMIGON PINTADO	84.29	0.02	1.69	0.02	1.69	0.02	1.69	0.03	2.53	0.04	3.37	0.04	3.37
PUERTA MADERA MACIZA PULIDA 5cm	2.00	0.10	0.20	0.11	0.22	0.10	0.20	0.09	0.18	0.09	0.18	0.08	0.16
VENTANA VIDRIO 8mm	34.74	1.80	62.53	0.06	2.08	0.04	1.39	0.03	1.04	0.02	0.69	0.02	0.69
PANEL RADAR 16 mm	94.03	0.46	43.25	0.30	28.21	0.49	46.07	0.80	75.22	0.76	71.46	0.73	68.64
GYP SUM 13 mm	43.20	0.10	4.32	0.08	3.46	0.05	2.16	0.03	1.30	0.03	1.30	0.03	1.30
JOVENES SENTADOS EN ESCUELA	137.23	0.15	20.58	0.25	34.31	0.35	48.03	0.35	48.03	0.38	52.15	0.35	48.03
PISO ALFOMBRA DE LANA 10 mm	0	0.09	-	0.08	-	0.21	-	0.26	-	0.27	-	0.37	-
α PROMEDIO		0.34		0.18		0.25		0.33		0.33		0.31	
A TOTAL			132.58		69.96		99.54		128.30		129.15		122.19
T60 100% LLENA			0.46		0.88		0.62		0.48		0.48		0.50

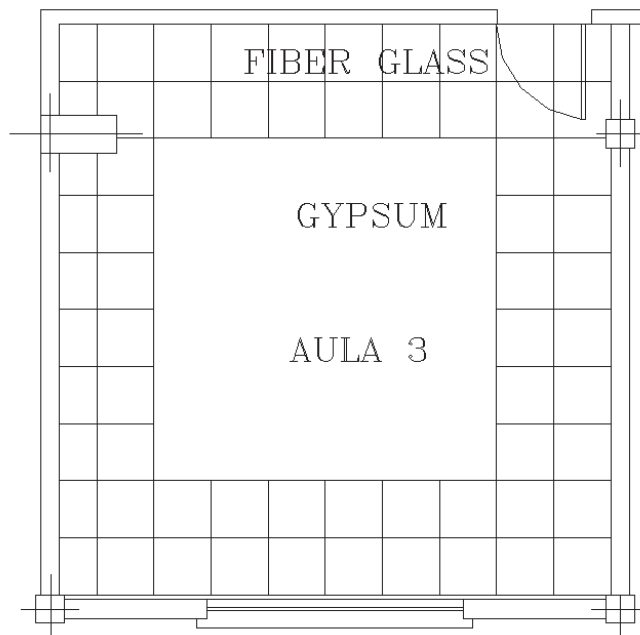
ANEXO 6

DISTRIBUCIÓN DE GYPSUM Y FIBER GLASS EN LOS
SALONES DE CLASE

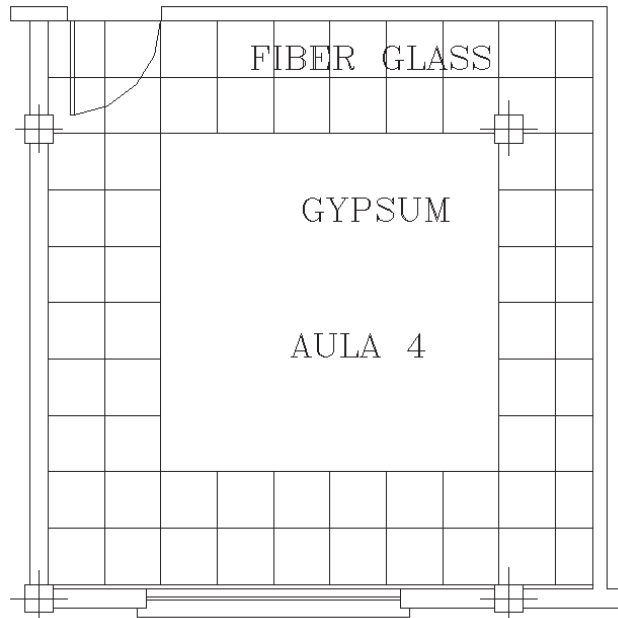
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 2



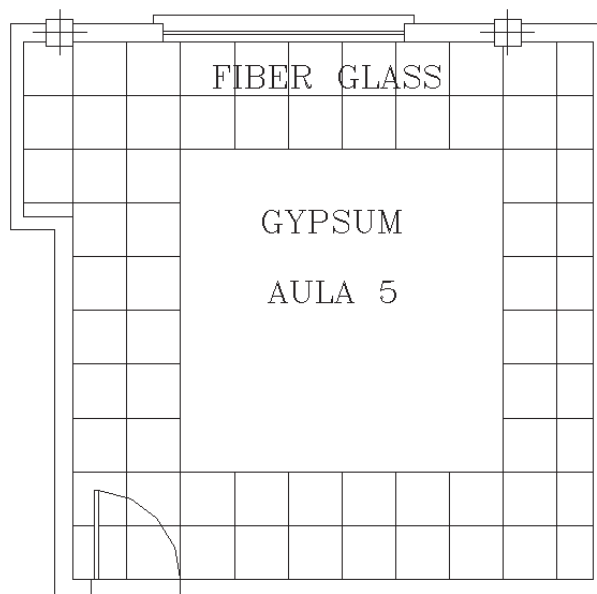
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 3



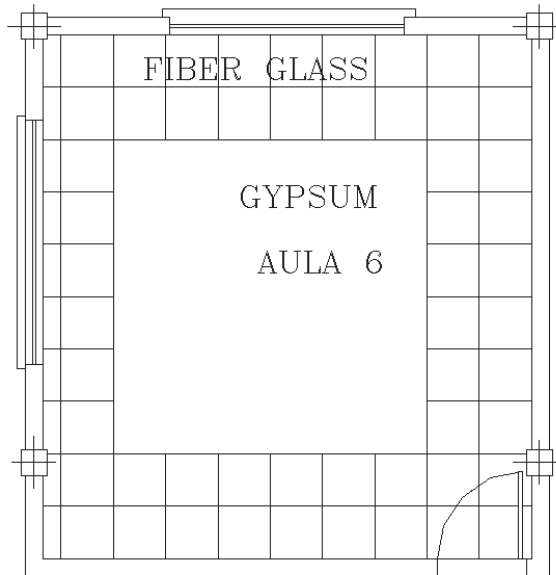
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 4



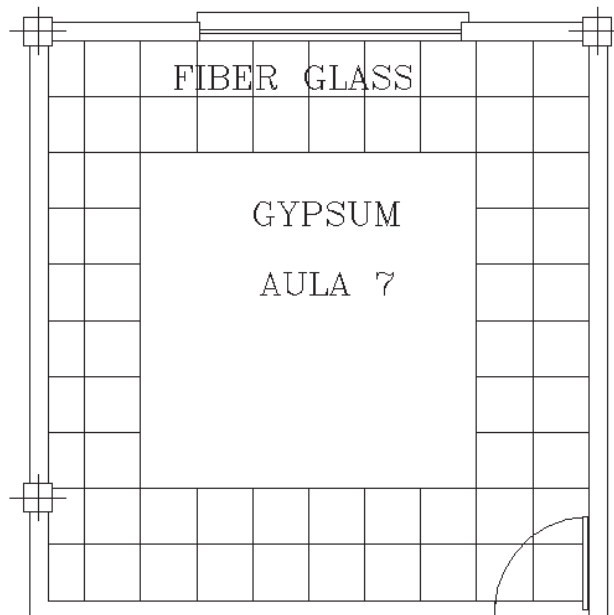
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 5



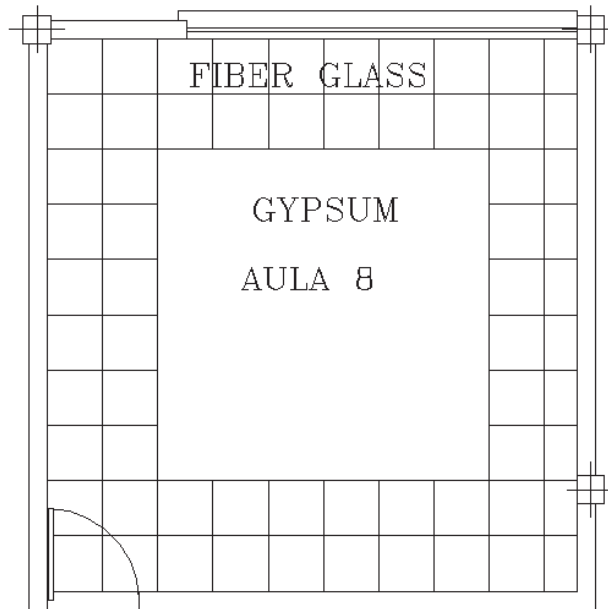
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 6



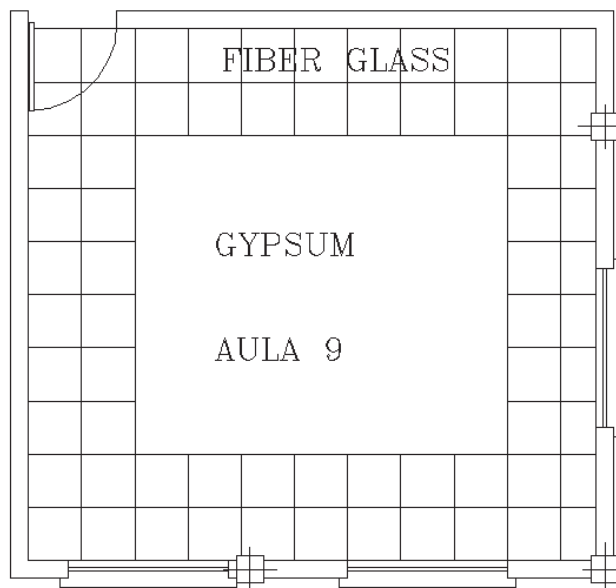
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 7



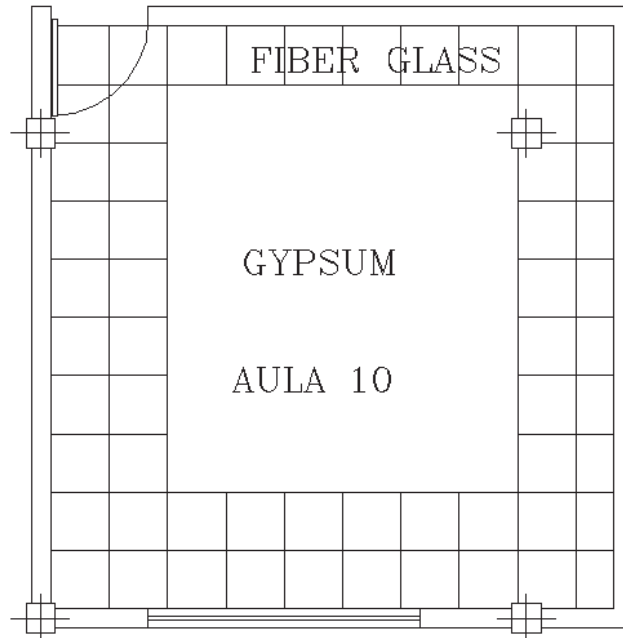
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 8



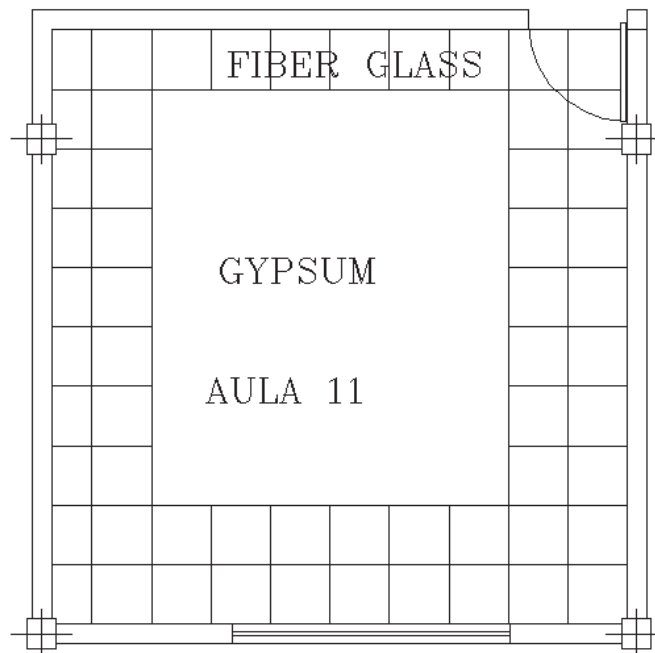
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 9



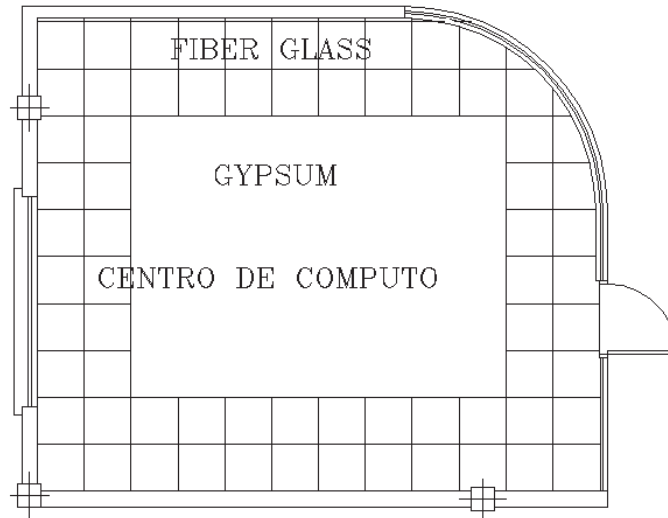
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 10



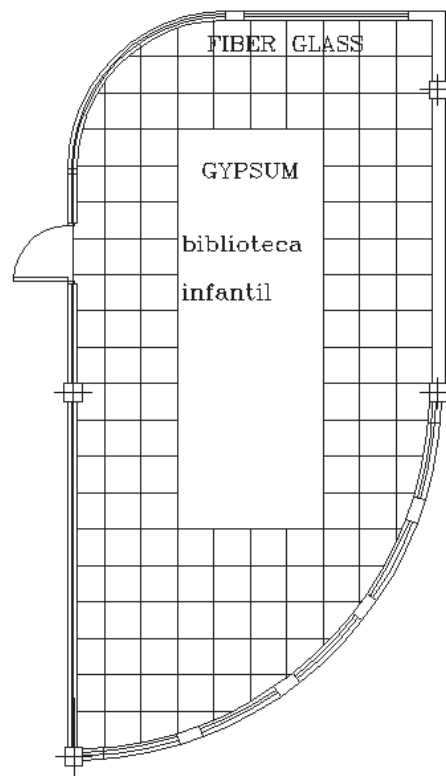
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS AULA 11



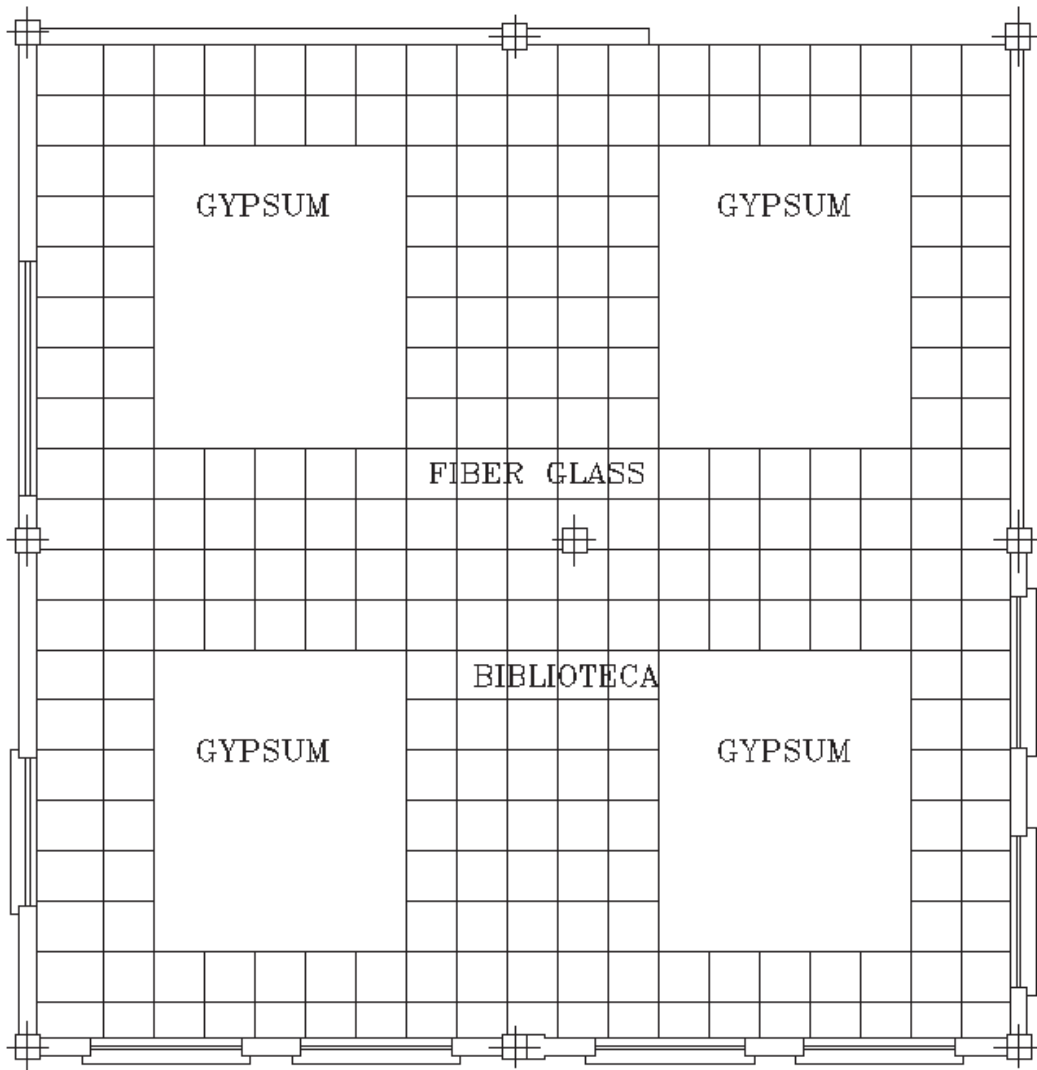
DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS CENTRO DE COMPUTO



DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS BIBLIOTECA INFANTIL



DISTRIBUCIÓN GEOMÉTRICA GYPSUM FIBER GLASS BIBLIOTECA GENERAL



ANEXO 7

CALCULO INTELIGIBILIDAD EN LOS SALONES DE CLASE

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 2

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.56 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	94.86 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	133.00 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.20	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	34.05 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.16 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.74	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.97	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.04	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.04	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 3

%ALCons			
Para 2 KHz			
T60 =	0.53	s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	98.25	m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	136.54	m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22		COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.77	m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2		FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.22	m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1			
r =	1.5	m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.65		
Para el punto 2			
r =	3	m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.59		
Para el punto 3			
r =	5.5	m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78		
Para el punto 4			
r =	6	m	DISTANCIA EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78		

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 4

%ALCons			
Para 2 KHz			
T60 =	0.53	s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	98.25	m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	136.54	m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22		COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.77	m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2		FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.22	m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1			
r =	1.5	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.65		
Para el punto 2			
r =	3	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.59		
Para el punto 3			
r =	5.5	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78		
Para el punto 4			
r =	6	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78		

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 5

%ALCons			
Para 2 KHz			
T60 =	0.53	s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	97.44	m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	135.68	m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22		COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.54	m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2		FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.21	m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1			
r =	1.5	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.65		
Para el punto 2			
r =	3	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.60		
Para el punto 3			
r =	5.5	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.77		
Para el punto 4			
r =	6	m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.77		

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 6

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.53 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	94.08 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	128.80 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	36.06 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.19 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.68	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.73	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.81	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.81	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 7

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.53 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	97.44 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	135.68 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.52 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.21 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.65	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.60	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.77	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.8	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 8

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.53 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	96.60 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	134.80 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.11 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.21 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.66	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.63	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.78	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 9

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.56 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	107.52 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	146.24 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.21	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	38.79 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.23 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.66	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.64	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.0501	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.0501	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 10

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.56 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	97.44 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	135.68 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.21	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	34.99 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.17 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.73	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.90	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.04	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.04	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL AULA 11

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.53 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	97.44 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	135.68 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.22	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	37.25 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.21 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.66	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.63	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.80	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.80	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA INFANTIL VACÍA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.70 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	42.30 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	13.20 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.16	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	2.55 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	0.32 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.58	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	10.31	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	6.26	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	6.26	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA 25% INFANTIL LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.61 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	42.30 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	13.20 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.18	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	2.99 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	0.34 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.98	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	7.93	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.50	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	5.50	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA INFANTIL 50% LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.54 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	42.30 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	13.20 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.21	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	3.46 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	0.37 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.57	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	6.29	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.90	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.90	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA INFANTIL 100% LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.45 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	42.30 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	13.20 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.25	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	4.47 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	0.42 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	2.66 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	3.33	
Para el punto 2		
r =	3.15 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.67	
Para el punto 3		
r =	5.8 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.02	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.02	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN EL CENTRO DE CÓMPUTO

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.53 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	163.11 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	163.11 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.21	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	44.57 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	1.32 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	2 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	0.69	
Para el punto 2		
r =	3.1 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.66	
Para el punto 3		
r =	4.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.77	
Para el punto 4		
r =	5.9 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.77	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA GENERAL VACÍA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.54 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	34.74 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	393.48 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.29	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	160.61 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	2.51 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.88	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	7.53	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.85	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.85	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA GENERAL 25% LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.52 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	34.74 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	393.48 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.30	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	168.2 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	2.57 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.76	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	7.05	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.70	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.70	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA GENERAL 50% LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.51 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	34.74 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	393.48 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.31	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	176 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	2.63 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	1.66	
Para el punto 2		
r =	3 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	6.62	
Para el punto 3		
r =	5.5 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.55	
Para el punto 4		
r =	6 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.55	

CÁLCULOS PARA LA INTELIGIBILIDAD EN LA BIBLIOTECA GENERAL 100% LLENA

%ALCons		
Para 2 KHz		
T60 =	0.48 s	TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN 2KHZ
V =	34.74 m ³	VOLUMEN DE LA SALA
ST=	393.48 m ²	SUPERFICIE TOTAL
α PROMEDIO =	0.33	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN PROMEDIO EN 2KHZ
R =	192.26 m ²	CONSTANTE DE LA SALA
Q =	2	FACTOR DE DIRECTIVIDAD DE LA FUENTE EN LA DIRECCIÓN CONSIDERADA
Dc =	2.75 m	DISTANCIA CRÍTICA
Para el punto 1		
r =	1.9 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	2.35	
Para el punto 2		
r =	3.05 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	6.07	
Para el punto 3		
r =	5.8 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.28	
Para el punto 4		
r =	10.03 m	DISTANCIA ENTRE EL EMISOR Y LA FUENTE
%ALCons =	4.28	