



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de
Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ARQUITECTURA**

MANUAL DE MATERIALES ACÚSTICOS EN LA ARQUITECTURA

PRESENTADA POR

KEILA HANAMEEL LANCERIO ECHEVERRÍA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE

ARQUITECTA

GUATEMALA, MAYO DE 2015

"El autor es responsable de las doctrinas sustentadas, originalidad y contenido del Proyecto de Graduación, eximiendo de cualquier responsabilidad a la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos".

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

1er. SEMESTRE 2015

Decano	Msc. Arq. Byron Alfredo Rabe Rendón
Vocal I	Arq. Gloria Ruth Lara Cordón de Corea
Vocal II	Arq. Edgar Armando López Pazos
Vocal III	Arq. Marco Vinicio Barrios Contreras
Vocal IV	Tec. D.G. Wilian Josué Pérez Sazo
Vocal V	Br. Carlos Alfredo Guzmán Lechuga
Secretario	Msc. Arq. Publio Rodríguez Lobos

TRIBUNAL EXAMINADOR

	Msc. Arq. Byron Alfredo Rabe Rendón
	Msc. Arq. Publio Rodríguez Lobos
Examinador	Mcs. Jaime Roberto Vásquez Pineda
Examinador	Mcs. Martín Enrique Paniagua García
Examinador	Msc. Arq. Byron Alfredo Rabe Rendón

Asesor

Mcs. Jaime Roberto Vásquez Pineda

Sustentante

Keila Hanameel Lancerio Echeverría

Para optar al título de

Arquitecto

DEDICATORIA

A DIOS:

Porque gracias a Él tengo la vida y soy lo que soy, ha sido proveedor y fiel en cada una de las etapas de mi vida y carrera. A Él sea la gloria.

A MIS PAPÁS:

Por ser un apoyo durante todos estos años, por su paciencia, esfuerzo, trabajo e incondicional amor para ayudarme a cumplir cada una de mis metas, en especial ésta, que es una de las más importantes en mi vida.

A MIS HERMANOS:

Zury Lancerio y Jhonathan Lancerio, por el apoyo, paciencia y comprensión a lo largo de mi carrera y mi vida.

A MI FAMILIA:

Por sus oraciones constantes, paciencia y comprensión. Aunque algunos ya no estén en esta tierra, de seguro estarían aquí junto a mí en esta etapa.

A MIS AMIGOS:

Por estar siempre pendientes de mí, no solo en mi vida académica, sino en las buenas y en las malas. “No son muchos pero Dios los puso ahí... no tengo que dar nombres ni apellidos porque de sobra ellos se saben aludidos”.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Porque gracias al aporte de mi país tengo la oportunidad de desarrollar mi profesión y por preocuparse como casa de estudios de aportar a la sociedad y ser parte de la superación de mi patria.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
<hr/>	
MARCO CONCEPTUAL	
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
DELIMITACION DEL TEMA	6
<hr/>	
CAPÍTULO 1 (CONCEPTUALIZACIÓN)	
TÉRMINOS USADOS EN ACÚSTICA	
Sonido	7
Acústica	7
Eco	7
Reflexiones Tempranas	8
Ambiencia	8
Absorción sonora	8
Reverberación	9
Tiempo de reverberación	9
diferencia entre eco y reverberación	10
Resonancias	10
Vibraciones	10
SONIDO	
Propiedades del sonido	11
Características físicas del sonido	12
Generación y propagación del sonido.	12
Frecuencia del sonido	13
Longitud de onda	14
Velocidad de propagación del sonido	14
Transmisión del sonido en el aire	15
Transmisión del sonido a través de estructuras	16
Absorción del sonido	17
ACÚSTICA	18
RUIDO	
Ruido	20
Tipos de ruido por su forma de transmisión	20
Tipo de ruido por caracterización en frecuencia	21
Tipo de ruido por caracterización temporal	22
Efectos del ruido en la salud	22
Caminos posibles por donde el ruido puede penetrar en un ambiente	23
Control del ruido.	23

MANUAL DE MATERIALES ACÚSTICOS EN ARQUITECTURA

AISLAMIENTO ACÚSTICO Y ACONDICIONAMIENTO

Aislamiento acústico	26
Factores que intervienen en el aislamiento acústico	27
Aislamiento al ruido aéreo	29
Aislamiento al ruido de Impacto	30
Bases sobre el sonido	31
Niveles sonoros admisibles	32

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Emisor, voz, canal de transmisión, receptor	34
Materiales para el acondicionamiento acústico	36
Absorción acústica y coeficiente de absorción	39

CAPÍTULO II PREMISAS PARA EL CONTROL SONORO EN EDIFICACIONES

TRATAMIENTOS ACÚSTICOS

Insonorización	41
Lineamientos generales	41
Estructuras	42
Muros y tabiques	43
Cerramientos simples	44
Cerramientos dobles	45
Paneles perforados en muros	46
Madera (tabiques)	47
Pisos	48
Cielos de entrepisos	49
Absorbentes Suspendidos	50
Puertas	51
Ventanas	54
Instalaciones	55

CAPÍTULO III MATERIALES ACÚSTICOS

MATERIALES MÁS USADOS EN GUATEMALA

Hormigón	56
Block	57
Madera	59
Vidrio	60
Ladrillo	63

MANUAL DE MATERIALES ACÚSTICOS EN ARQUITECTURA

MATERIALES ACÚSTICOS

Fibra de Vidrio	64
Espuma acústica	66
Planchas de plomo	67
Vinil Acústico	70
Viruta prensada	71
Lana de roca	73
Lana de poliéster	75
Espuma de polietileno	76
Espuma elastomérica	77
Yeso laminado	78
Lana mineral	80
Poliestireno expandido	82
Corcho	83
Terciopelo	85
Alfombras	86

CAPÍTULO IV MANUAL PARA EL AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

AISLAMIENTO ACÚSTICO PROCEDIMIENTOS

Observación	87
Toma de medidas	89
Medición de decibeles	90
Realizar esquemas o planos	91
Determinar problema	92
Proponer solución	96
Realizar cálculo	97
Verificar resultado	98

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO PROCEDIMIENTOS

Observación	100
Toma de Medidas	101
Cálculo de Áreas	102
Cálculo de tiempo de reverberación	103
Verificar tiempo y proponer solución	111
Realizar cálculo con propuesta	112
Verificar resultado final.	113

CONCLUSIONES	114
RECOMENDACIONES	115
ANEXOS.	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Eco
Ilustración 2	Reflexiones tempranas
Ilustración 3	Reverberación
Ilustración 4	Vibración de un elemento
Ilustración 5	Evolución de la presión sonora total.
Ilustración 6	Frecuencia del sonido
Ilustración 7	Aislamiento deficiente de un tabique
Ilustración 8	Aislamiento adecuado de un tabique
Ilustración 9	Aislamiento deficiente de un muro exterior
Ilustración 10	Aislamiento adecuado de un muro exterior
Ilustración 11.	Ruido Aéreo
Ilustración 12.	Ruido de impacto
Ilustración 13	Reflexión y transmisión del ondas acústicas sobre superficies
Ilustración 14	Disipación ondas sonoras en superficies
Ilustración 15	Diafragma de propagación de sonido material absorbente
Ilustración 16	Relación tiempo de reverberación-volumen.
Ilustración 17	Insonorización de elementos
Ilustración 18	Estructuras a compresión.
Ilustración 19	Estructuras a compresión, insonorización
Ilustración 20.	Detalle A (estructuras a compresión)
Ilustración 21.	Detalle B (estructuras a compresión)
Ilustración 22.	Detalle C (estructuras a compresión)
Ilustración 23	Muros simples y múltiples.
Ilustración 24	Cerramiento Simple.
Ilustración 25	Cerramiento Doble
Ilustración 26	Cerramiento doble.
Ilustración 27	Paneles perforados en Muro
Ilustración 28	Paneles perforados en Muro
Ilustración 29	Paneles perforados en Muro
Ilustración 30	Paneles perforados en Muro
Ilustración 31	Paneles perforados en Muro
Ilustración 32	Paneles perforados en Muro
Ilustración 33	Paneles perforados en Muro
Ilustración 34	Paneles perforados en Muro, Material Poroso
Ilustración 35	Paneles perforados en Muro, Material Poroso
Ilustración 36	Tabiques de madera con Relleno
Ilustración 37	Uniones en cielo, tabiques
Ilustración 38	Dimensiones de tabiques dobles
Ilustración 39	Dimensiones de tabiques dobles
Ilustración 40	Aislamiento de pisos
Ilustración 41	Detalle Cielo falso entrepisos

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

Ilustración 42	Detalle Cielo falso/Diafragmas
Ilustración 43	Detalle Cielo falso/Diafragmas
Ilustración 44	Absorbentes suspendidos
Ilustración 45	Detalle de puerta sifón/funcionamiento
Ilustración 46	Detalle puerta giratoria
Ilustración 47	Detalle sello puerta
Ilustración 48	Detalle Cierre de puerta
Ilustración 50	Detalle puerta retícula
Ilustración 51	Detalle puerta retícula
Ilustración 52	Detalle puerta cámara de aire
Ilustración 53	Detalle ventana sifón
Ilustración 54	Corte ventana doble
Ilustración 55	Corte ventana doble
Ilustración 56	Aislamiento artefactos
Ilustración 57	Aislamiento de tuberías.
Ilustración 58	Hormigón
Ilustración 59	Block
Ilustración 60	Madera
Ilustración 61	Vidrio
Ilustración 62	Fibra de vidrio
Ilustración 63	Espuma acústica
Ilustración 64	Planchas de plomo
Ilustración 65	Vinil Acústico
Ilustración 66	Viruta Prensada
Ilustración 67	Detalles colocación de viruta prensada
Ilustración 68	Lana de roca
Ilustración 70	Cámaras de aire, Lana de roca
Ilustración 71	Estructuras, Lana de roca
Ilustración 72	Ductos, lana de roca
Ilustración 73	Puertas, lana de roca
Ilustración 74	Lana de poliéster
Ilustración 75	Espuma polietileno
Ilustración 76	Instalación suelo flotante espuma polietileno
Ilustración 77	Espuma elastomerica
Ilustración 78	Placa de yeso laminado
Ilustración 79	Cielo falso placa de yeso
Ilustración 80	Cerramiento placa de yeso
Ilustración 81	Cerramiento placa de yeso
Ilustración 82	Lana mineral
Ilustración 83	Poliestireno expandido
Ilustración 84	Corcho
Ilustración 85	Terciopelo
Ilustración 86	Alfombras

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1	Velocidad del sonido en diferentes medios.
Cuadro 2	Control del ruido
Cuadro 3	Condiciones acústicas exigibles a los elementos constructivos aplicables a los edificios residenciales privado y público, administrativos y oficinas, sanitarios y docentes
Cuadro 4	Materiales aislantes y absorbentes.
Cuadro 5	Niveles sonoros admisibles de ruido en ambientes.
Cuadro 6	Perdida de transmisión sonora en materiales
Cuadro 7	Materiales resistentes a la compresión
Anexos	Cuadros de materiales y su coeficiente de absorción.

INTRODUCCION

Para el diseño, planificación y presupuesto de un proyecto arquitectónico, muchas de las veces requerimos que el espacio sea funcional, tanto formalmente como acústicamente, por lo que se convierte en un reto adecuar el ambiente a las necesidades, para ello necesitamos múltiples disciplinas y ciencias que aseguren el confort y funcionamiento del mismo

El sonido dentro de un ambiente hoy en día se ha convertido en uno de los aspectos principales al momento de diseñar un ambiente, ya que por más estético que sea el ambiente, si las capacidades acústicas del ambiente no son completas nunca se dará un confort adecuado, tanto en casos mínimos o en casos extremos dañar la salud de los usuarios.

La acústica debe y debería ser parte integral de cada uno de los proyectos. Actualmente en Guatemala se diseñan espacios públicos con una acústica inadecuada, por lo que el tratamiento acústico posterior tiende a ser más difícil de ejecutar en comparación a los proyectos que se planean de antemano, tanto para aislamiento y acondicionamiento acústico.

Para comprender como debe ser la aplicación de la acústica en la arquitectura, primero debemos saber cómo funciona el sonido y cómo funcionan distintos materiales de construcción ante el sonido, para aplicarlo correctamente en los anteproyectos.

En el siguiente material se recabó conceptos básicos de sonido, acústica, aislamiento acústico para la fácil aplicación en ambientes y sus cálculos.

Mientras más nos informemos como arquitectos sobre los temas de acústica mayor impacto auditivo y visual tendrán nuestros proyectos y protegeremos al usuario auditivamente y crearemos ambientes confortables y funcionales para Guatemala.

ANTECEDENTES

El campo de la acústica tal como la Arquitectura es extremadamente amplio y engloba una variedad de disciplinas en la misma. En la actualidad se diseñan y construyen ambientes que requieren la utilización de materiales adecuados para lograr un diseño o un acondicionamiento acústico y crear efectos auditivos permitiendo que el ambiente cumpla la función previamente definida.

Para tener éxito en el diseño acústico de cualquier espacio radica principalmente en la elección de los materiales adecuados a utilizar como revestimientos y obtener los reflejos óptimos dentro del espacio o la buena difusión del sonido.

La necesidad de aplicar materiales acústicos en espacios ha hecho que el estudiante en determinado momento recurra a información bibliográfica en lugares en donde la información es insuficiente para la aplicación en la construcción dentro de Guatemala. El resultado de esto, ha sido que se proponen sistemas constructivos inadecuados y no se cumple el fin específico del ambiente por falta de conocimiento en los materiales.

Hasta hoy, no se han desarrollado investigaciones específicas a nivel académico sobre los materiales acústicos, por lo que se ha visto la necesidad de proporcionar un material completo que brinde información necesaria, para la construcción de ambientes con materiales especializados en acústica.

JUSTIFICACIÓN

La acústica es una rama de la física interdisciplinaria que se dedica a estudiar los sonidos y las ondas que irradian a través de la materia prima y su producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido. La acústica arquitectónica estudia el sonido, el aislamiento y acondicionamiento entre espacios habitables para el aprovechamiento del sonido o disminución del mismo.

Para el funcionamiento integral de ambientes con características acústicas específicas, se requiere tomar en cuenta los materiales adecuados y una instalación correcta. Este proceso debe tomarse en cuenta desde el inicio de la fase de planificación e ir simultáneamente con el proceso de diseño arquitectónico y en la ejecución.

Actualmente es más alta la demanda de ambientes en el que se utilice de manera correcta el sonido, ya sea aislando el ambiente o acondicionándolo para mejorar el confort. Con la tecnología actual sobre el tema podemos obtener una serie de materiales especiales variados en esta rama para aplicar en las edificaciones y cumplir con los objetivos acústicos que estos requieran.

También no se ha desarrollado un material bibliográfico en el que se desarrolle específicamente el tema de los materiales empleados en la arquitectura en Guatemala y Centro América como revestimientos para el correcto uso del sonido dentro de los ambientes.

Debido a lo anterior se propone el tema: MANUAL DE MATERIALES ACÚSTICOS EN LA ARQUITECTURA, como un análisis, investigación de tipologías y proceso de instalación de materiales utilizados para el aislamiento acústico o acondicionamiento de sonido en edificios y así lograr desde la fase de diseño y planificación la implementación correcta de elementos necesarios.

OBJETIVOS

GENERALES:

- Elaborar una guía escrita sobre materiales acústicos aplicados en la arquitectura, como y cuando utilizarlos, que sea de referencia bibliográfica a los arquitectos y diseñadores y proporcionar criterios de diseño en un conjunto de espacios para el manejo adecuado del sonido.

ESPECÍFICOS:

- Obtener una recopilación escrita como resultado de una investigación bibliográfica y de campo acerca de los materiales acústicos aplicados dentro de la arquitectura actualmente en Centro América y su forma correcta de instalación.
- Realizar un documento bibliográfico como un aporte y una fuente completa a los estudiantes, arquitectos y diseñadores en general del país.
- Aumentar en los Arquitectos y Diseñadores el grado de sensibilización hacia la acústica y concienciar sobre la importancia que tiene la aplicación de un diseño acústico en el funcionamiento adecuado de un espacio.
- Brindar una herramienta que permita comprender el comportamiento del sonido en los ambientes y obtener un criterio más amplio sobre la elección correcta de los materiales de construcción para el correcto uso del sonido.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el ámbito arquitectónico no se estudia a fondo el correcto manejo del sonido en los ambientes. Es primordial tomar en cuenta, desde el planteamiento del programa de necesidades, el diseño, la planificación, incluso en la ejecución, la utilización de materiales acústicos de revestimiento adecuados en los ambientes en los que se requiere un manejo del sonido; ya sea aislándolo o propagándolo.

Para el desarrollo de la formación profesional del arquitecto y diseñador en el área de cursos específicos y diseño arquitectónico, se requiere proponer una serie de proyectos en los que se necesita la aplicación de acústica dentro de los ambientes y el manejo adecuado del sonido para el correcto funcionamiento. En la actualidad no existe una referencia bibliográfica completa y actualizada en el que se desarrolle la acústica, el sonido y los materiales necesarios a emplear según lo requiera el ambiente o localidad.

Es necesario tener un conocimiento amplio sobre el comportamiento del sonido dentro de los ambientes, conocer los materiales existentes en Guatemala y Centro América, la tipología y su forma de instalación para la correcta formulación de premisas de diseño, realización del diseño, planificación y ejecución de proyectos arquitectónicos y así cumplir con los requerimientos de confort y uso del sonido.

DELIMITACIÓN

Para el desarrollo del documento, el tema de estudio a tratar: Materiales acústicos aplicados en la arquitectura, tipología de los materiales, criterios de selección, parámetros de cálculo e instalación en edificios comerciales, residenciales y de uso público (no industriales). Se abordarán los siguientes subtemas para su mejor comprensión y aplicación:

- Acústica, definiciones y clasificación
- Sonido, definiciones y clasificación
- Propagación del sonido.
- Absorción del Sonido y materiales absorbentes.
- Reflexión del sonido.
- Difusión del sonido.
- Criterios generales de diseño.
- Materiales acústicos, tipología e instalación en edificios residenciales, comerciales y de uso público (no industriales)

Se realizará el estudio e investigación bibliográfica y de campo, para obtener información completa con el fin de obtener como resultado un documento que contenga los temas antes mencionados con los respectivos parámetros de diseño útiles para el arquitecto y diseñador.



CAPÍTULO I
CONCEPTUALIZACION

TÉRMINOS USADOS EN ACÚSTICA

En este capítulo se desarrollan algunos conceptos básicos que servirán de guía para comprender el sonido, cómo se comporta y cómo podemos utilizarlo dentro de los ambientes según nuestra conveniencia:

SONIDO:

“El sonido es una vibración en un medio elástico. Es una forma simple de energía mecánica y puede describirse con las matemáticas asociadas a la generación, la transmisión y el control de energía.”¹

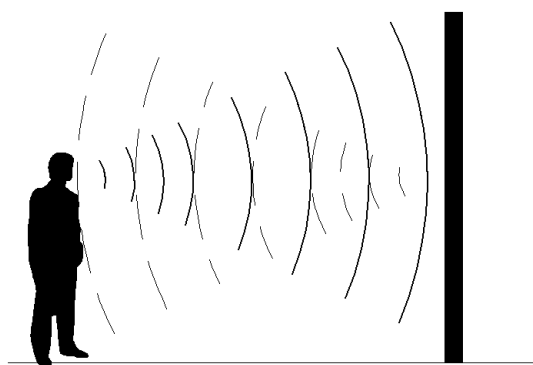
Más adelante desarrollaremos detenidamente el sonido, su comportamiento y características

ACÚSTICA:

“Se deriva de un vocablo griego que significa oír y se refiere a la ciencia del sonido, incluyendo su generación, transmisión, absorción y control.”²

ECO:

Es un fenómeno que tiene lugar en un espacio que permite la reflexión del sonido y regresa al emisor, se produce después de un tiempo relacionado con una distancia a la superficie más próxima. La velocidad a la que viaja el sonido es de 345m/s. Es una reflexión tardía, sucede cuando la persistencia del sonido ha desaparecido, es decir se escucha dos veces.³



“Es una reflexión única, que determina una repetición única”⁴

Ilus..1 Eco, Elaboración Propia

REFLEXIONES TEMPRANAS

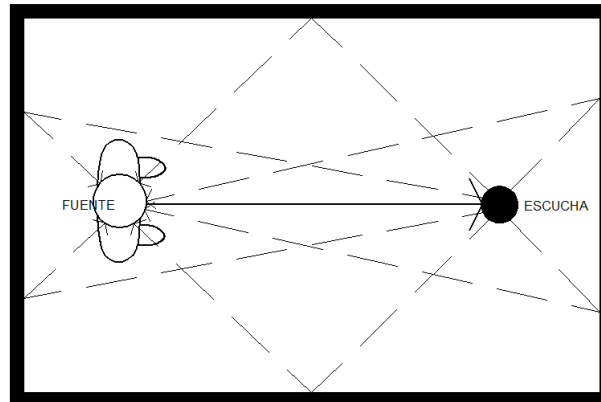
¹ Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido, Downers Grove III New York 1969 pág. 914

² *Ibíd.*, 914

³ Tomado de: Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición

⁴ A.E Raes “Acústica Arquitectónica”

Estas se dan cuando existe un emisor, este rodeado por varias superficies, y el receptor recibe el sonido directamente del emisor y además el sonido reflejado de las superficies cercanas a ellas, a esas primeras reflexiones recibidas se le denomina reflexiones tempranas. Cuando el ambiente no es demasiado grande las reflexiones no varían en el tiempo unas de otras debido a la corta distancia de las superficies.⁵



*Ilus. 2 Reflexiones tempranas,
Elaboración Propia*

AMBIENCIA:

Es la sensación que permite al oyente a través de las reflexiones tempranas identificar auditivamente el espacio en el que se encuentra.

Dentro de la arquitectura lograr un control de la ambiencia es posible por medio de la ubicación exacta de superficies y medir cuidadosamente los recorridos para calcular el tiempo de llegada de las reflexiones de sonido. Actualmente para el desarrollo de esto existe tecnología computarizada para la planificación del mismo.⁶

ABSORCIÓN SONORA:

Dependiendo del material de las superficies dentro de un espacio las superficies tienen la capacidad de reflejar el sonido tanto como de absorberlo parcialmente ambos. Actualmente ya se tienen datos sobre la absorción sonora de acuerdo al tipo de material, existen materiales poco reflectores y muy absorbentes como reflectores y poco absorbentes.⁷

Las superficies de un ambiente solo reflejan parcialmente el sonido que incide en ellas y el resto es absorbido por las superficies. Según el tipo de material o recubrimiento, ésta podrá absorber más o menos el sonido a esto le llamamos coeficiente de absorción sonora.

⁵ Tomado de: Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición. 44,45

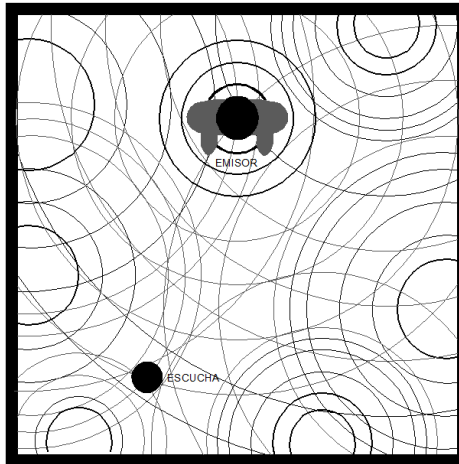
⁶ *Ibíd.* 45

⁷ *Ibíd.* 45

REVERBERACIÓN:

La reverberación consiste en una permanencia del sonido en alguna superficie una vez que el emisor ha dejado de emitir el sonido.

Para diferenciar entre el eco y la reverberación entendemos que el eco, es cuando el sonido es reflejado y es percibido por el receptor como por un segundo como una repetición única, en cambio la reverberación es cuando el sonido es reflejado y este mismo es reflejado por las reflexiones por medio de la superficie y esta modifica el sonido original. La permanencia del sonido aumenta en el local debido a la multiplicidad de reflexiones.⁸



Ilus. 3. Reverberación,
Elaboración Propia

TIEMPO DE REVERBERACIÓN:

Consiste en el tiempo que demora el proceso de reverberación y la extinción del sonido se usa este término, el tiempo en que demora el sonido en bajar de los 60 decibeles (dB) ya que en este se tiene la sensación auditiva que el sonido se ha extinguido. Este tiempo depende de lo absorbente o reflectante que sean las superficies, si el material es absorbente.

El tiempo de reverberación de un sonido depende del tamaño y forma de una habitación como los materiales del que está hecho.⁹

DIFERENCIA ENTRE ECO Y REVERBERACIÓN.

La diferencia entre el eco y la reverberación es la cantidad de tiempo en el que la sensación de sonido tarda en llegar al oyente, es decir, el eco afectado por los factores de distancia, tiempo y tipo de superficies genera una onda sonora que se

⁸ Tomado de: Cualidades acústicas del espacio, disponible en:
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io3/public_html/CualidadesII.html

⁹ Tomado de: Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición

refleja en el material y se encaminan de vuelta al emisor/oyente en un tiempo más prolongado por lo que la sensación de sonido llega más tarde y se escucha como una repetición del sonido, en cambio la reverberación con los mismos factores se genera una onda que se refleja en una o varias superficies y esta llega en un tiempo más corto por lo que la sensación del sonido se escucha como un alargamiento y no una repetición del mismo.

RESONANCIAS:

Son ondas que van y vuelven una y otra vez a consecuencia de reflexiones sucesivas entre dos superficies, es una onda sonora que se escucha como un sonido.

En las habitaciones con paredes paralelas se tiene un efecto no deseado llamado frecuencias de resonancia, esto es cuando una frecuencia de un cuerpo alcanza un grado máximo de oscilación.

Si se tienen dos paredes paralelas entre si y la distancia entre ambas es proporcional a la longitud de onda del sonido, la energía del sonido a esa frecuencia perdura mas en el tiempo.¹⁰

VIBRACIONES:

Una vibración es el movimiento oscilatorio que recorre una partícula alrededor de un punto fijo de referencia. Este movimiento depende del tiempo y toma valores por encima o por debajo del valor de referencia.¹¹

¹⁰ Cualidades acústicas del espacio, disponible en:
http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io3/public_html/CualidadesII.html

¹¹ *Ibíd.*.

SONIDO

Para comprender como funciona el sonido, sus propiedades, características y forma de transmisión desarrollamos este tema.

Es la vibración mecánica que se propaga a través de un medio material elástico y denso y que es capaz de producir una sensación auditiva, por lo tanto un estímulo físico, es decir, es una variación de la presión ambiental que se propaga en forma de ondas. El sonido es una energía mecánica, sin transporte de material

PROPIEDADES

Para que exista en movimiento una onda debe tener dos propiedades:

- Inercia: Es la propiedad que permite a un elemento transferir el movimiento a otro elemento, esto relativamente a la masa de un elemento y su densidad.
- Elasticidad: Es la propiedad que produce una fuerza sobre un elemento que ha sido desplazado de su posición de equilibrio y tendiendo a volver a la misma posición.

El elemento más común que posee estas dos propiedades y fácilmente adquirido para transmitir las ondas sonoras es el aire, teniendo este una masa con una determinada densidad y elasticidad pudiéndose comprimir y volver a su estado normal.

El sonido tiene una velocidad de acuerdo con las propiedades de medio que lo transmite.¹²

Cuadro 1.
Velocidad del sonido en diferentes medios

MEDIO	VELOCIDAD
Agua a 25° C	1943 m/s
Agua templada	1400 m/s
Acero	5100 m/s
Aire	340 m/s
Placa de Yeso	2400 m/s
Madera	2500 m/s
Ladrillo cerámico	2700 m/s
Hormigón	3400 m/s
Vidrio	4900/ms
Aluminio	5100 m/s
Hierro	5130 m/s

¹² Velocidad de sonido en diferentes medios. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/tables/soundv.html> (consultado 11/2014)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SONIDO:

Arte sonoro en línea (productor) (2012) características físicas del sonido [video] disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rslcceqv8q>

a) FASE:

En una onda es la fracción del ciclo de una onda cuya duración o tiempo transcurrido es relativo a un punto arbitrario. Diferencia de fase entre dos ondas: la diferencia en grados o en tiempo entre dos ondas que tienen la misma frecuencia y están referidos en un mismo punto en el tiempo.

Cuando dos ondas interactúan puede que se refuercen si coincide su amplitud. A la fracción de una onda cuando el tiempo ha transcurrido se le llama fase.

b) TIMBRE:

Cualquier sonido exhibe ondas complejas que son la resultante de una infinidad de ondas simples de diferente frecuencia y amplitud que dan en su interacción, una onda diferente o compleja, a esto le da su identificación característica.

c) ENVOLVENTE

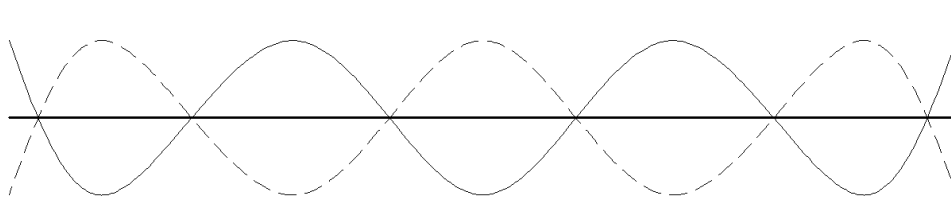
Es la variación o evolución de la amplitud de un sonido en el tiempo, es decir, como cambia la intensidad de un sonido específico en un tiempo dado.

GENERACIÓN Y PROPAGACIÓN DEL SONIDO:

Fuente Sonora: se le determina así al elemento encargado de generar un sonido.

La generación se da cuando la fuente sonora entra en una vibración y esta es transmitida al aire y esta misma la transmite a nuevas partículas inmediatas, a esto le llamamos propagación del sonido. Como por ejemplo:

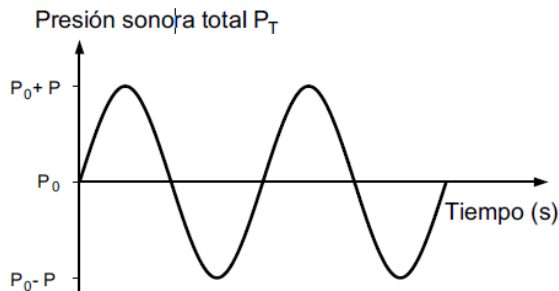
La cuerda de una guitarra, las cuerdas vocales, etc. ¹³



Ilus. 4. Vibración de un elemento
Elaboración propia

¹³ Tomado de: Antoni Carrión Isbert (1998) *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. España. UPC

La forma en la que se expresa un campo sonoro es por medio de la presión P_T , en función el tiempo y el punto situado a una distancia cualquiera de la fuente sonora.



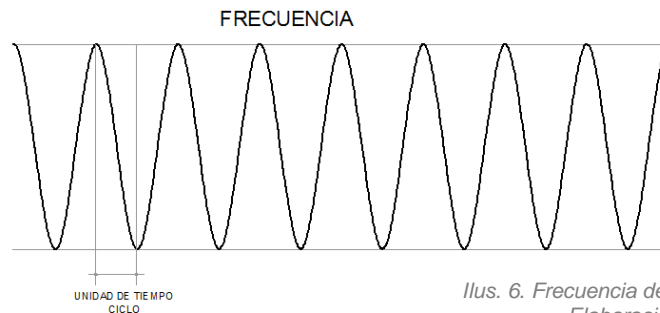
Ilus. 5. Evolución de la presión sonora total P_T en función del tiempo en un punto cualquiera del espacio.
Diseño acústico de Espacios

Esta presión sonora es una variación alterna de la presión estática del aire que es provocada por ondas sonoras.

Ya que esta es medida por tiempo la variación del tiempo determina la cantidad de ondas transmitidas por el aire.¹⁴

FRECUENCIA DEL SONIDO:

Es la cantidad de ciclos o períodos completos de un fenómeno ondulatorio que sucede en una unidad de tiempo dada, al número de oscilaciones por segundo de la presión sonora se le denomina frecuencia del sonido, esta es medida en Hertzios o ciclos por segundo (c/s). Un ciclo es el período completo de una onda.



Ilus. 6. Frecuencia del sonido.
Elaboración propia

El oído humano no tiene sensibilidad ante todas las frecuencias, de acuerdo al tipo de frecuencia pueden provocar sensación de sonido, a esto se le llama audiofrecuencia. El ser humano puede percibir desde los 20 a los 20000 Hz, aunque este puede disminuir por la edad.¹⁵

Cada frecuencia de un sonido produce un tono distinto.

¹⁴ Tomado de: Antoni Carrión Isbert (1998) Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. España. UPC

¹⁵ *Ibíd.*, 28, 29

Las frecuencias audibles por el oído humano está clasificada en tres regiones:

- Tonos graves: de 20 Hz a 250 Hz
- Tonos medios: de 500 Hz a 1000 Hz
- Tonos agudos: de 2000 Hz a 20Khz

Cuando estas vibraciones son percibidas por nuestro oído, este lo transforma en señales eléctricas transmitidas al cerebro y así causar una sensación, esta sensación dura 1/25 de segundo, o sea 0.06667 seg., luego esta se pierde la sensación.

Un micrófono hace la función similar al cerebro, convirtiendo las ondas sonoras en señales eléctricas que pueden graduarse y manipularse, a esto se le denomina señal analógica.

El oído humano es sensible especialmente a las frecuencias de tonos agudos que oscilan entre los 3000 y 4000 Hz. Mientras más graves los sonidos son menos intensos para el oído.

La intensidad del sonido no es constante, por lo general siempre está cambiando, a los cambios continuos en la amplitud de las ondas sonoras se le llama: Dinámica, tener un control es indispensable.¹⁶

LONGITUD DE ONDA:

Se refiere a la distancia que necesita una onda para realizar un ciclo en un tiempo determinado, es decir, la distancia para que la presión aumente por encima de la presión atmosférica, disminuya por debajo de esta y vuelva a su punto inicial.¹⁷

VELOCIDAD DE LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO:

Es el aire con sus propiedades elásticas y de inercia. Estas propiedades se deben a la presión atmosférica y la temperatura. El sonido puede propagarse en cualquier medio elástico y cuanto menos elástico sea mayor será la velocidad de propagación del sonido.¹⁸

¹⁶ Tomado de: Antoni Carrión Isbert (1998) *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. España. UPC 28.

¹⁷ *Ibíd.*, 33

TRANSMISIÓN DEL SONIDO EN EL AIRE

Tomado de Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido, Downers Grove III pág. 919

Una fuente de sonido en un espacio hace vibrar el aire. Este aire en vibración, al encontrar una barrera, ya sea muros, pisos, techo, ocasiona la vibración de estos elementos por lo que provoca una vibración del aire situado atrás.

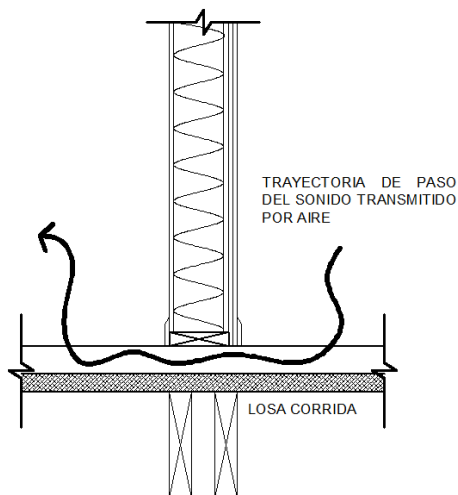
Para mover una barrera masiva se requiere más fuerza que a una ligera por lo que la transmisión del sonido depende directamente de la masa de la barrera.

La diferencia en el nivel de energía entre el sonido original que incide en la barrera y el que se transmite al lado opuesto se conoce como pérdida de transmisión de sonido de la barrera. Cuanto más eficaz sea ésta mayor será la pérdida de transmisión del sonido.

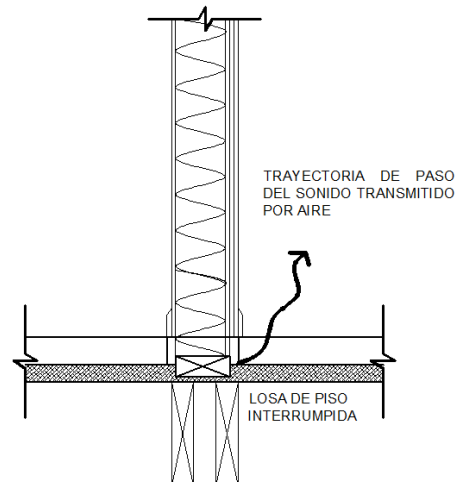
No es frecuente que una barrera de sonido sea la única ruta de transmisión de la energía acústica que incide en ella. Parte de la energía viaja invariablemente por sistemas adyacentes, como pisos, losas o aberturas en las superficies o alrededor de ellas.

La desviación estructural del sonido por las uniones y conexiones de muros, tabiques, pisos y plafones puede deteriorar seriamente la eficacia de una barrera.

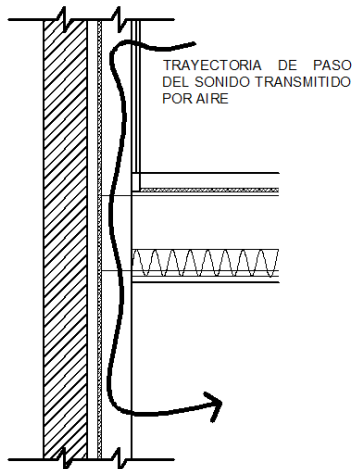
Incluso las aberturas más pequeñas en una barrera de sonido degradan la eficacia de esta. Un orificio de apenas 6cm² puede transmitir tanta energía acústica como un muro de concreto de 15 cm de espesor y 9m² de área.



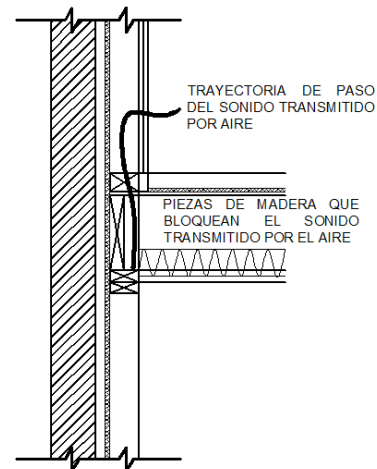
Ilus. 7. Aislamiento deficiente de un tabique



Ilus. 8. Aislamiento adecuado de un tabique



Ilus. 9. Aislamiento deficiente de un muro exterior



Ilus. 10. Aislamiento adecuado de un muro exterior.

Elaboración Propia, Tomado de: Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido

TRANSMISIÓN DEL SONIDO A TRAVÉS DE ESTRUCTURAS

Tomado de Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido, Downers Grove III pág. 919

La energía acústica se transmite desde una fuente de sonido hasta las distintas partes del edificio, cuando estas se transmiten directamente por las estructuras frecuentemente se convierte en un serio problema de la acústica de edificios. Los impactos y las vibraciones pueden transmitirse por los sistemas de piso y losas con facilidad si no se toman las precauciones adecuadas.

En una construcción ordinaria una alfombra con bajo alfombra proporciona suficiente aislamiento contra el impacto de pisadas y caída de objetos, pudiendo utilizar también sistemas especiales de piso y cielo falso.

Todo equipo en movimiento, rotación, oscilación o vibración, unido rígidamente a la estructura del edificio, transmitirá parte de su energía a la estructura.

En los edificios en los que mayormente debe haber un manejo adecuado respecto a las vibraciones transmitidas a las estructuras es de tipo Industrial. En este documento no se desarrollará los sistemas acústicos por medio de materiales en este campo.

ABSORCIÓN DEL SONIDO

Tomado de Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido, Downers Grove III pág. 922

Los materiales absorbentes funcionan como transductores de energía, es decir convierten la energía mecánica en energía mecánica del sonido en calor.

La construcción interna de casi todos los absorbentes consiste en un aglomerado irregular de fibras o partículas y poros capilares interconectados. Es necesario que el aire contenido en el aglomerado tenga suficiente libertad de movimiento para producir fricción contra las fibras capilares. Los materiales con celdas cerradas o no conectadas no son absorbentes eficaces.

La superficie de los materiales absorbentes debe ser suficientemente porosa para permitir que la presión de las ondas de sonido que inciden en ella se transmita al aire encerrado en su interior. Los recubrimientos muy delgados y flexibles extendidos sobre paneles y telas no interfieren significativamente en esa transferencia de presión; sin embargo, los muy pesados y rígidos pueden limitar el proceso de absorción.

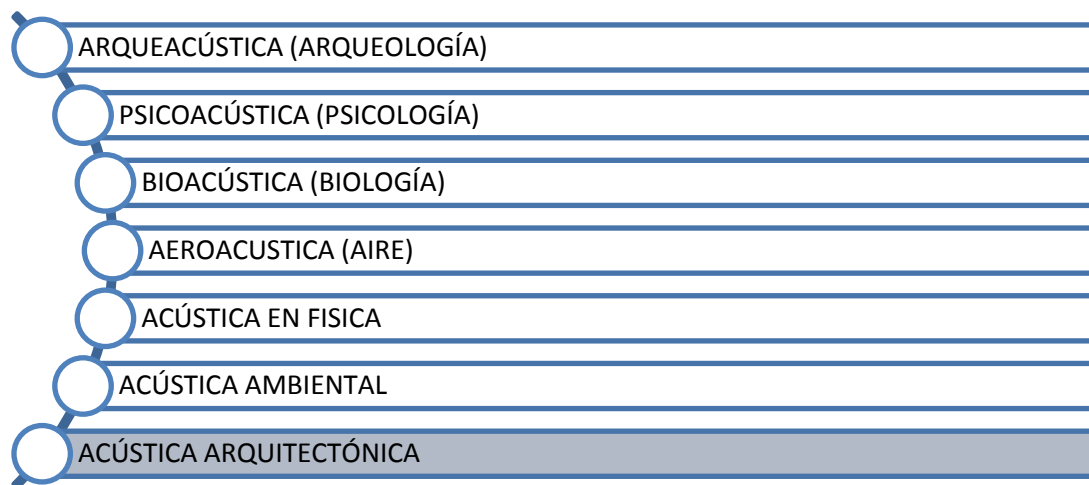
Al conocer el comportamiento del sonido y su fácil transmisión a través de elementos y el aire debemos tomar en cuenta a la hora de diseñar un espacio utilizar los materiales más adecuados y las técnicas constructivas adecuadas para evitar el paso del sonido de un ambiente al otro o poder propagar de mejor manera el sonido.

ACÚSTICA

Es la ciencia que se dedica al estudio de todos los aspectos relacionados al sonido, tal como: La recepción de las ondas sonoras en diversos medios, la generación y propagación a través de la materia, la transmisión, el almacenamiento y sus aplicaciones tecnológicas. Esta ciencia es multidisciplinaria, es decir, requiere la colaboración de diversas y diferentes disciplinas, por lo que requiere la intervención de especialistas.¹⁹

La acústica en sí se dedica, entre otros al control de los reflejos de los sonidos en los objetos que rodean al emisor del sonido.

En diversos ámbitos se aplica la acústica como:



En este documento nos enfocaremos en la Acústica Arquitectónica y sus materiales, esta se dedica al estudio del control del sonido, aislamiento, acondicionamiento, reflejo o disminución en los ambientes de acuerdo su función, ya que esta determinará una serie de cualidades acústicas por los cuales se necesitará lograr un comportamiento del sonido adecuado y por lo que se requieren materiales especializados de acuerdo al tipo de absorción o reflexión para que esta acústica se comporte tal y como se requiere.

La acústica es una de las primeras ciencias usadas en la arquitectura en forma imprecisa o intuitiva, en referencia Vitruvio inició con el estudio de la ciencia por la geometría de los teatros griegos y romanos aunque no todos funcionaban, era evidente la aplicación de cierta lógica para la propagación del sonido en las edificaciones.

¹⁹ Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición, 44

No fue hasta el año de 1930 que se logró consolidar como una nueva ciencia y sobre todo por el desarrollo de nuevas tecnologías como los altavoces, micrófonos, etc.

En las últimas décadas se han utilizado muchos programas de simulación acústica para realizar modelos y evaluar el comportamiento de las ondas sonoras en interiores de espacios, llamado “auralización” en el que de manera virtual se realiza una escucha de cualquier punto de un recinto, con simulaciones acústicas en forma de maquetas y programas informáticos.

Esta ciencia es una ciencia exacta por lo que un mal diseño de una edificación u elemento no podría mejorar con el paso del tiempo, sino que si ha sido mal empleada esta no cumplirá nunca con su función por lo que deberá ser modificada o desechada.

Gracias a la tecnología actual podemos estudiar mas completamente las edificaciones evitando malos diseños y ambientes con un mal acondicionamiento del sonido, y utilizarla como una herramienta para facilitar las tomas de decisiones en cuanto a revestimientos interiores y exteriores óptimos en un recinto, aumentar el grado de fiabilidad del comportamiento acústico de una sala y construir ambientes evolucionados en el área acústica. ²⁰

La acústica arquitectónica abarca tres temas con principios y desarrollo distintos, pero su aplicación se requiere que sea simultánea, estos son:

- Protección contra los ruidos y vibraciones que se deseen evitar en los espacios, se le denomina, Aislamiento Acústico.
- De intervenciones dirigidas a dosificar la intensidad de los fenómenos sonoros percibidos por los oyentes y adaptar el espacio al uso al que está destinado, es decir, a mejorar la calidad acústica en el interior de un espacio, se le denomina Acondicionamiento acústico
- Conjunto de intervenciones dirigidas a asegurar la adecuada protección frente a ruidos exteriores de las zonas urbanas, según su uso, se le denomina Acústica Urbanística. ²¹

²⁰ Tomado de: Antoni Carrión Isbert (1998) *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*. España. UPC

²¹ Sancho Vendrell, Llinares Galiana, Llopis Reyna (2008) *Acústica Arquitectónica y Urbanística (1ª ed.)* Mexico: Limusa.

RUIDO

Los mejores sonidos son aquellos que guardan una proporción entre los armónicos de su frecuencia. Cuando esto no sucede se produce el ruido que es molesto para los oyentes, desarrollaremos a continuación el tema de ruido y como este puede ser controlado en los ambientes.

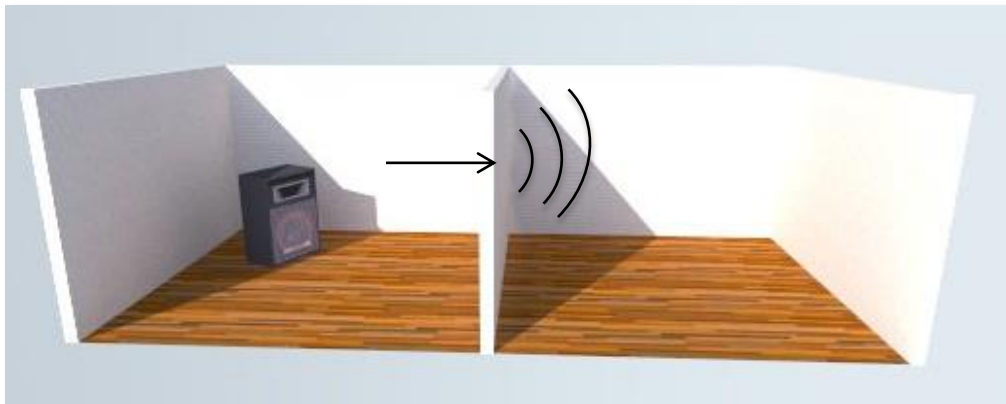
RUIDO:

El ruido es un sonido cuyos armónicos no siguen una ley específica de frecuencia. Es un sonido compuesto por muchos armónicos secundarios y son desagradables.

TIPOS DE RUIDO POR SU FORMA DE TRANSMISIÓN:

RUIDO AÉREO

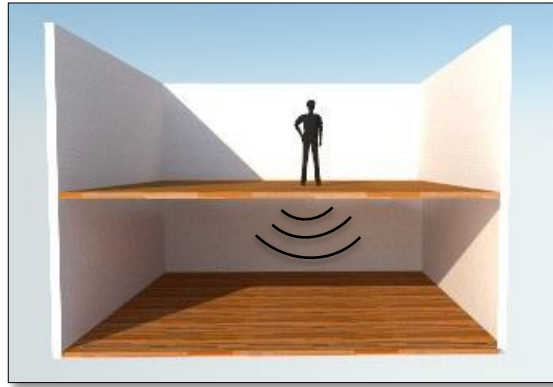
Es aquel que se genera por la perturbación del aire que rodea a las fuentes sonoras. Las ondas generadas chocan contra otras superficies, provocando que estas entren en vibración y perturban el aire que las rodea, y creando un nuevo sonido.



*Ilus.11.Elaboración Propia tomado de:
Ingeniería Acústica (2013)*

RUIDO IMPACTO:

El ruido de impacto es el que se genera por golpes producidos en una superficie, generalmente un moldeado. Al golpear una superficie, esta entra en vibración y se genera una emisión sonora. La vibración dependiendo del tipo de material puede ser transmitida a otras superficies.²²



Ilus. 12. Elaboración Propia tomado de:
Ingeniería Acústica (2013)

RUIDO DE INSTALACIONES:

El ruido de las instalaciones es el originado por instalaciones como: elevadores, maquinas, tuberías, aire acondicionado. Es compuesto por un ruido aéreo y vibraciones.²³

TIPO DE RUIDO POR CARACTERIZACIÓN EN FRECUENCIA

- **Ruido Blanco:** posee en todas las frecuencias la misma energía por lo que es un tipo de ruido con visión plana.
- **Ruido Rosa:** la energía de la onda sonora recae 3 decibeles por cada octava. Se utiliza con una referencia para las mediciones acústicas en la que se debe descomponer la señal en octavas o fracción, sirve para medición de la absorción acústica.
- **Ruido Tonal:** la energía de la onda sonora en al menos uno de sus tonos es mayor a 5 decibeles. Mayormente los ventiladores o máquinas con motores presentan este tipo de ruido.²⁴

²² *Ingeniería Acústica (2013)* Disponible en <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-tipos-de-ruido-en-edificacion/>

²³ *Ingeniería Acústica (2013)* Disponible en <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-tipos-de-ruido-en-edificacion/>

²⁴ Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica*. España. Editorial Paraninfo

TIPOS DE RUIDO POR SU CARACTERIZACIÓN TEMPORAL

- **Estacionario:** el nivel de la presión sonora es constante en el tiempo, es decir un sonido que permanece con el mismo tono en un tiempo transcurrido como el aire acondicionado.
- **Fluctuante:** es cuando el nivel de la presión sonora varía, ya sea cíclicamente o no.
- **Intermitente:** cuando el sonido esta presente en instantes.
- **Impulsivo:** cuando son impulsos cortos con un nivel de la presión muy superior.

EFFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

- Cuando el oído humano percibe niveles de ruido mayor a los 85dBA puede darse la pérdida paulatina de la audición. Cuando las personas están expuestas a períodos largos de tiempo suelen tener esta pérdida. Esta pérdida puede ser temporal o puede ser permanente si el oído no interrumpe su exposición a los ruidos.
- Cuando el oído percibe niveles de ruido mayores a los 120 dBA, producen dolor intenso, inflamación del oído y puede que cause daños permanentes sobre el órgano.
- Cuando el oído percibe niveles de ruido mayores a los 135 dBA se puede producir la ruptura del tímpano, causando así sordera.
- El ruido influye también en la conciliación del sueño a partir de los 30dB, puede ser interrumpido el sueño cuando se perciben 45dB y disminuye la calidad del sueño, si son comportamientos repetitivos estos pueden repercutir físicamente y psicológicamente. ²⁵

²⁵ Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica*, España. Editorial Paraninfo

CAMINOS POSIBLES POR DONDE EL RUIDO PUEDE PENETRAR EN UN AMBIENTE:

Ruidos que penetran por la vía de transferencia aérea:

- a. A través de las aberturas y grietas en paredes
- b. A través de conductos de ventilación
- c. A través de los poros en paredes duras y continuas
- d. Por vibraciones elásticas de la pared que separa el recinto que se desea aislar del que contiene las fuentes

Ruidos que alcanzan el recinto después de generarse o propagarse a través de cuerpos sólidos:

- a. El resultado de las vibraciones en el material de las paredes convirtiéndose ellas mismas en radiadores de sonido.
- b. Por las vibraciones longitudinales elásticas de las paredes no adyacentes. Es decir, aquellas que se propagan por el espesor de las paredes y son radiadas al recinto por las paredes laterales.
- c. Por transmisión de impactos sonoros.²⁶
- d. Por vibraciones de maquinarias transmitida a través del suelo, cimientos y otros.

CONTROL DEL RUIDO:

Es importante que los diseñadores y constructores consideren el control del ruido y las vibraciones generadas.

En general el control del sonido consiste en modificar la fuente o la trayectoria del sonido para eliminar ruido:

1. Balancear las piezas móviles, lubricar apoyos, mejorar el diseño aerodinámico de ductos.
2. Modificar partes o procesos.
3. Cambiar a un proceso diferente, menos ruidoso

Las medidas de control acústico más comunes consisten usualmente en el tratamiento de la construcción para absorber el sonido sin embargo las siguientes tienen la misma importancia:

²⁶ Higini Arau Pachades, *ABC de la Acústica arquitectónica*, (1999) Barcelona.

- a. Uso de barreras para prevenir la transmisión del sonido por el aire.
- b. Interrupción de la trayectoria con discontinuidades cuidadosamente diseñadas.
- c. Uso de materiales amortiguadores para reducir al mínimo la radiación de las superficies.

Otro procedimiento consiste en reforzar el sonido directo con reflexiones controladas desde superficies reflectoras diseñadas adecuadamente.

A menudo la forma más simple y eficaz de control es proteger al receptor con barreras adecuadas o proporcionarle dispositivos de protección (tapones auriculares u ojerías) en vez de tratar o encerrar las fuentes, este caso es cuando las edificaciones son de tipo industrial.²⁷

Algunos de los problemas acústicos dados en los recintos y sus posibles soluciones se dan en el siguiente cuadro.

²⁷ Lyle F. Yerges, *Acústica, Downers Grove, Ill*

Cuadro 2.
Problemas frecuentes del sonido, causas y soluciones.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
Ruido excesivo, ensordecedor	Altos niveles de Ruido Reverberación excesiva Transmisión excesiva Vibración excesiva Efectos de enfoque	Absorción Absorción Aislamiento del ruido Aislamiento de la vibración Eliminar su causa
Los sonidos no se escuchan con claridad	Reverberación excesiva	Absorción
Sonidos graves como distracción	Nivel de ruido de fondo muy bajo Local demasiado "muerto"	Enmascaramiento Reverberación óptima
Ecos molestos	Eco Murmullo Efectos de enfoque Reverberación excesiva	Dar al local configuración correcta Eliminar su causa Absorción
Escuchar los sonidos en el otro extremo del recinto	Local demasiado "muerto" Nivel de ruido de fondo bajo Enfoque o reflexión	Reverberación óptima Enmascaramiento Eliminar enfoque o reflexión
El sonido no se escucha natural	Murmullo Distorsión por el sistema de sonido inadecuado Absorción selectiva Cuarto demasiado "muerto", escaso de tiempo de reverberación	Cambiar la configuración del local e incrementar la absorción Sistema de sonido correcto Adecuar la absorción.
Sonido Opresivo	Tiempo de reverberación muy bajo Nivel de ruido de fondo muy bajo	Cantidad adecuada de absorción Uso de sonido de fondo y de enmascaramiento
Sonido insuficiente en la parte posterior del local	Local demasiado grande Configuración geométrica inadecuada Falta de superficies reflejantes Mala distribución Demasiada absorción	Amplificación electrónica Cambiar la configuración del local Incrementar estas superficies Eliminar la absorción en la superficie para la reflexión
Zonas sin sonido en el local	Mala distribución Configuración geométrica inadecuada Ecos	Superficies reflejantes Eliminar la causa de los efectos de enfoque Cambiar la configuración
El sonido pasa a través de muros	Fugas de sonido Transmisión del ruido Aislamiento de la vibración Local receptor demasiado silencioso Ubicación inapropiada del local	Eliminar fugas Aislamiento del sonido Vibración Enmascaramiento Distribución correcta del local
Sonidos del nivel superior	Vibración Transmisión de sonidos Ubicación inapropiada del local	Aislamiento de la vibración Aislamiento del sonido Correcta configuración del local
Ruidos del exterior muy fuertes	Ubicación inapropiada del local Fugas de sonido Transmisión del sonido	Ambiente acústico correcto Eliminar fugas Aislamiento del sonido.

Lyle F. Yerges, Acústica, Downers Grove, Ill

INTRODUCCIÓN

El aislamiento y el acondicionamiento son dos temas importantes más no iguales para la acústica. Es necesario comprender cada uno de ellos para la resolución de problemas en los ambientes en los que en ocasiones solo se requiere insonorizar el interior por emisores externos y otras veces solo es necesario un tratamiento del sonido interno en los ambientes para evitar resonancias, ecos y reverberaciones.

El tratamiento de los ambientes a modo de aislamiento en cierta forma es menos compleja que tratar el acondicionamiento acústico debido a que para acondicionar se debe estudiar específicamente el aspecto formal del edificio desde la planificación por lo que se requieren estudios específicos y un equipo multidisciplinario que se dedique a la concepción del mismo. Aún así hay ambientes ya creados que requieren de un tratamiento acústico de dos vías, aislamiento y acondicionamiento por lo que en el siguiente capítulo se desarrollará el tema de Aislamiento acústico, la forma en la que se pueden tratar ambientes ya existentes o previos a una planificación y solamente se presentarán conceptos básicos sobre acondicionamiento acústico si se desea tratar de alguna manera un ambiente ya existente.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

Es la protección de un recinto contra la penetración de sonidos que interfieran a la señal sonora deseada. Las fuentes que originan estos sonidos pueden estar en el interior o en el exterior del edificio. Para encontrar las formas de protección de los espacios se debe establecer en primer lugar la naturaleza de los ruidos, y los caminos por los cuales penetran.

Es un conjunto de materiales, tecnologías y técnicas para separar el sonido de un espacio o bien atenuarlo.

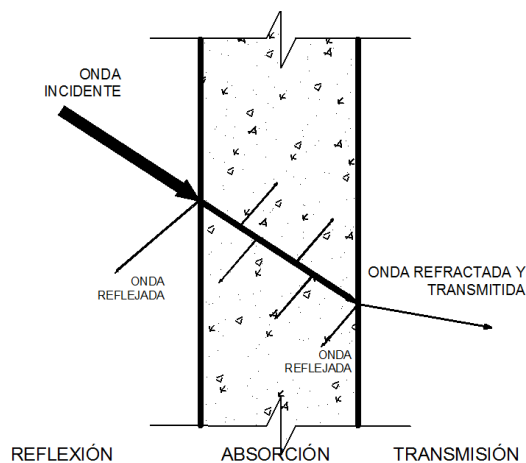
Para conocer en qué medida el aislamiento acústico debe ser utilizado debemos saber las propiedades físicas del material y las características del ruido. Se necesita conocer la frecuencia que será transmitida y con esta los diversos materiales que varían en su transmisión acústica hacia determinadas frecuencias.

²⁸

Entonces podemos decir que el aislamiento acústico es la pérdida de energía que experimentan las ondas acústicas al atravesar una superficie.²⁹

²⁸ Borja Pendán Rebollo, Tesis, Aislamiento a ruido aéreo entre locales. Mayo 2011

²⁹ Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica, España. Editorial Paraninfo.*



Ilus.. 13 Reflexión y transmisión de ondas acústicas sobre superficies.
Elaboración propia

Un material es aislante cuando este impide la propagación de la energía acústica reflejándola en casi su totalidad. Para un buen aislamiento acústico se requieren materiales que sean duros y pesados, de ser posible flexibles. Estos materiales son rígidos y no contienen poros por lo que funcionan bien como aislantes.

Para aislar un ambiente se requiere también la utilización de materiales absorbentes.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

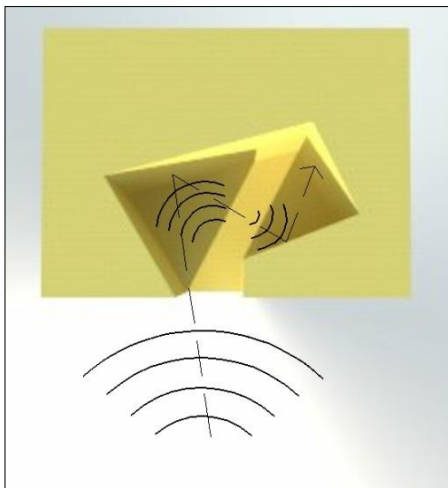
Existen algunos factores que intervienen en un buen aislamiento acústico:

Ecured, consultado en octubre de 2014, Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Aislamiento_ac%C3%BAstico

La masa del material: si el material tiene más masa este ejerce más resistencia al choque de una onda sonora y más se atenúa el sonido.

Las capas del material: cuando el material está compuesto por varias capas bien colocadas el aislamiento acústico mejora. Esto sucede por que una capa tiene una frecuencia particular y si el sonido llega a ese material provocará una vibración y provocará que la onda sonora traspase a la siguiente capa pero si la siguiente capa tiene distinto espesor o este dificultará el paso de las ondas sonoras, por lo tanto la siguiente capa absorbe el sonido y así con cuantas capas existan y la masa del material de cada una.

La disipación del material: este al colocarse un material con un nivel mayor de absorción este disipará el paso de la onda sonora. También dependerá de la densidad del material, éste debe superar los 300 kg/m³.



Ilus. 14. Disipación ondas sonoras en superficies porosas. Elaboración propia

Por lo regular los materiales aislantes son, en su mayoría, malos absorbentes, ya que por el tipo de masa del material se encarga más de reflejar el sonido por la falta de porosidad en el mismo, mientras más poroso sea el material más aislante es debido a que las ondas sonoras penetran en el material creando pequeños reflejos dentro del poro permitiendo que el sonido no salga del mismo sino decaezca en ese mismo lugar.

Es más difícil aislar los sonidos graves que los agudos, ya que para los sonidos de más de 1000 Hz de frecuencia, la longitud de onda será bastante pequeña y va disminuyendo a medida que aumenta la frecuencia, por lo que la presión del aire generado por estas frecuencias, que alcanza tanto al suelo como a las demás superficies, será muy pequeña.

En cambio para las ondas acústicas cuya frecuencia es de 50 a 1000Hz, su longitud de onda será grande y a medida que la frecuencia disminuye la longitud de onda aumenta por lo que la presión acústica para estas frecuencias sobre las superficies será mucho mayor y resultara más fácil la transmisión de estas frecuencias por las paredes.³⁰

Para un material dado, la pared aislante debe ser tanto más gruesa o densa cuanto más bajas sean las frecuencias de la onda acústica incidente.

Un aumento en el aislamiento acústico para la transmisión lateral de vibraciones dadas como consecuencia de una onda acústica cercana que provoca vibraciones a lo largo de superficies laterales y cercanas, se puede lograr mediante la construcción de los muros de materiales con densidades y elasticidades diferentes.

³⁰ Wegner Tesla, Sonido y Acústica, [película] publicado el 12-03-2013 Disponible en : <https://www.youtube.com/watch?v=s3pPAyXQYKQ>

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

Entonces el aislamiento consiste en colocar barreras materiales para evitar la penetración de ondas de sonido. Por lo que se puede realizarse utilizando:

- Materiales porosos, con fisuras o ranuras, evitar que el aire que es el transmisor del ruido circule directamente en el muro.
- Aumentar la masa del material o el grosor del muro de separación, mientras mayor masa mayor aislamiento.
- Crear cerramientos acústicamente estáticos: presentan rígidamente una oposición para entrar en vibración.
- Crear cerramientos acústicamente dinámicos: cuando el material tiene la capacidad de ser elásticos, amortiguando las ondas sonoras y transformándola en energía mecánica de deformación. Estos cerramientos pueden ser ligeros.

AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO

“Para obtener un correcto aislamiento acústico a ruido aéreo, Consiste básicamente en evitar que el medio transmisor del ruido, (aire) circule libremente. Se debe evitar el camino de transmisión directa del emisor y receptor, mediante la colocación de barreras, pantallas, paredes, paramentos, etc.”³¹

Cuadro 3.

Condiciones acústicas exigibles a los elementos constructivos aplicables a los edificios residenciales privado y público, administrativos y oficinas, sanitarios y docentes.

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	Aislamiento acústico a ruido aéreo R dB(A)	Nivel normalizado de ruido de impacto Ln dB(A)
Particiones interiores mismo uso	30	----
Particiones interiores uso distinto	35	----
Paredes separadoras de propietarios o usos distintos	45	----
Paredes separadoras de zonas comunes interiores	45	----
Fachadas	30 (*)	----
Elementos horizontales de separación de propiedades o usuarios distintos	45	80
Cubiertas	45	80 (**)
Elementos constructivos verticales y horizontales separadores de equipos comunitarios	55	---
(*) Aislamiento acústico aéreo global (cerramiento de fachada, incluido huecos)		
(**) Solamente exigible a azoteas transitables		

Aislamiento acústico a Ruido Aéreo

Manuel Recuero. Acústica Arquitectónica, España. Editorial Paraninfo

³¹ ³¹ Borja Pendán Rebollo, Tesis, Aislamiento a ruido aéreo entre locales. Mayo 2011

AISLAMIENTO AL RUIDO DE IMPACTO

Estos ruidos son originados por choques sobre las superficies y a través de vibraciones el ruido se transmite, a todo este movimiento se le traduce como una transformación energética. Como consecuencia del impacto esta la energía del movimiento, cinética, se convierte en energía vibratoria, y energía acústica. Cuando se da el choque o golpe de la superficie este se manifiesta por un ruido de impacto y genera ruido aéreo.

El ruido es transmitido por los elementos que menos se opongan a él. Cuando el ruido se da dentro de las instalaciones tal como, aire acondicionado, elevadores, fontanería, etc. Se le llaman fuentes de ruido internas, si estas se encuentran rodeadas por elementos con un aislamiento acústico estos se interpondrán en la transmisión de vibraciones.

Para lograr un aislamiento acústico al ruido de impacto es necesario que los materiales de cerramiento y de recubrimiento sean materiales elásticos.³²

Cuadro 4.
Materiales Aislantes y Absorbentes

MATERIALES AISLANTES		MATERIALES ABSORBENTES	
MÁS COMUNES	ESPECIALES	MÁS COMUNES	ESPECIALES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ mampostería de block y ladrillo ▪ concreto ▪ madera ▪ asbesto ▪ láminas de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ corcho ▪ algodones ▪ lanas ▪ fieltros ▪ tapices ▪ fibra de vidrio ▪ caucho ▪ aglomerantes de fibra de madera (tablex, purpanel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ mampostería ▪ madera ▪ revestimientos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ paneles rígidos y porosos ▪ cartón piedra ▪ tablayeso ▪ colchones ▪ cortinas y alfombras ▪ mobiliario y audidores ▪ aglomerantes de fibra de madera (aquilit)

³² Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica*, España. Editorial Paraninfo

BASES SOBRE EL SONIDO:

- Cuando el sonido golpea contra una superficie, parte de él es absorbido, en parte reflejado y otra parte transmitido a través de la superficie. Las superficies densas, en su mayor parte, aislarán bien el sonido, aunque lo reflejaran de nuevo hacia la sala. Las superficies porosas en su mayor parte, absorberán bien el sonido, pero no lo aislarán.
- La mejor manera de detener la transmisión del sonido a través de una estructura ya construida es aislar la fuente de sonido de la estructura antes de que esta tenga la ocasión de vibrar.
- Las principales formas de minimizar la *transmisión de sonido* desde un espacio a otro son añadiendo *masa* y *desacoplamiento*.
- La *masa blanda* es muy a menudo mejor que la *masa rígida* (de hecho, lo que estamos buscando es una combinación de las dos).
- Cualquier objeto, cualquier material de construcción, posee una *frecuencia de resonancia* que virtualmente se convierte en una ventana abierta al sonido — algo parecido a un diapasón que "canta" a su frecuencia de resonancia particular.
- Diferentes materiales poseen diferentes frecuencias de resonancia.
- El aire atrapado (los espacios vacíos y las burbujas de aire) es un buen desacoplador.
- La construcción de compartimentos huecos es un concepto clave. El sonido, al igual que el aire y el agua, penetrará por cualquier pequeño agujero. (El sonido puede filtrarse por aberturas tan pequeñas como 0.8 mm – en algunos casos por cavidades incluso más pequeñas).

NIVELES SONOROS ADMISIBLES

Para determinar el nivel de sonido adecuado en los ambientes se requiere un mínimo y máximo nivel de transmisión de sonido en dB para su aislamiento.

En el cuadro 5. Vemos los niveles recomendados en dB de transmisión sonora dentro de los ambientes de acuerdo con su función.

Cuadro 5.

Niveles sonoros admisibles de ruido en ambientes	
TIPOS DE AMBIENTES	dBA RECOMENDADO
Estudios de grabación	28 dB
Salas de concierto y teatros	28 – 38 dB
Hoteles (habitaciones individuales)	33 – 42 dB
Salas de conferencia /Aulas	33 – 42 dB
Despachos de oficinas / Bibliotecas	42 – 46 dB
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	46 – 50 dB
Restaurantes	46 – 50 dB
Salas de ordenadores	46 – 55 dB
Cafeterías	50 – 55 dB
Polideportivos	50 – 60 dB
Talleres (maquinaria ligera)	55 – 65 dB
Talleres (maquinaria pesada)	60 – 75 dB
Bibliotecas	33 - 35 dB
Hospitales	25 – 30 dB
Apartamentos	35 – 45 dB
Oficinas particulares	40 – 45 dB
Oficinas públicas	40 – 55 dB
Salas de Música	30 – 40 dB
Cines	30 – 40 dB
Escuelas	35 – 40 dB

Aislar un espacio acústicamente entonces significa:

- Proteger el espacio de sonidos externos.
- Reducir el ruido producido en el local por las reflexiones en paredes
- Minimizar la energía que se genera del interior al exterior
- La energía generada en el espacio sea la máxima.

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

Cuadro. 6

Pérdida de Transmisión Sonora en materiales

MATERIAL O ESTRUCTURA	STC	125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón (90mm)	37	30	30	37	35	38	41
Hormigón (140mm)	45	30	34	41	48	56	55
Hormigón (190mm)	53	37	46	46	54	59	60
Hormigón (290mm)	50	33	45	45	51	57	61
Hormigón (90mm) + aire (25mm) + fibra de vidrio (65mm) + hormigón (90mm) + placa de Yeso	62	49	57	57	66	71	81
Placa de Yeso (12mm)	28	15	25	25	29	32	27
Placa de Yeso (2 * 12mm)	31	19	30	30	32	29	37
Placa de Yeso (12mm) + aire (90mm) + placa de yeso (12mm)	33	12	32	32	41	44	39
Placa de Yeso (2*12mm) + aire (90mm) + placa de yeso (12mm)	37	16	36	36	42	45	48
Placa de Yeso (2*12mm) + aire (90mm) + placa de yeso (2*12mm)	45	23	45	45	49	52	52
Placa de Yeso (12mm) + aire (20mm) + fibra de vidrio (50mm) placa de yeso (12mm)	45	21	48	48	55	56	43
Placa de Yeso (2*12mm) + aire (20mm) + fibra de vidrio (50mm) placa de yeso (2*12mm)	55	34	56	56	61	59	57
Vidrio (6mm)	31	25	31	31	34	30	37
Vidrio laminado (6mm)	35	26	32	32	35	35	43
Vidrio (3mm) + aire (50mm) + Vidrio (3mm)	38	18	38	38	43	48	35
Vidrio (3mm) + aire (50mm) + Vidrio (6mm)	45	29	44	44	46	47	50
Puerta de madera maciza (24 kg/m ²) sin burlete	22	19	26	26	24	23	20
Puerta de madera maciza con burlete	26	22	29	29	25	26	28
Puerta de madera maciza (24 kg/m ²) + aire (230mm) + puerta acero chapa #18 hueca (26 kg/m ²) + burlete magnético en el marco.	49	35	48	48	44	54	62

Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición
A.E Raes "Acústica Arquitectónica"

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

CONCEPTOS BÁSICOS

El objeto del acondicionamiento acústico es proporcionar la máxima calidad acústica posible al mensaje sonoro emitido en una sala, ésta viene definida por distintos parámetros según sea el tipo de mensaje sonoro, ya que no se exige lo mismo en la percepción de un mensaje oral que uno musical.

Todo lugar destinado a la emisión y audición de mensajes sonoros lleva implícita la existencia de una cadena de comunicación, compuesta por tres grandes elementos básicos: emisor, canal de transmisión y receptor. Los mensajes acústicos son transportados por ondas sonoras diferenciándose unas por otras por frecuencias, dichas ondas serán alteradas, distorsionadas o filtradas por el canal antes de llegar al sistema auditivo del receptor, quien define la adecuación o no de un ambiente a un determinado mensaje sonoro.

Ruiz Delgado, Ligia, Tesis, Acústica de Aulas, España

EMISOR

El emisor está constituido por la fuente sonora junto con los sonidos que emite. Por lo tanto desarrollaremos algunas nociones sobre las características de las fuentes naturales de emisión como la voz humana e instrumentos musicales.

VOZ

Los niveles medios de presión acústica de los labios es de 64dB para hombres y 60dB para mujeres. El nivel de presión acústica varía sin cesar en el curso del habla, alcanzando tan pronto valores máximos como mínimos, cuya separación constituye la dinámica de la palabra y este suele ser de 30dB.

La potencia de la palabra se distribuye a lo largo del espectro de frecuencias entre los 100Hz y 10,000 Hz, siendo el intervalo de frecuencias con mayor energía de 100-800Hz, donde se encuentran los sonidos de las vocales y consonantes.

En las altas frecuencias es donde se desarrolla la mayoría de las consonantes, sonidos de corta duración y poca energía que proporcionan más comprensión de las consonantes es fundamental para la claridad de la palabra, de ahí que sea más importante la preservación de las altas frecuencias que de las bajas para la comprensión de los mensajes hablados.

Los instrumentos:

Estos son más simples y periódicos ya que la música está basada en escalas y cada una de estas se relaciona con una frecuencia fundamental, por lo que son más exactos los datos.

Los instrumentos musicales son diseñados para poder producir sonidos que tengan frecuencias fundamentales correspondientes a las escalas musicales y sobre-tonos o armónicos que sean múltiplos de la frecuencia fundamental.

Los instrumentos de cuerda son los que tienen como sistema básico de emisión la vibración de cuerdas, siendo la frecuencia fundamental dependiendo de la longitud de la cuerda, la tensión y su masa.

Los instrumentos de viento se basan en columnas resonantes de aire- La frecuencia fundamental del sonido emitido depende de la longitud del tubo.

Los instrumentos de percusión son provocados por un golpe dado sobre un sistema de vibración que puede ser una barra, varilla, membrana o campana.

CANAL DE TRANSMISIÓN

Está constituida por el espacio y sus características geométricas y físicas y las diversas vías de propagación del sonido emitido en ella.

Cuando una fuente sonora emite energía las ondas sonoras producidas se propagan radialmente en todas las direcciones a partir de ella pudiendo suceder tres casos diferentes:

- a. Que toda la energía se transmita al cerramiento, desapareciendo la onda en la sala, es decir Absorción Total.
- b. Que toda la energía se refleje dando lugar a una onda regresiva, es decir una reflexión total.
- c. Que parte de la energía se transmita al cerramiento y parte se refleje en el ambiente.

Así que la energía acústica en un punto y en un determinado instante se obtiene como suma de las energías de diversas ondas, incidente y reflejadas que en ese momento alcanzan a ese determinado punto.

RECEPTOR

Constituido por los oyentes con sus respectivos mecanismos de escucha y es el que califica la calidad acústica de un local de audición.

El criterio para la calificación de la percepción de mensajes orales es que el sonido sea inteligible, es decir, que tenga suficiente intensidad para emerger del ruido de fondo y que el espectro de cada sonido individual esté mínimamente alterado para poderlo reconocer.

Para el estudio del acondicionamiento acústico se utilizan varios métodos como lo es:

- Acústica Geométrica: que utiliza la geometría como base para calcular los rayos sonoros reflejados y definir la dirección de propagación de las ondas sonoras.
- Acústica Estadística: utiliza la estadística para calcular en unidades de tiempo con lo que la energía media se estabiliza en una sala.
- Acústica Ondulatoria: para estudiar las resonancias en un ambiente y resolver las ecuaciones de onda en dichos recintos.³³

Los revestimientos porosos son mejores absorbentes pues su mejor granulometría se traduce en una mayor área de fricción.

En la siguiente tabla se resumen los materiales más comunes y especiales que se utilizan para la absorción y aislamiento de superficies.

MATERIALES PARA EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Manuel Recuero. Acústica Arquitectónica, Soluciones prácticas, Editorial Paraninfo España.

MATERIALES POROSOS:

Son de estructura granular o fibrosa, siendo importante el espesor de la capa y la distancia entre ésta y la pared. El espesor del material de al menos 1.25 cm de espesor, se elige de acuerdo con el valor del coeficiente de absorción deseado, ya que si es demasiado delgado, se reduce el coeficiente de absorción a las bajas frecuencias, mientras que si es muy grueso resulta muy caro.

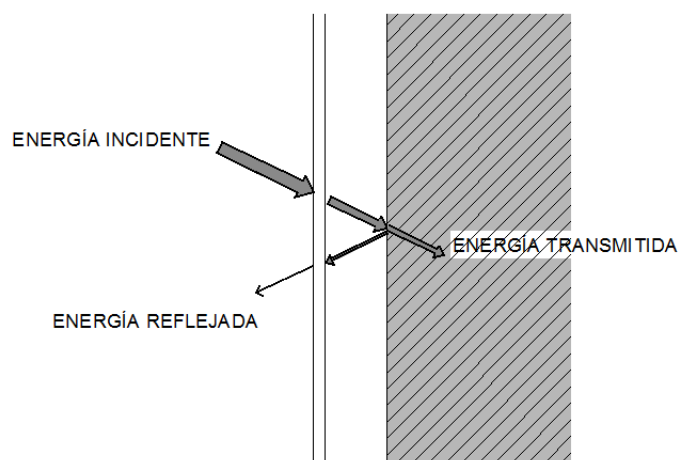
³³ Sancho Vendrell, Llinares Galiana, Llopis Reyna (2008) *Acústica Arquitectónica y Urbanística (1ªed.)* Mexico: Limusa.

MATERIALES POROSO-RÍGIDOS:

Estos materiales se usan en forma de yesos absorbentes sonoros con una estructura granular o fibrosa, de tela o esterilla hecha de mineral orgánico o lana artificial, o de losetas acústicas y bloques comprimidos de fibras con la adición de aglutinantes. Los yesos absorbentes sonoros son los más resistentes y se montan con facilidad en superficies convenientemente preparadas; sin embargo, cuando se instalan en edificios no poseen siempre coeficientes de absorción uniformes.

Cuando se emplean materiales de telas y losetas acústicas, se tiene que encontrar un número de condiciones para su uso.

1. El espesor de la capa y la distancia entre esta y la pared tienen que ser unas determinadas. Ya que la energía es absorbida dependiendo de la distancia entre la tela y la superficie rígida. La energía es proporcional al cuadrado de la velocidad de la partícula y si la tela se coloca a una distancia de $1 = \lambda/4$ de la pared, en el que λ es la longitud de la onda de sonido cuando se propaga a través del aire existente entre el material y la pared). Cuando la separación entre la pared y la tela aumentan esta absorción será máxima sobre todo en frecuencias bajas.
2. El coeficiente de absorción aumenta a medida que se aumenta la porosidad y el grosor, al disminuir el espesor del material se origina una disminución en el coeficiente de absorción. Esto se debe a que el sonido es absorbido y atraviesa el material poroso y al toparse con el muro este se refleja y al regresar la pérdida del sonido es mucho más pronunciada. Esto se muestra en la siguiente gráfica.



*Ilus. 15. Diafragma de propagación de un material absorbente
Elaboración Propia*

3. La presencia de un espacio de aire entre el material y la pared rígida origina un aumento de la absorción a las bajas frecuencias, y un incremento en el espacio de aire se acompaña con un cambio de la absorción máxima hacia las bajas frecuencias y por un aumento en el valor máximo del coeficiente de absorción sonora.

MATERIALES POROSO-ELÁSTICOS:

Si el material absorbente tiene un esqueleto que no es rígido, pero sí elástico, no solo el aire de los poros está sujeto a vibraciones sino también el esqueleto elástico.

La presencia de una delgada capa cubriendo materiales ligeros y materiales blandos, origina un aumento de la absorción, debido a las vibraciones, mientras que un espacio de aire entre el material y la pared eleva la absorción cerca de las bajas frecuencias.

Los parámetros de construcción del sistema son: anchura de los espacios de aire de 1.7 y 9 cm, el espesor de los paneles de 0.1 y 0.2 cm de diámetro de la abertura 0, 1, 2, 0.35 cm y la distancia entre aberturas de 2 y 0.09 cm.

Un aumento en el número de capas en el sistema de una o dos aumenta considerablemente los límites de las frecuencias para las que el coeficiente de absorción permanece comparativamente grande.

Para aumentar la anchura de la variación del coeficiente de absorción con la frecuencia, se aumenta la distancia entre capas a medida que nos alejamos de la pared rígida.

Para evitar saltos en la variación del coeficiente de absorción con la frecuencia, los espacios de aire no deben ser iguales ni múltiplos unos de otros.

MATERIALES PARA ENLUCIDOS

Son materiales acústicos que se aplican en estado húmedo con paleta o pistola para formar superficies continuas de un espesor deseado. Estos materiales están compuestos de una mezcla de ingredientes secos, a los cuales se les añade un aglutinante líquido.

Los morteros acústicos se aplican normalmente a una capa de cemento o sobre cualquier otro material. La aplicación puede ser en dos o más capas, empleando métodos normales de fratasado

Los materiales conocidos como morteros acústicos están compuestos de una mezcla de ingredientes secos, a los cuales se añade agua. La mayoría de morteros están formados por un agregado de perlita o vermiculita regularmente yeso y un aglutinante que es normalmente una mezcla de ingredientes secos a los cuales se añade agua. Los huecos entre las partículas del agregado suministran la porosidad necesaria para la absorción sonora.

La aplicación es generalmente en dos o más capas de 1.25 cm usando esencialmente métodos de aplicación. Se recomienda la perforación de la superficie húmeda con un bloque de clavos para la mayoría de materiales como medio de incrementar la capacidad de repintado más que la absorción inicial.

Los morteros acústicos se utilizan para la reducción de ruido cuando no se requiere una absorción sonora muy alta y cuando las características estructurales y arquitectónicas lo indican.

ABSORCIÓN ACÚSTICA Y COEFICIENTE DE ABSORCIÓN

Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición, 45, 46

La absorción acústica se utiliza para controlar el tiempo de reverberación, eliminar ecos y modos de resonancia no deseables y ayuda a obtener un correcto balance entre energías directa y reverberada, según el tipo de audición, siendo también útil para el control de ruidos, bajando el nivel de ruido de fondo de un recinto.

En un ambiente cualquiera la reducción de la energía de las ondas sonoras, su debida propagación en el aire, y su incidencia sobre las superficies es determinante en la calidad acústica del mismo.

El coeficiente de absorción se define como el cociente entre la energía absorbida respecto al incidente, depende tanto del tipo de material como de su forma de montaje, influyendo en el tipo de mecanismo de absorción que se desarrolle.

Los coeficientes de absorción de un material dependen de la frecuencia y presentan lo bien que se absorbe un sonido en una octava particular o en una banda de tercio de octava.

Cuando una onda sonora se desplaza hasta un material, este marca un dato de coeficiente de absorción para determinada frecuencia, esto provoca que al unir varios materiales en un solo ambiente reaccionarán diferente hacia cada una de las frecuencias que en el ambiente se produzcan, por lo que el espacio será acústicamente apropiado pero solamente hacia las frecuencias a las que tenga adaptación el material.

Por esto mismo debemos estudiar a profundidad el uso exacto que se le dará un espacio y que tipos de sonidos serán emitidos y sus frecuencias, en base a esto podemos determinar un límite mínimo y máximo de frecuencias dentro del ambiente para posteriormente elegir los materiales que a esas frecuencias tengan un coeficiente mínimo o máximo de absorción y lograr un tiempo de reverberación tal como lo requiera el ambiente.

Los cálculos para todos los materiales se realizan en una cámara reverberante de forma asimétrica, como resultado se obtienen los valores numéricos bajo todos los ángulos de incidencia.³⁴

Para determinar la absorción de los materiales tomamos en cuenta los siguientes aspectos:

- a. La absorción aumenta con la frecuencia.
- b. Para altas frecuencias la absorción depende del espesor del material.
- c. Para bajas frecuencias la absorción aumenta con el espesor.

La fórmula que se utiliza para calcular el coeficiente de absorción de los materiales esta previamente calculada en la tabla, pero hacemos referencia a ella para comprender a cabalidad su función.

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

Donde

E_i = Es la *energía incidente* que llega a un material, esa energía se transmitirá a un material, otra parte se disipa en forma de vibración en el material y otra parte será reflejada.

E_a = Es la *energía reflejada*

α = Es el coeficiente que relaciona la energía reflejada respecto a la energía Incidente

Si $\alpha = 0$, cuando toda la energía es reflejada.

Si $\alpha = 1$, cuando toda la energía es absorbida.

Actualmente ya se ha realizado las pruebas correspondientes a distintos materiales con la utilización de la fórmula antes mencionada, para ello proporcionamos los cuadros desglosados de acuerdo con los tipos de material. (Ver anexos)

³⁴ Sancho Vendrell, Llinares Galiana, Llopis Reyna (2008) *Acústica Arquitectónica y Urbanística (1ª ed.)* Mexico: Limusa.



CAPÍTULO II

PREMISAS PARA EL CONTROL SONORO EN LAS
EDIFICACIONES.

Para la correcta insonorización o tratamiento acústico se debe tomar en cuenta el tipo de función que tiene el local y en base a esto elegir materiales, ya sean reflexivos o absorbentes. A continuación trataremos de explicar de manera sencilla, diversas formas en las que podemos tratar el sonido dentro de los locales y que tipo de instalaciones deben hacerse para que estas funcionen de forma correcta.

TRATAMIENTOS ACÚSTICOS

INSONORIZACIÓN:

Es la propiedad de cualquier elemento arquitectónico de aislar o detener el sonido, que no pase de un local a otro. También se dice que es la cualidad de evitar que el sonido pase por las vías de transmisión del mismo.

Procedimientos de la insonorización

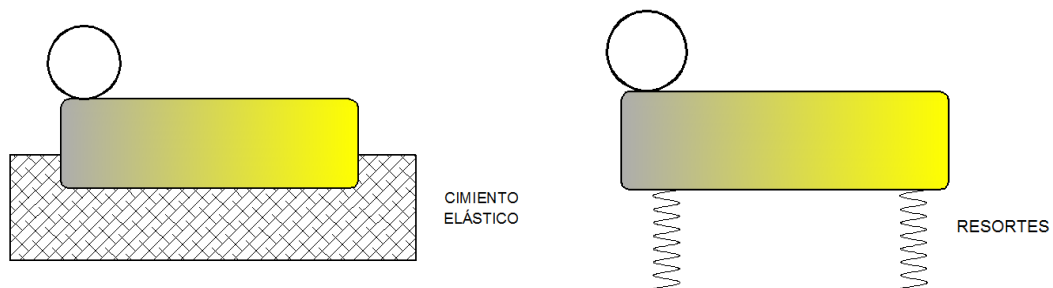
- Atacar los ruidos desde sus fuentes, es decir controlar las vibraciones provocadas por la emisión de ondas.
- Impedir que los sonidos se propaguen.
- Ensordecen los locales.
- Evitar que el sonido penetre en el local.

LINEAMIENTOS GENERALES:

1. Uniformidad de los elementos
2. Simplicidad del sistema aislante
3. Economía
4. Seccionamientos de uniones entre los diferentes elementos constructivos y constitutivos del salón.

Para llevar correctamente el proceso de insonorización debemos disponer de:

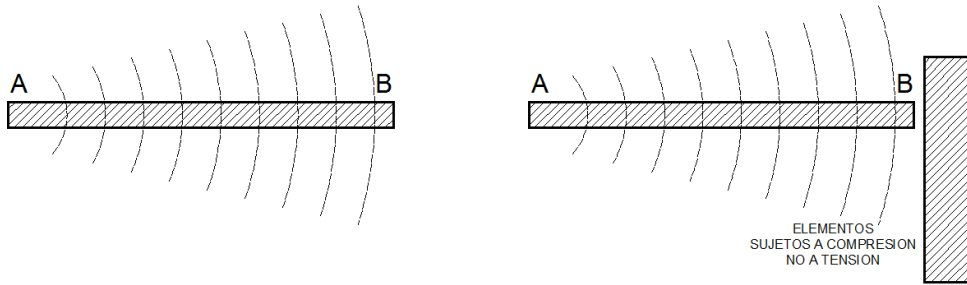
- a. Materiales absorbentes
- b. Materiales elásticos
- c. Material aislante



Ilus. 17. Insonorización de elementos Elaboración propia
Tomado de: bosquejos a mano, Arq. Roberto Vásquez.

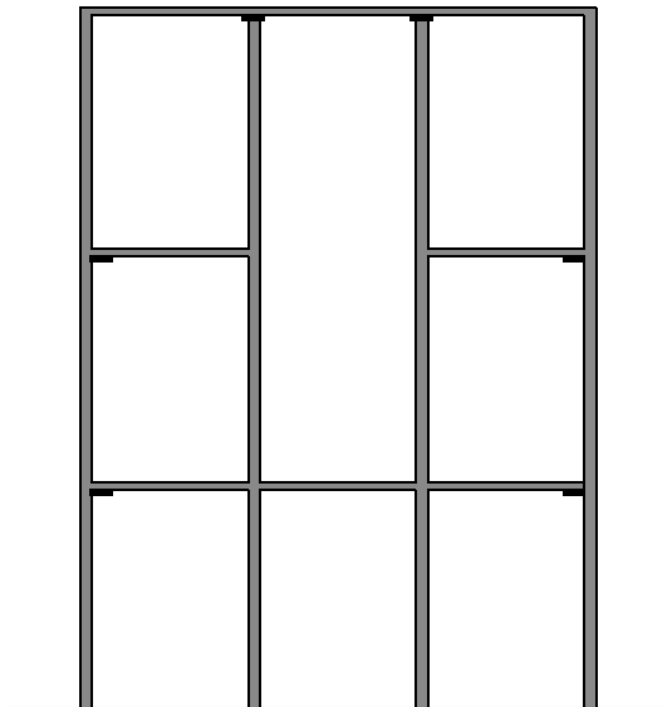
ESTRUCTURAS:

Acústicamente estas son redes telefónicas que se encargan de transmitir el sonido a lo largo de ellas, para lograr controlar las vibraciones que llegan de una estructura a otra se debe seccionar la estructura, de forma que al cambiar el material y recibir las ondas este retenga las vibraciones y el sonido no pase a las siguiente estructura, esta puede hacerse en elementos sujetos a compresión solamente.

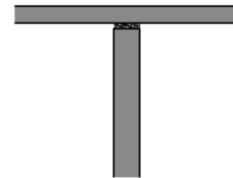


Ilus. 18. Estructuras a Compresión, Elaboración propia

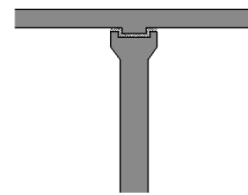
El elemento estructural donde llega el sonido es el que se debe seccionar del resto de la estructura. Para aislar las vibraciones se utilizan materiales que sean resistentes a la compresión y con un nivel de absorción del sonido alto.



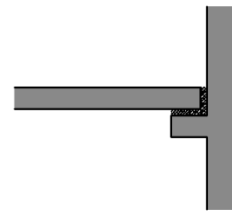
Ilus. 19. Estructuras a Compresión, Insonorización, Elaboración Propia



Ilus. 20. Detalle A, Elaboración Propia



Ilus. 21 Detalle B, Elaboración Propia



Ilus. 22. Detalle C, Elaboración Propia

Los materiales utilizados en la acústica con resistencia a la compresión para estos casos se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro. 7.
Materiales resistentes a la compresión

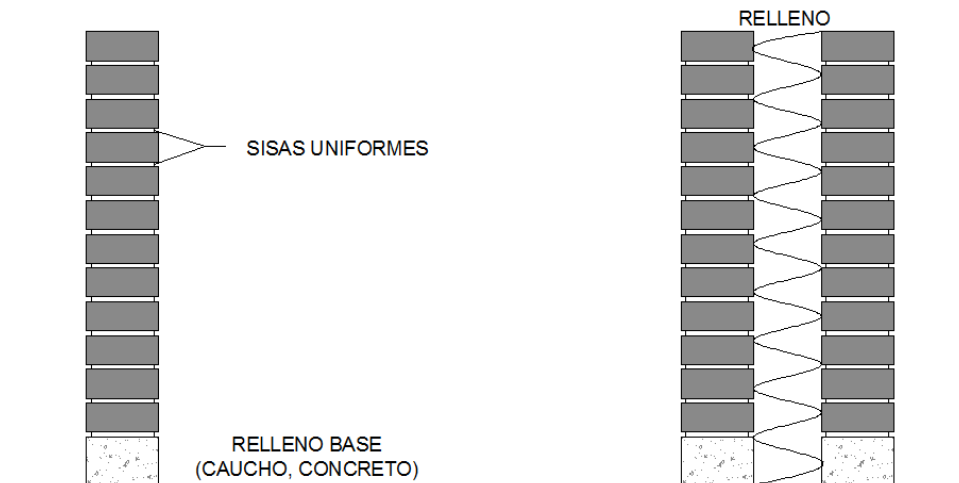
MATERIALES	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	ELECCIÓN
Corcho esponjosos	2 – 3 Kg/cm ²	Se escoge dependiendo de las características del proyecto.
Corcho de aglomerados especiales	10 Kg/cm ²	
Caucho	10 – 20 Kg/cm ²	

Si no se pudiera seccionar estructuralmente se puede aislar el sonido en el local, por medio de materiales absorbentes, esto significa que la estructura vibrará y provocará un ruido pero los materiales de recubrimiento en las superficies ensordecen el local y se escuchará menos o nada.

MUROS Y TABIQUES (AISLAMIENTO)

Para lograr mayores aislamientos acústicos en un ambiente los muros a mayor peso, mayor aislamiento.

Actualmente en Guatemala se utiliza mayormente el sistema constructivo de mampostería por lo que indicaremos algunos aspectos que son importantes para utilizarlos como material acústico.



Ilus. 23. Muros simples y Múltiples, Elaboración Propia

Para el correcto uso de los muros de mampostería simples se debe colocar un relleno base de caucho o concreto para amortiguar las vibraciones en el elemento y así evitar el paso del ruido o sonidos.

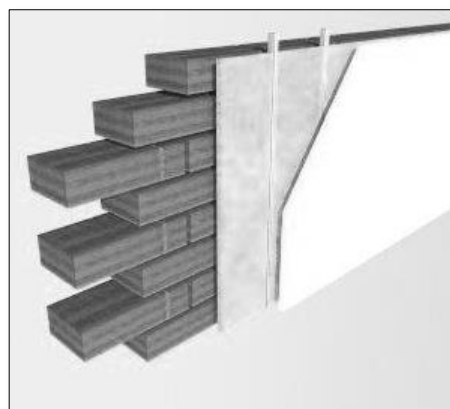
Para los muros múltiples se debe tomar en cuenta varios aspectos:

- El mortero de la sisa de los muros debe ser diferente mezcla que el del muro que se le antepone.
- En enlucido o acabado no debe tocar el piso, debe estar a unos milímetros de el
- Se debe rellenar de un material elástico como la fibra de vidrio, cartón alquitranado en forma de acordeón o viruta de madera, logrando con esto superficies no paralelas ni uniformes por lo que el sonido se pierde en ellas debido a las reflexiones internas.

CERRAMIENTOS SIMPLES

Cuando están formados por una o varias capas de materiales unidas rígidamente entre sí para evitar que éste entre en una vibración, formando un solo cuerpo.

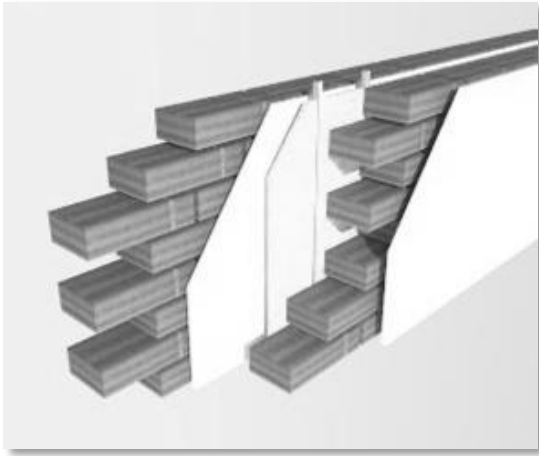
En algunos materiales como el ladrillo o el hormigón se consigue apartar las medias y bajas frecuencias que son las que son más transmisibles a través de la materia por medio de aumentar el espesor del muro. En cambio el vidrio y las placas de yeso debe disminuirse para crear flexibilidad ante la onda sonora.



*Ilus. 24. Cerramiento Simple.
Elaboración Propia*

CERRAMIENTOS DOBLES

Es formado por dos cerramientos simples separados entre si para conseguí un aislamiento acústico mayor. Cuando se induce una onda sonora sobre uno de los cerramientos esta entra en vibración y esta es transmitido al aire contenido en la separación entre cada cerramiento y actuando este como amortiguador y disipando en forma de calor parte de la energía sonora.



Ilus. 25. Cerramiento doble Elaboración Propia



Ilus. 26. Cerramiento doble Elaboración Propia

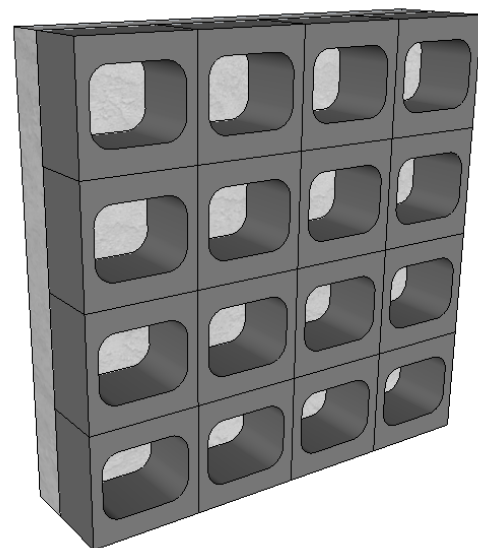
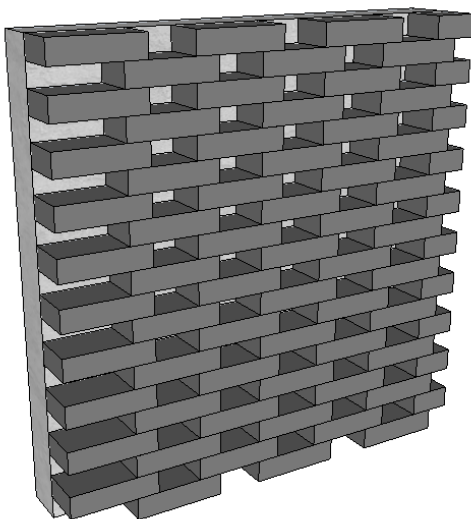
PANELES PERFORADOS EN MUROS (ACONDICIONAMIENTO)

Tomado de: Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica*. España. Editorial Paraninfo

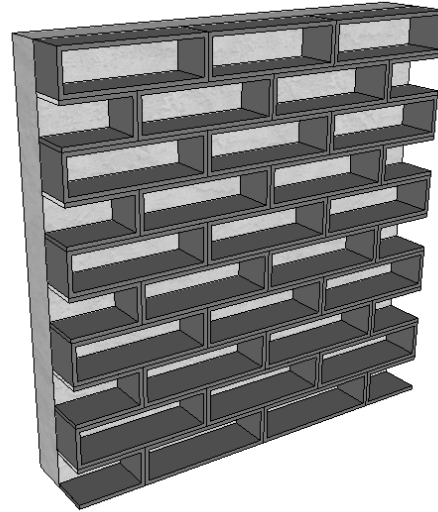
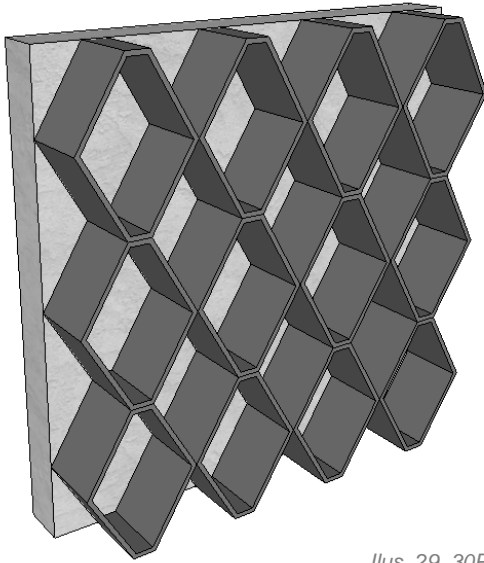
El diafragma, aberturas, su forma y figura pueden variarse de acuerdo con el diseño. Los sistemas son duraderos y el gasto económico se justifica.

Los sistemas de paneles perforados consisten en paneles separados, tales que rompan la impresión de continuidad de la superficie en el tratamiento decorativo de las paredes o techo o pared del recinto.

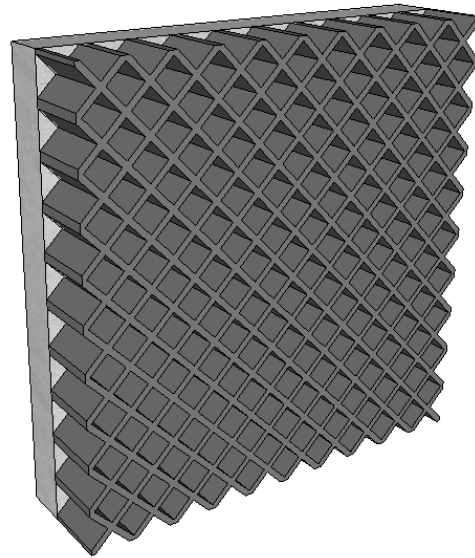
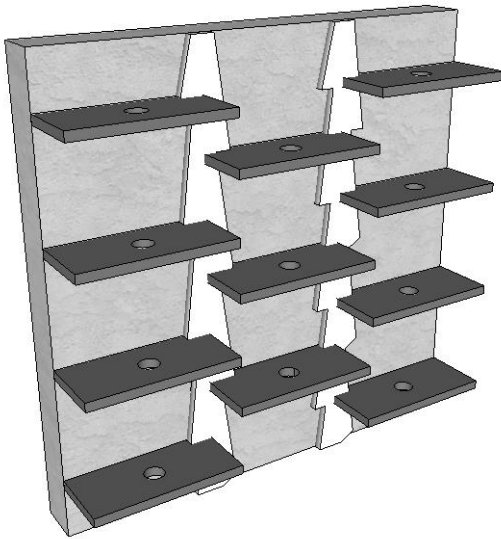
Podemos observar en las siguientes gráficas las variaciones de paneles en muros para la absorción del sonido.



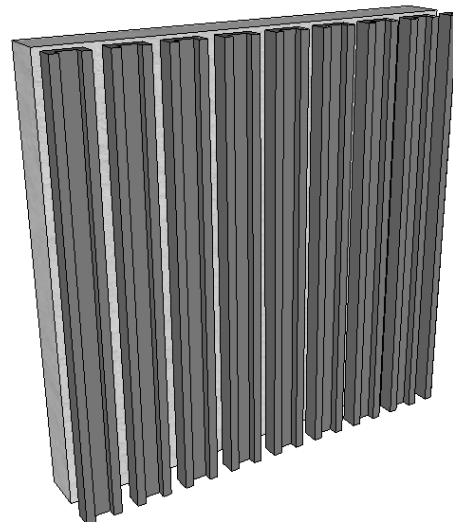
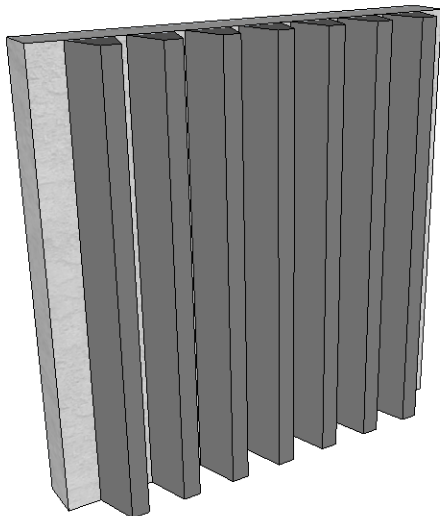
Ilus. 27, 28. Paneles Perforados en Muro
Elaboración propia.



Ilus. 29, 30 Paneles Perforados en Muro
Elaboración propia.

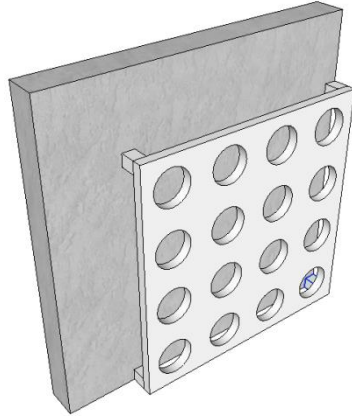


Ilus. 30, 31 Paneles Perforados en Muro
Elaboración propia.

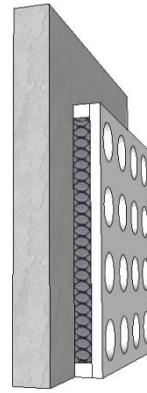


Ilus. 32, 33 Paneles Perforados en Muro
Elaboración propia.

Otro tipo de paneles de madera perforados para el acondicionamiento acústico pueden ser los rellenos de fibra mineral. Es un método de construcción acústica en el que consiste en el montaje de vigas de madera o viguetas de 5,5 o 10 cm, entre las cuales se coloca una capa de lana mineral o lana de vidrio. Las vigas están cruzadas con listones de madera secundarios, a los cuales se aseguran las láminas de madera perforada. Las láminas vistas son normalmente de 0.5cm de espesor, con perforaciones de 0.5 cm y centros a 1.25 cm. Todo esto dependiendo de las características de la frecuencia y absorción deseadas.



Ilus. 34. Paneles Perforados en Muro Material Porosos
Elaboración propia.

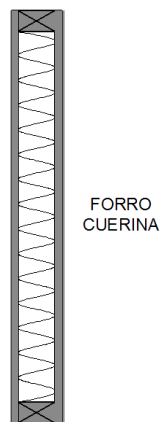


Ilus. 35. Paneles Perforados en Muro + fibra
Elaboración propia.

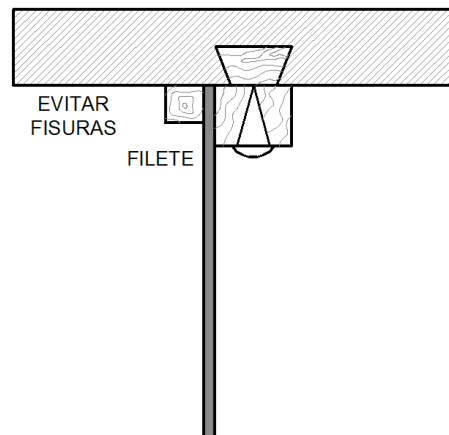
MADERA: (TABIQUES)

Tomado de: Material proporcionado Arq. Roberto Vásquez.

Al igual que en la mampostería la madera puede ser instalada como un tabique doble y tener un forro adecuado para que todos los materiales juntos actúen acústicamente. Para la instalación de muros de tabique se presentan los siguientes detalles y su anclaje al techo, este permitirá hermetizar el ambiente evitando el paso de sonido.

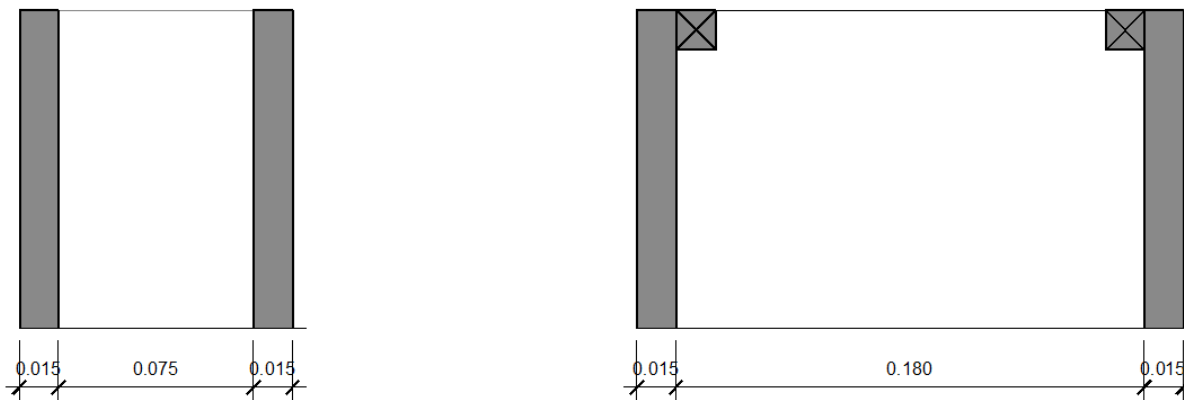


Ilus.36. Tabiques de madera, con relleno.
Elaboración propia.
Gráfica a mano. Arq. Roberto Vásquez



Ilus. 37. Uniones en cielo
Elaboración propia.
Gráfica a mano. Arq. Roberto Vásquez

Para los tabiques dobles existen medidas para que exista un aislamiento efectivo, tomando en cuenta siempre el forro.



Ilus. 38. 39 Dimensiones de tabiques dobles, Elaboración propia, Gráfica a mano. Ar. Roberto Vásquez

PISOS

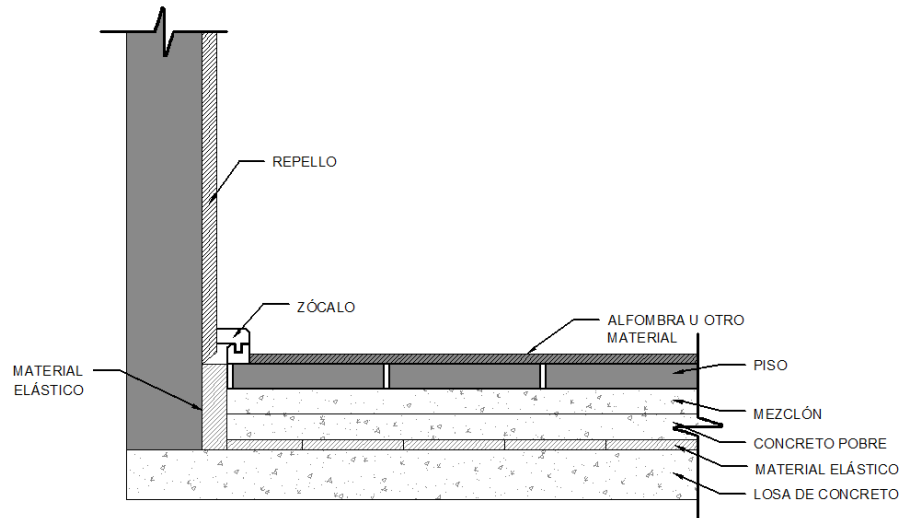
Existen dos tipos de pisos según su colocación.

- a. Piso en el suelo
- b. Piso en entrepiso

Para lograr insonorizar un piso o entrepiso es necesario utilizar una serie de materiales que contribuyan a detener o minimizar el paso de las ondas sonoras. Los entrepisos debido a que están separados del suelo es más difícil de insonorizar y se produce más el ruido de impacto, mencionaremos a continuación un procedimiento que ayuda al control del sonido en entrepisos.

Regularmente previo a la instalación de un entrepiso existe una fundición de losa de concreto a la que se colocarán materiales para mejorar la acústica del entrepiso. Un material elástico sobre la losa de concreto permite aislar el sonido que viene del piso de abajo y el sonido provocado de arriba, sobre él se realiza una mezcla de concreto pobre y mezción para dar más masa y la variación de las proporciones de las mezclas ayudan a que el sonido disminuya al pasar por cada una de ellas. Posterior a esto se realiza la instalación normal del piso y sobre ella se puede colocar una alfombra ya sea delgada, de hebras gruesas o tanto como se desee insonorizar evaluando el coeficiente de absorción.

La instalación pegado al muro de un material elástico y en las esquinas de unión entre el muro y el piso un zócalo de un material distinto contribuirá a que no existan fugas del sonido en estos espacios en los que mayormente fácilmente pasa el sonido.



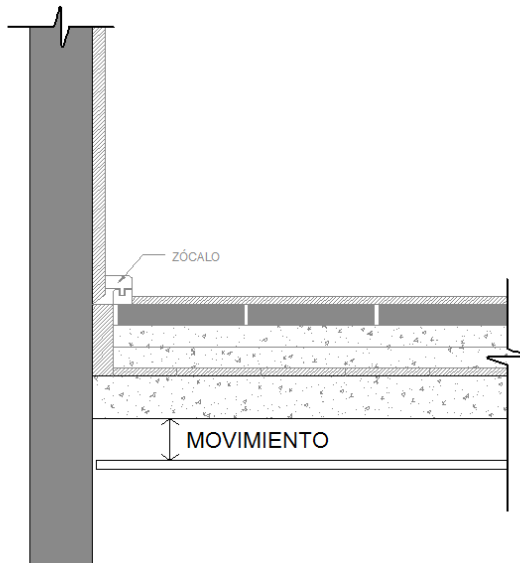
CIELOS DE ENTREPISOS

*Ilus. 40. Aislamiento de pisos, Elaboración propia
Grafica a mano. Arq. Roberto Vásquez.*

Para la insonorización del ambiente completo también es necesario realizar un tratamiento al techo para evitar el paso del sonido.

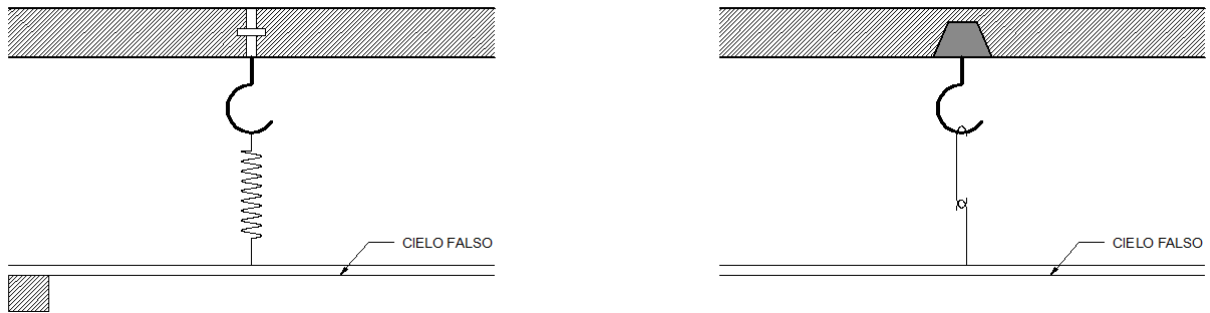
Para eso el cielo falso debe estar separado de la losa, debe ser con elementos continuos y uniformes. El anclaje en el cielo debe permitir el movimiento del cielo

falso para evitar que las vibraciones que provocan el ruido sean transmitidas por elementos rígidos que lo sostengan. Para lograr el movimiento y estén anclados a la losa se pueden utilizar diversos métodos:



*Ilus. 41. Detalle de cielo falso (Movimiento)
Elaboración Propia,
Tomado de: gráficas a mano Arq. Roberto Vásquez*

Diafragmas



Ilus. 42, 43. Detalle de cielo falso /Diafragmas.
Elaboración Propia

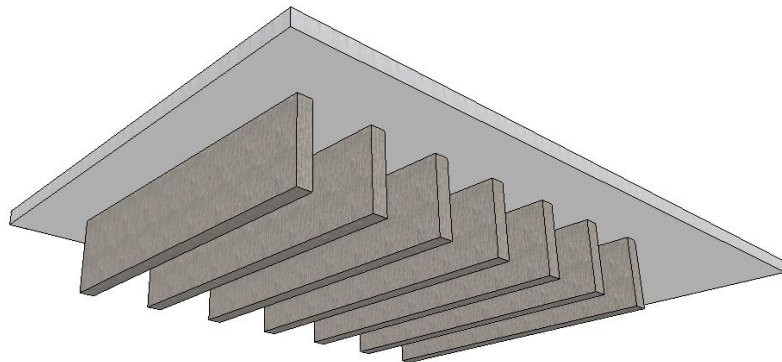
Los materiales deben ser elásticos y flexibles para su buen funcionamiento.

ABSORBENTES SUSPENDIDOS

Tomado de: Manuel Recuero. Acústica Arquitectónica. España. Editorial Paraninfo

Son unidades individuales del techo de un recinto, en lugar de estar construidas como una pared o techos continuos. Normalmente toman forma de láminas planas o pantallas de material absorbente, colgadas verticalmente en hileras continuas o bien de unidades con forma de cajas vacías suspendidas singularmente. Este sistema se utiliza cuando un tratamiento de techo convencional es impracticable o cuando el resto de materiales de construcción son demasiado reflectantes y provoca ecos y no se les puede dar un tratamiento acústico.

Estos se establecen de acuerdo con los m^2 de absorción suministrados por cada uno, si se aumenta los m^2 se reduce el tiempo de reverberación de los demás materiales equilibrando el recinto hasta llegar a un tiempo de reverberación adecuado.



*Ilus. 44. Vista general de absorbentes suspendidos
Elaboración Propia,
Tomado de: Manuel Recuero. Acústica Arquitectónica*

Un absorbente suspendido típico de tipo pantalla, consiste en un tablero de fibra mineral de 1,2 * 0.6 m con un espesor de 3.8 cm, cubierto con una membrana plástica lavable, delgada e impermeable, que es lo bastante ligera como para transmitir las ondas sonoras con facilidad sobre mayor parte del rango de frecuencias, estando promediada la absorción desde 250 a 2000 Hz. Las pantallas están suspendidas en hileras continuas de hilos de acero o cables tendidos entre paredes o vigas del techo. El espaciado varía entre 0.6 a 1.8 m y las hileras pueden correr en una o dos direcciones. Estos también sirven para absorción de los ruidos provocados por las instalaciones sobre ellos, no permiten que el sonido pase hacia abajo.

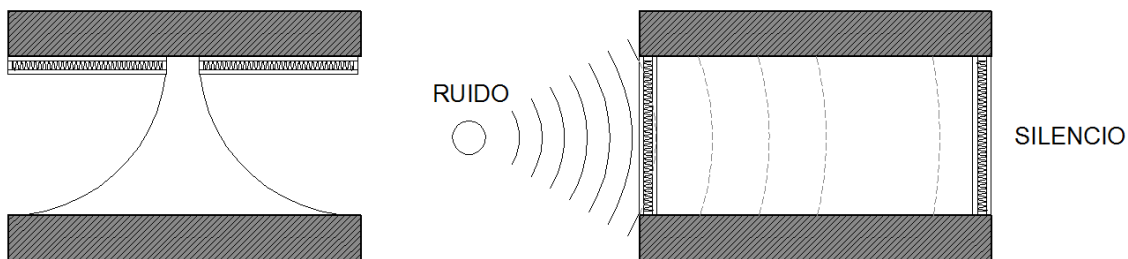
PUERTAS

Para el aislamiento del sonido es necesario colocar puertas que eviten el ingreso del sonido exterior y sobre todo en lugares en el que es necesario que el sonido no ingrese cuando una persona ingrese al recinto por lo que existen 2 formas de insonorizar el ambiente:

- a. A través de la forma de la puerta
- b. A través de los materiales.

Por medio de la forma:

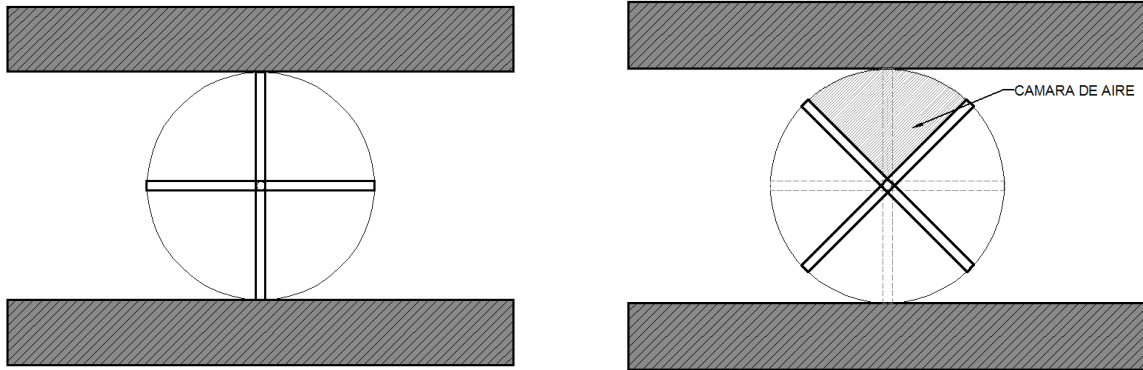
Puerta sifón: esta consiste en crear una pequeña cámara en la que se almacene el aire y cuando una de ellas se abra exista la siguiente puerta que no permita dejar entrar el sonido, al igual que el agua el aire funcionará para evitar que el sonido pase directamente al ambiente.



Ilus. 45, 46. Detalle de Puerta sifón /Funcionamiento/planta.
Elaboración Propia

Puerta Giratoria:

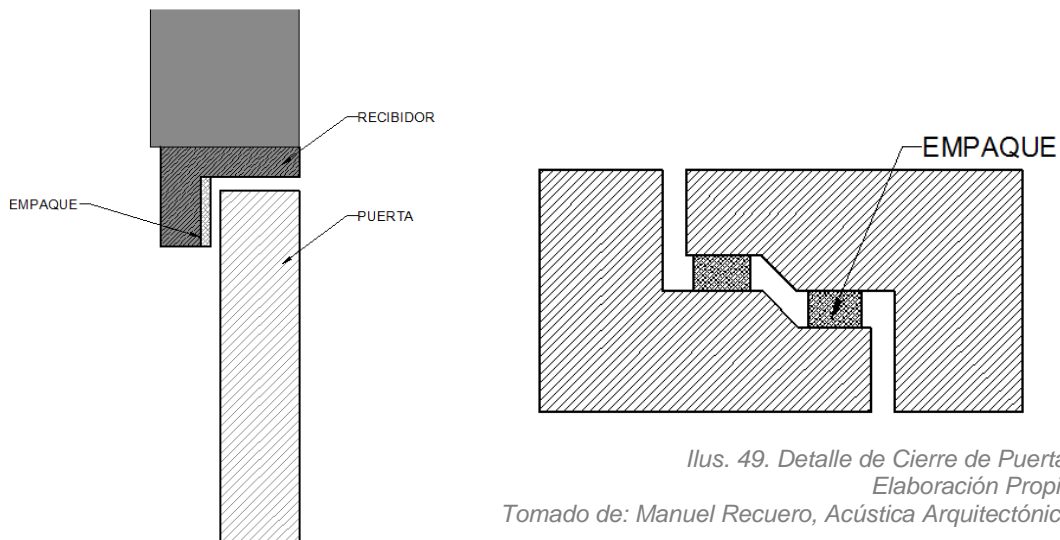
Esta funciona similar a la anterior almacenando el aire entre los espacios temporalmente entre puertas y evita que el sonido entre directamente al ambiente. Esta puerta permite el ingreso de sonidos más no directamente y es por tiempos más cortos por lo que es buen insonorizante.



Ilus. 46,47. Detalle de Puerta Giratoria / funcionamiento plana.
Elaboración Propia

A través de los materiales:

Este puede darse por medio de varias capas de diversos materiales que impidan el paso del sonido, y también es importante hermetizar todos los espacios por los que el sonido puede entrar como es en marcos y parte superior e inferior de la puerta.



Ilus. 48. Detalle de Puerta.
Elaboración Propia. Tomado de:
gráfica a mano Arq. Roberto Vásquez

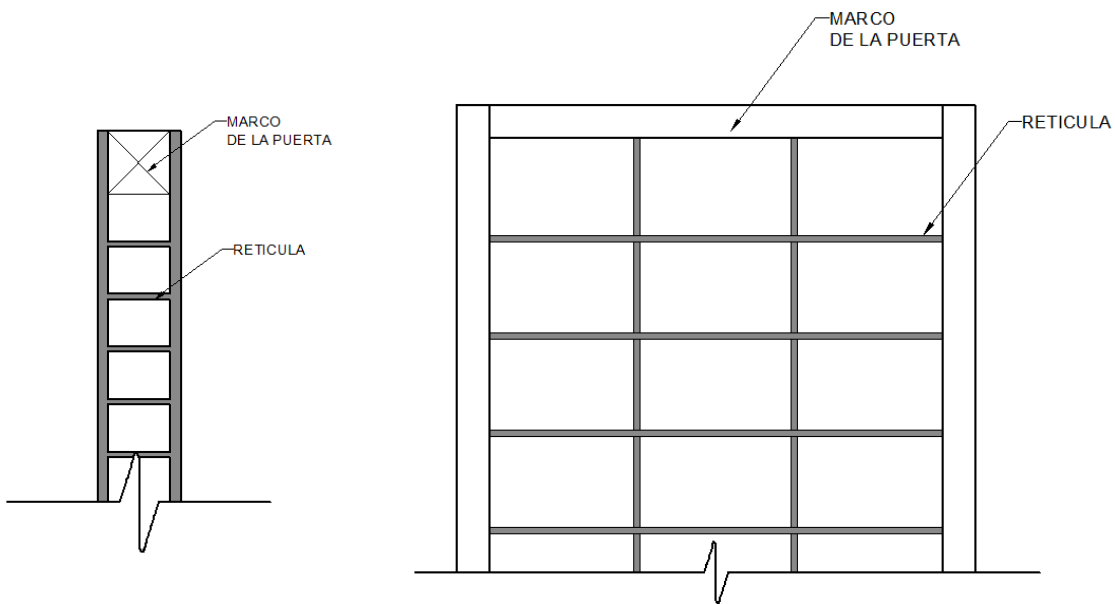
Ilus. 49. Detalle de Cierre de Puerta.
Elaboración Propia
Tomado de: Manuel Recuero, Acústica Arquitectónica

Es importante que las puertas tengan muelles retenedores, cierres y cerraduras insonorizados, los sellados se pueden realizar con juntas elásticas para garantizar que la puerta se estanque el tiempo necesario.

Los materiales o empaques de materiales elásticos plásticos son un buen material para sellar el espacio que queda entre la puerta y el marco de la puerta.

Para la elaboración de la puerta se pueden utilizar varias técnicas y materiales, unas de las principales es tener dentro de ellas una cámara de aire o bien pueden ser rellenas de un material poroso como: aserrín, viruta de duroport y otras.

Existe un método de insonorización de las puertas que es crear pequeñas cámaras dentro de la puerta en el que el sonido quede encerrado y se den varias reflexiones dentro de ellas antes que el sonido pase al siguiente espacio. Para conseguir esto se utiliza las puertas de Panal, es decir, se genera una retícula cuadriculada con material haciendo una forma similar a del panal.



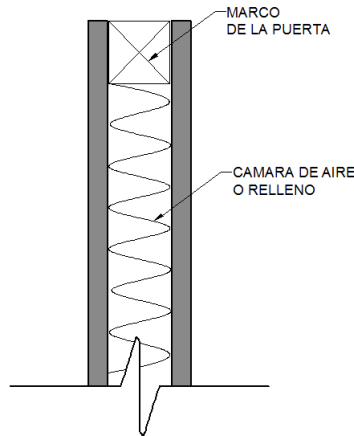
Ilus. 49. Detalle de Puerta.
Elaboración Propia

Ilus. 50. Detalle de Puerta.
Elaboración Propia

Puertas Acolchonadas:

Están compuestas por dobles hojas y dentro de ellas una cámara de aire o un material para absorción del sonido.

Es esencial que en un ambiente donde se propone una insonorización este lleve una puerta adecuada ya que por ella no se da a cabalidad el proceso de absorción del sonido



Ilus. 52. Detalle de Puerta.
Elaboración Propia

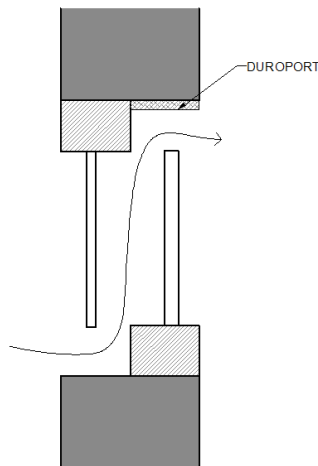
VENTANAS:

Para utilizar las ventanas como un elemento insonorizante se pueden usar dos métodos principales:

Ventana sifón:

En este permite el ingreso de aire pero los vidrios se convierten en barreras para que pasen las ondas sonoras, este método puede ser utilizado en ventanas pequeñas menores de 30 cm.

De acuerdo al grosor del vidrio así será la cantidad de Db que puede insonorizar, mientras más grueso sea mayor será su capacidad.



Ilus. 53. Corte Ventana Sifón.
Elaboración Propia

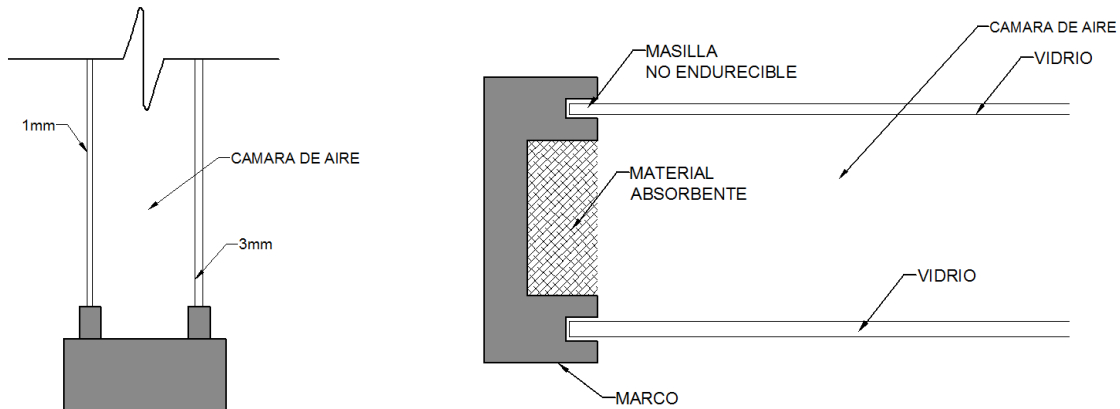
Cuadro. 8

Pérdida de Transmisión dB vidrio

GROSOR	DECIBELES
3mm	5 – 10 Db
4mm	28 Db
6mm	35 Db

Ventana doble:

Cuando se utilizan vidrios de distinto grosor cada uno y dentro de ellos una cámara de aire, esto porque los distintos materiales se convierten en receptores de distintas frecuencias, por lo que si una onda pasa de un vidrio al otro la frecuencia cambie y al llegar al siguiente no pueda transmitirse la onda en un Db percibido por el oído humano.



Ilus. 54. Corte en elevación ventana Doble
Elaboración Propia

Ilus. 55. Corte en planta Ventana Doble
Elaboración Propia

INSTALACIONES TUBERÍAS Y APARATOS SANITARIOS:

Uno de los elementos dentro de la construcción que es incidente principal de ruidos son las instalaciones, en residencias las bajadas de agua y artefactos de la red de drenajes son demasiado ruidosas que en algún momento pueden provocar molestas a los habitantes.

Para insonorizar estos ruidos se debe evitar llevar las instalaciones o tuberías en elementos verticales como muros, de preferencia estas deben ir bajo el suelo. Si estas irán adosadas a muros pueden ir recubiertas de materiales aislantes alrededor de las tuberías. Cuando se instalan los artefactos se coloca un material aislante debajo y esto ayuda a insonorizar los ruidos que estos provocan.



Ilus. 56. Aislamiento de Artefactos
Elaboración Propia

Ilus. 57. Aislamiento de Tuberías
Elaboración Propia



CAPÍTULO III

MATERIALES ACÚSTICOS

MATERIALES MÁS USADOS EN GUATEMALA

A continuación se analizarán los materiales mayormente utilizados para construir en Guatemala y sus capacidades acústicas.

HORMIGÓN O CONCRETO:

COMPOSICIÓN: Cemento, áridos (piedrín, arena, gravas) y agua.

USO:

Paredes, techos, pisos

PROPIEDADES:

- Absorción:

El hormigón tiene una propiedad ausente de absorción, el material provoca que se de demasiada reverberación dentro de un ambiente

- Reflexión:

Este material es completamente eficiente para reflejar el sonido.

- Aislamiento:

El hormigón presenta una masa con densidad que supera los 2000kg/m³ ofrece índices de reducción que superan $R_w=50$. Por lo que el hormigón es altamente aislante sobre todo en bajas frecuencias.

- Amortiguamiento:

El factor interno de amortiguamiento del hormigón es poco por lo que el hormigón no es bueno para el aislamiento hacia el ruido de impacto.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN: de 0.01 a 0.04 nivel bajo.

APLICACIONES: Edificaciones Residenciales, Públicas e Industriales

AMBIENTES EN LOS CUALES SE UTILIZA:

Este es utilizado actualmente en cualquier tipo de ambiente cuyo diseño sea un diseño será regularmente de formas geométricas no mixtas y mayormente de uso residencial.



Ilus. 58. Tomado de: <http://media-cache-ak0.pinimg.com/736x/1b/a4/dc/1ba4dc2258cdabba00bb46cb964b3530.jpg>

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Este material es apto para el acondicionamiento interno del sonido más que como aislante de sonidos externos, debido a la porosidad las ondas sonoras se transmiten a través de ellos y transmitidos a los ambientes continuos, por lo que es mal absorbente. Para que este sea aislante se debe revestir de algún otro tipo de relleno interior que sea un material con esta propiedad.

Dependiendo del tipo de mezcla y proporción estos pueden ser insonoros. Mientras más livianos especiales sean más capacidad acústica tienen.

INSTALACION:

Fundición in situ o premezclado contratado por una empresa específica.

BLOCK: (MAMPOSTERIA)

COMPOSICIÓN:

Piedra pulverizada, Arena, Cemento y Agua. 1:5:2 y agua de un 9%

USO:

Muros simples o divisorios, muros estructurales, bandas perimetrales, muros de contención o retención, losas.

PROPIEDADES:

Las propiedades acústicas varían dependiendo de la masa superficial del mismo y tomando en cuenta las frecuencias bajas ya que son las más difíciles de aislar.

Aislamiento:

Debido a que es un material poroso la capacidad de aislamiento es inferior a los muros que son completamente llenos en su interior

Reflexión:

Debido a la porosidad del material este es poco reflectivo.



Ilus. 59. Tomado de: <http://media-cache-ak0.pinimg.com/736x/d5/6f/34/d56f342451c3384bd7b418ec64897bd3.jpg>

Absorción:

Para el acondicionamiento acústico interior la porosidad de este permite tener un coeficiente de absorción bastante alto en comparación del hormigón.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:

De 0.25 a 0.44 respectivo a distintas frecuencias

0.05 a 0.10 pintados.

APLICACIONES:

Edificaciones Residenciales, Públicas e Industriales

AMBIENTES EN LOS CUALES SE UTILIZA:

Ambientes residenciales, y algunas veces comerciales

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Los ladrillos comunes que son cocidos son más insonoros.

Los ladrillos huecos como el block constituyen un material de escaso peso y consecuente poco insonoro. Algunos modelos son incluso muy sonoros dependiendo de su peso. Pueden presentar puntos débiles pronunciados hacia ciertas frecuencias.

A menudo estos elementos son insonoros por su peso, por lo que la resistencia a la compresión está muy relacionada. Todos los bloques tienen mejores resultados con mortero especial que ayude a la absorción de las ondas

INSTALACIÓN:

Simple:

Colocación de blocks de canto o punta, de manera alternada o vertical.

MADERA

COMPOSICIÓN:

50% de carbono (C), 42% de oxígeno (O) 6% de hidrógeno (H) y 2% de nitrógeno (N), celulosa, resinas, ceras, grasas y otras sustancias.

Dependiendo de la necesidad esta puede ser caoba, roble, pino,

USO: Muros divisorios, revestimientos, techos, pisos, socalos, mobiliario, paneles perforados.



Ilus. 60. Tomado de: <http://media-cache-ec0.pinimg.com/736x/2d/c6/15/2dc61598e33be90fa8e07fe0609e5f87.jpg>

PROPIEDADES:

Aislamiento: Se puede utilizar para realizar tabiques que aíslen el sonido de un ambiente a otro. Al utilizarse en aglomerados de virutas ligadas al cemento o yeso esta aumenta su capacidad de absorción.

Reflexión: Dependiendo de la forma de la instalación, la madera puede ser reflejante de los sonidos medios-altos.

Absorción: La madera es buen absorbente de las frecuencias bajas. Si el grosor de la madera es delgada la absorción es mayor y puede neutralizarse mucho los bajos. Para lograr la absorción del material es necesario que esta esté separada del muro para que este actúe como resonador a cierta frecuencia y aumente su absorción

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:

APLICACIONES: Salas de concierto, de reunión o espacios en los que se necesita la amplificación del sonido.

AMBIENTES EN LOS CUALES SE UTILIZA:

Aplicados a la acústica: aulas, salones o salas de reunión, en las que se requiere que el sonido llegue a todos los espacios.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

La madera utilizada como revestimiento fijado a una pared con una cámara de aire intermedia, refleja los sonidos medios-altos, pero absorbe razonablemente bien los bajos. El revestimiento de madera en un ambiente puede utilizarse para equilibrar

los ecos en una sala. El rango de absorción de la madera se determina por el peso de la tabla y la dimensión de la cámara de aire detrás de la tabla. Si el espacio interior es relleno con un material poroso y absorbente (lana mineral) la absorción del sonido es más eficiente.

Una de las ventajas de la madera es que esta es fácil de moldear por lo que facilita la colocación de las piezas estratégicamente en una sala para reflejar el sonido tanto a los oyentes sino a los intérpretes del sonido.³⁵

INSTALACIÓN:

Pegado a los muros con un grosor de la madera considerable provoca reflexiones tempranas y funciona como un amplificador.

En piso, y techos para amplificación de sonidos y como absorbente de las bajas frecuencias, facilita la comunicación entre personas. Entre otras propiedades es térmica por lo que evita pérdidas bruscas de calor.

En muros separados a una distancia "x" dependiendo de la frecuencia y con la ayuda de lanas minerales o fibras se logra una absorción eficiente.

Paneles perforados, como vimos en el capítulo anterior los paneles colocados a una separación del muro y con una distancia regular entre las perforaciones facilita la absorción del sonido en una sala y son estéticamente aprovechables.

VIDRIO

COMPOSICIÓN:

El vidrio se obtiene a unos 1 500 °C a partir de arena de sílice (SiO_2), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y caliza (CaCO_3).

PROPIEDADES:

Absorción:

El vidrio es un material no poroso y rígido por lo que el coeficiente de absorción es demasiado bajo, dependiendo de la manera en la que se use y los materiales que



Ilus. 61. Tomado de: <http://media-cache-ec0.pinimg.com/736x/cd/80/c9/cd80c9edbf49ce7391d10d5d496f54ad.jpg>

³⁵ La madera en la acústica. Consultado el: 17-10-2014. Disponible en: http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2329_10040.pdf?PHPSESSID=43dd551f9a30e3f08b2cef9033ea3ece

auxilien a este para la absorción. Cuando se da un nivel de absorción es debido al espesor del vidrio y este vibra en una velocidad de onda diferente a la onda sonora emitida por lo que permite una pérdida porcentual del sonido.

Reflexión:

Debido a la composición y por ser un material en nada poroso este presenta una excelente capacidad de reflexión del sonido dentro de un ambiente.

Aislamiento:

Por su composición y dependiendo la forma de instalación con la ayuda de distintos materiales el vidrio es un buen aislante del sonido.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:

La absorción del material cuando este es de un grosor considerable puede ser desde un 0.18 en Frecuencia de 125 hasta 0.02 en frecuencias de hasta 4000Hz

Por lo anterior el vidrio absorbe únicamente en frecuencias bajas de 125 y en un ligero porcentaje.

AMBIENTES EN LOS CUALES SE UTILIZA:

Residenciales, comerciales, de uso público. En el que se requiera una iluminación y ventilación adecuada.

Cuando hablamos de estudios de sonido, auditorium, salas de cine; se requiere una absorción y aislamiento adecuado y no se convierte indispensable la luz natural y ventilación. El vidrio puede ser un material que produzca vibraciones y permita que las emisiones de sonido a determinadas frecuencias provoque ruido dentro del ambiente por ello el vidrio no debe utilizarse en este tipo de ambientes.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Como explicamos en el capítulo anterior el vidrio puede ser utilizado a conveniencia para aislar el sonido.

La capacidad acústica se determina por el tipo de ambiente y función, en ambientes en los que se requiere una visual de lo que se realiza como en comercios o en los que se requiere el paso de la luz natural como oficinas, residencias y otros puede ser utilizado como un aislante del sonido con una instalación adecuada.

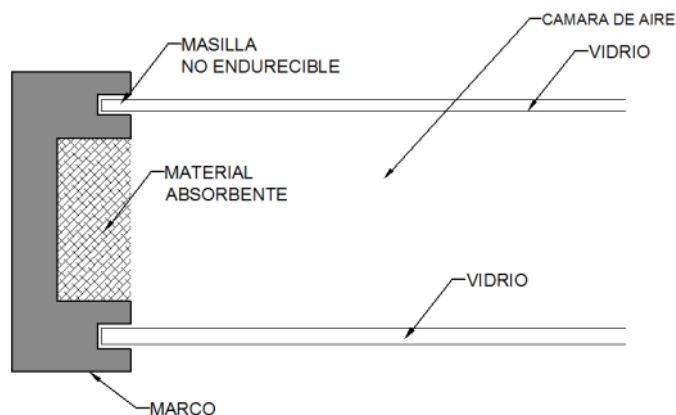
Dependiendo del grosor del vidrio cada plancha de material tiene una frecuencia crítica ante la cual vibra mucho más fácilmente. A esta frecuencia el ruido se transmite mucho mejor. La hoja sufre a nivel de aislamiento acústico una pérdida de 10 a 15 decibelios.

Para una plancha de 4mm de espesor la frecuencia. Aumentando el espesor del vidrio la pérdida de prestaciones debida a la frecuencia crítica se desplaza hacia las bajas frecuencias.³⁶

INSTALACIÓN:

Para el adecuado aislamiento sonoro de una ventana debe tomarse en cuenta tanto el grosor de los vidrios como el marco estructural del mismo.

- Utilizar vidrios de distintos grosores para que las vibraciones transmitidos por uno se encuentren con un vidrio con una frecuencia crítica hacia distinta frecuencia y este no pase al ambiente. A mayor espesor, mayor atenuación.
- Una cámara de aire dentro de los vidrios hermetizada permite que el aire funcione como un aislante y el sonido no pase
- Auxiliarse de materiales absorbentes entre la cámara de aire para absorber un porcentaje del sonido y no pase al ambiente.
- Sellar los marcos y estructura del vidrio para que no pase el sonido a través de fugas.



³⁶ Propiedades y Funciones del vidrio, el vidrio y el aislamiento acústico. Consultado el 20-10-2014. Disponible en: [http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20acustico\(1\).pdf](http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20acustico(1).pdf)

LADRILLO

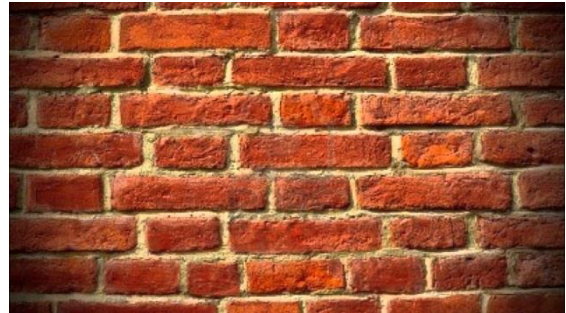
COMPOSICIÓN:

Bloques fabricados con arcilla llevados a un proceso de cocción a temperaturas de 350°

PROPIEDADES:

Aislamiento:

Por ser naturalmente fuerte y denso ayuda a bloquear el sonido y evitar que pase de un ambiente a otro, mientras más denso sea mayor es el aislamiento.



<http://i.ytimg.com/vi/ZTXh1KuYeC8/maxresdefault.jpg>

Absorción:

El material es un material que refleja los sonidos por lo que el coeficiente de absorción es casi despreciable y no puede usarse para acondicionamiento interno acústico, es uno de los materiales que provocan eco.

AMBIENTES EN LOS CUALES SE UTILIZA:

Viviendas, Estudios de grabación, oficinas.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

El ladrillo es un material altamente aislante por lo que es más usado en los estudios de grabación para reducir los sonidos del exterior al interior, por su falta de absorción este necesitará ser apoyado por materiales absorbentes en el interior para evitar las resonancias y ecos.

INSTALACIÓN:

Simple:

Colocación de ladrillos de canto o punta, de manera alternada o vertical.

MATERIALES ACÚSTICOS

FIBRA DE VIDRIO

COMPOSICIÓN:

Fibra de vidrio recubierta con tela acústica.

PROPIEDADES:

Absorción:

El material está diseñado exclusivamente para la reducción del tiempo de reverberación en los ambientes, por lo que los componentes son exclusivos para la absorción y reducir los niveles de ruido.

Reflexión:

Tiene una ligera capacidad de reflexión por lo que convierte las reflexiones demasiado fuertes en suaves reflexiones.

Aislamiento:

Si esta se utiliza como un material acompañante de otro elemento como puertas o relleno interno de muros permiten el aislamiento del ambiente evitando el paso del sonido a otros ambientes.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:

Dependiendo del grosor del mismo este tiene un coeficiente de absorción mayor:



Ilus. 62 Tomado de: <http://www.comaudi-industrial.com/>

Cuadro. 9
Coeficientes de absorción fibra de vidrio

Modelos	Medidas	125	250	500	1000	2000
QFA-1	1 pulgada	0.12	0.47	0.85	0.84	0.64
QFA-2	1 pulgada	0.04	0.46	0.86	0.81	0.59
QFA-4	1 pulgada	0.17	0.30	0.83	0.82	0.59
QFA-7	2 pulgadas	0.07	0.27	0.96	1.13	1.08
QFA-10	2 pulgadas	0.19	0.99	0.96	0.80	0.57
QFA-14	4 pulgadas	0.21	0.89	1.09	1.17	1.13

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Talleres, estudios, salones de clases y otros.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

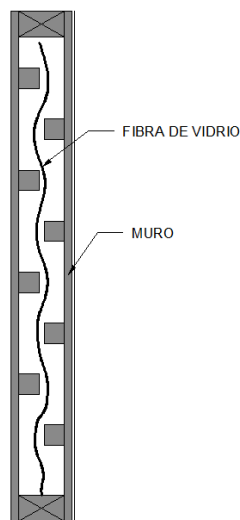
Las mantas de fibra de vidrio acústico de alto rendimiento se utilizan para reducir la reverberación (reflejados) de energía de ruido en el son seguros de incendio, presentan baja emisión de humo y poseen alta resistencia mecánica. Tienen una amplia gama de límites temperatura, se puede limpiar y es resistente a la humedad, el polvo, la suciedad y la grasa la mayoría de los productos químicos.

INSTALACIÓN:

Algunos de estos productos ya contienen los elementos para su instalación, en el caso de esta fibra poseen en la parte superior agujeros para anclar a la pared ya sea clavado o amarrado. No es necesario pegar directamente a la superficie solamente asegurado a este.

Esta fibra puede ser utilizada como un recubrimiento e incluso decoración en algunos ambientes y debido a que el peso es relativamente bajo es más fácil su instalación.

Pueden ser instalados dentro de muros o tabiques divisorios en los que se requiera evitar el paso del sonido.³⁷



Ilus. 63. Fibra de vidrio

³⁷ Fibra de Vidrio, Materiales Acústicos, consultado: 30/11/2014 Disponible en: <http://www.comaudi-industrial.com/>

ESPUMA ACÚSTICA

COMPOSICIÓN:

Aluminio no adhesivo, poliuretano flexible conformado de poros abiertos.

PROPIEDADES:

Absorción:

El material de poliuretano flexible de poros abiertos que permiten la absorción del sonido.



Ilus. 63. Tomado de: <http://media-cache-ak0.pinimg.com/736x/cf/54/24/cf5424bcb8cb403eb8356b2c614b66c5.jpg> mercado libre

Reflexión y Absorción:

Algunas de las espumas acústicas tienen como un complemento de aluminio en la parte posterior que permite reflejar los sonidos y permitir que ellos no pasen a otros ambientes

Aislamiento:

Estas piezas de espuma son adecuadas para absorber no solo los sonidos que se emiten dentro del ambiente sino para absorber los sonidos del exterior por lo que tiene una función aislante.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:

Material	125	250	500	1000	2000	4000
Espuma Acústica	0.12	0.47	0.85	0.84	0.64	0.62

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Estudios de grabación, dormitorios, auditorium y otros.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Las espumas acústicas están conformados por un material poroso absorbente y una lámina reforzada que permite el reflejo del sonido y también la protección de la humedad.

Es importante conocer las medidas que traen estandarizadas para tomar en cuenta el área de las mismas y realizar los cálculos del tiempo de reverberación exactos. Regularmente estos vienen en rollos de 1 metro * 15 m en rollos o de 1.37 * 15.24 m.

INSTALACIÓN:

- Esta se instala como un recubrimiento de muros en los que se requiere una insonorización, esta se corta en piezas de acuerdo al área que se requiera cubrir con el material utilizando equipo de seguridad.
- Se adhiere la espuma al cartón o paneles con un tubetak o Foamtak que es un pegamento especial para la espuma, este se aplica en toda la parte posterior de la espuma esto evita que posteriormente se encorve.
- Dejar secar el pegamento un par de horas antes de colocar las piezas ensambladas sobre la pared.
- De ser necesario utilizar tachuelas para clavar las piezas ensambladas sobre la pared únicamente por los bordes para asegurar las piezas y para facilitar un desprendimiento si esto lo requiere.
- Probar la insonoridad de la habitación.³⁸

PLANCHAS DE PLOMO

COMPOSICIÓN:

Óxidos de plomo, el tetraetilo de plomo y los silicatos de plomo y aleación con algunos metales como antimonio, Estaño, arsénico, hierro, bismuto, zinc, cobre, plata y telurio.

PROPIEDADES:

Aislamiento:

La plancha de plomo reúne las características necesarias para ser un excelente aislante acústico: alta densidad, baja rigidez y total estanqueidad y homogeneidad.

Particularmente, en el caso del plomo, la denominada frecuencia de coincidencia se sitúa por encima del intervalo de frecuencias normales y por tanto mantiene sus propiedades de atenuación acústica.

El plomo es el mejor aislante de todos ya que aísla del sonido y de las vibraciones.



Ilus. 64. Tomado de: <http://www.pbamat.com/insonorizacion-planchas->

³⁸ Espuma acústica, consultado: 30/11/2014. Disponible <http://www.comaudi-industrial.com/producto/espuma-acustica-ytrl-1000/>

Últimamente se ha prohibido el uso del material debido al daño potencial a la salud de las personas.

Absorción:

La absorción del material es extremadamente bajo.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Especialmente utilizada en: establecimientos hoteleros y locales de ocio, edificios de oficinas. En la industria se utiliza para aislar salas de máquinas o motores.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Impermeabilización

La plancha de plomo es un material extremadamente útil para la construcción de elementos de protección e impermeabilización, especialmente cuando es necesario acoplarlos a estructuras existentes ya que entonces se aprovecha al máximo la maleabilidad del material.

Actualmente se utiliza para la impermeabilización de fachadas y cubiertas.

Insonorización

El plomo debido a su densidad y falta de rigidez es una barrera contra la transmisión del sonido mucho más eficaz que cualquier otro tipo de plancha utilizada en construcción. Es un excelente aislamiento acústico especialmente en bajas frecuencias.³⁹

INSTALACIÓN:

- Se debe limitar el tamaño de las piezas estas deben ser más pequeñas cuanto menor sea su espesor, de modo que la dilatación y contracción naturales sean mínimas, evitando por tanto el riesgo de distorsiones importantes y el consiguiente peligro de agrietamiento por fatiga.
- Las juntas y las fijaciones deben estar concebidas de modo que permitan las variaciones dimensionales debidas a los cambios de temperatura sin provocar deformaciones importantes, ni riesgo de rotura por fatiga. Hay que tener en cuenta que las variaciones totales de temperatura en una cubierta pueden ser de hasta 100°C, lo que supone una variación de unos 3 mm por metro.

³⁹ Planchas de Plomo (consultado el 30/01/2015) Disponible en: <http://www.pbamat.com/planchas-plomo-insonorizacion.html>

- Cualquier material de construcción sirve como sustrato para recubrir con planchas de plomo, siempre que ofrezca una superficie lisa continua, sea lo suficientemente consistente para sostener los puntos de fijación permanente, y aguantar el peso del plomo. Es importante que el material de base sea duradero, ya que el recubrimiento también lo es.

Compatibilidad del plomo con otros materiales

- a. Cemento: Ciertos cementos de tipo "Portland" pueden desprender, al colocarlos, productos básicos, causa esencial de una corrosión lenta del plomo en presencia de humedad; por tanto es recomendable interponer un aislante entre el plomo y el cemento.
- b. Madera: Se debe evitar el contacto directo del plomo con ciertas maderas duras (roble, castaño, teca...), particularmente en medio húmedo, a causa del ácido fórmico y acético que contienen estas maderas; por lo tanto es necesario interponer un aislante entre el plomo y la madera, facilitar la ventilación debajo del plomo y utilizar preferentemente maderas blandas (pino) que actúan poco o nada sobre el plomo.
- c. Yeso: En principio el yeso no ataca al plomo, sin embargo, se aconseja interponer un aislante, particularmente cuando el yeso está todavía fresco.
- d. Otros metales: El plomo, en contacto con otros metales y en medio húmedo, es raramente atacado por efecto del par galvánico. De todos modos se debe evitar el contacto directo del plomo con otros metales menos nobles, sobre todo si éstos son en forma de piezas relativamente pequeñas en relación con las de plomo. La diferencia de potencial electroquímico podría, en este caso, favorecer un ataque más rápido de metales como el aluminio, zinc y acero.⁴⁰

⁴⁰ ROCÍO ARAMBURU MAQUA Leda, en Ciencias Físicas Centro de Información de la Asociación Nacional del Plomo. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es>. Consultado el 30/01/2015

VINIL ACÚSTICO

COMPOSICIÓN:

Vinilo de alta densidad o acústico. Es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano



Ilus. 65. Tomado de: <http://sonoflex.com/fonac/wp-content/uploads/2010/08/barrier1.jpg>

PROPIEDADES:

Aislante:

Por su densidad posee un elevado índice de aislación sonora para un amplio rango de frecuencias, por ser un material compacto y de gran masa. Evita el paso de sonido de un ambiente a otro.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

La construcción de tabiquería divisoria entre locales, sea construida en placa de yeso, ladrillo hueco, tableros de madera o de metal, en general carece de la aislación acústica necesaria. Puede ser aplicada en, oficinas, sala de conferencias, tiendas, y ambientes en los que existen bastantes personas simultáneamente.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Su estructura de espuma ayuda a reducir la resonancia acústica
Aísla el sonido en un ambiente impidiendo el paso a otro ambiente. ($\alpha_w = 0,15$)⁴¹

INSTALACIÓN:

- Regularmente el vinilo acústico viene en rollos los cuales debe ser cortado de acuerdo al alto del muro si se desea revestir o para rellenar, este es muy fácil de cortar ya que se utiliza una cuchilla o cutter normal.
- Marcar las piezas de acuerdo al muro o a la pieza que se unirá, si este tiene textura debe hacerse coincidir las texturas para que no se note un cambio drástico en uniones, de acuerdo al tipo de superficie en el que se vaya a adherir existen productos prefabricados para la instalación, solo se debe evaluar la absorción que tenga el muro, esto lo indicará el proveedor.
- Se aplica el adhesivo con un rodillo, posterior a ello se le hacen canaletas con ayuda de un rastrillo, similar al pegamento para el piso.

⁴¹ Vinilo Acústico, Disponible en: <http://sonoflex.com/fonac/fonac-barrier/> (consultado 30/01/2015)

- Se pegan las tiras de vinilo verificando que las uniones entre tiras coinciden exactamente para que no se noten las uniones y en las esquinas de muros hacer presión con la ayuda de una espátula para que este quede pegado completamente a la esquina.⁴²

VIRUTA PRENSADA

COMPOSICIÓN:

Las placas de viruta de madera son principalmente fabricados con elementos naturales como la madera, ya sea abeto, o magnesita y son prensadas y unificadas con algún aglomerante como cemento portland.

PROPIEDADES:

Absorción:

Por la separación de las virutas de madera entre ellas se crean espacios y por lo tanto se convierten en absorbentes. Estos pueden llegar a tener un coeficiente de absorción de 0.95 alcanzado en las frecuencias medias.

Aislantes:

Por la composición la madera es un material aislante y los aglomerados contenidos no solo permite el aislamiento del ruido sino también térmico.

Resistencia al fuego.⁴³

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Centros Comerciales, bodegas, oficinas, salones de clases, sótanos y gimnasios.



Ilus. 66. Tomado de: http://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/photo/image/4737/large_1328673504-gama-colores-fr.jpg

⁴² Instalación Vinilo Acústico. Disponible en: <http://vimeo.com/texdecor> - <http://vimeo.com/86701894> (consultado 30/01/2015)

⁴³ Composición Viruta Prensada. Disponible en: <http://cemat.es/wp-content/uploads/2014/01/tarifa-panel-de-viruta-celenit.pdf> (consultado 02/02/2015)

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por la capacidad de absorción estos elementos pueden utilizarse en los que el sonido a una frecuencia mayor de 150KHz y menor a los 6000KHz es decir frecuencias medias.

Regularmente se utilizan como cielos falsos suspendidos que ayudan a la reducción del ruido dentro de los ambientes o para disminuir la reverberación en ellos y permitir escuchar de manera más clara los sonidos.

En Guatemala es común utilizarlo en lugares en los que exista aglomeración de personas, como oficinas públicas o restaurantes y las personas se mantienen en constante emisión de sonidos y se requiere evitar que el sonido se esparza fácilmente.

INSTALACIÓN:

Se utilizan como sistema de cielo, islas flotantes y sistemas de revestimiento.

En techos: Se instala sobre 2m de altura en ambientes interiores sobre una estructura metálica de perfiles galvanizados.

En revestimientos: Se adhieren a las superficies por medio de marcos metálicos.

Estas piezas de acuerdo al proveedor vienen en distintos colores para su uso tanto acústico como estético.

Es posible instalarlas en el exterior, pero en zonas cubiertas y no expuestas a la intemperie como la lluvia o contaminación ya que por sus componentes naturales puede darse el crecimiento de zetas o facilitar la putrefacción del mismo.⁴⁴



Ilus. 67 Tomado de: http://neufert-cdn.archdaily.net/uploads/photo/image/4738/large_1328674134-cielo-con-perfiles-cd.jpg

⁴⁴ Instalación de Viruta prensada. Disponible en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/407/placa-de-viruta-de-madera-heradesign-knauf#> (consultado el 02/02/2015)

LANA DE ROCA

COMPOSICIÓN:

La lana roca, es perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica

PROPIEDADES:

Aislamiento:

Por la composición del material disminuye la velocidad del sonido dentro de la lana roca, por lo tanto evita el paso de sonido de un ambiente a otro

Absorción:

Las fibras de la lana crean una textura con espacios de aire dentro por lo que absorbe el sonido y reduce el eco y reverberación de las salas.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Se utiliza para rellenar cámaras de aire, como amortiguador de vibraciones en estructuras, para fabricación de puertas y ventanas, entrepisos, cubiertas y forjados, ductería y otros.

Puede utilizarse en cualquier tipo de ambiente.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por su capacidad alta de aislamiento se utiliza mayormente para relleno en cámaras de aire para evitar el paso del sonido de un ambiente a otro.

Debido a su estructura multidireccional y elástica, la lana de roca frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora, empleándose también como acondicionador acústico para evitar reverberaciones y ecos excesivos.⁴⁵

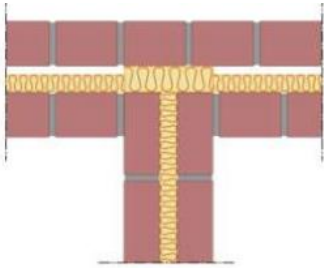


*Ilus. 68 Tomado de:
<http://www.lacasadelaconstruccion.es/imagen-materiales-construccion/instalacion-aislamientos/manta-roca-070102007.jpg>*

⁴⁵ Capacidad acústica Lana de roca. Disponible en: http://cth.gva.es/comunes_esp/documentos/agenda/Cas/72898-2011-05_PPT_JORNADA%20CTL%20ACUSTICA.pdf Consultado el 02/02/2015

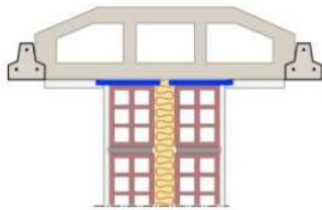
INSTALACIÓN:

Dependiendo del elemento en el que se desee utilizar:



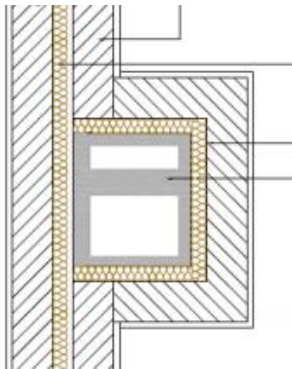
Cámaras de aire: (Ilus. 69)

Instalar como relleno entre mampostería colocando un mayor grosor en las uniones entre muros para asegurarse que el sonido no atravesará de forma longitudinal.



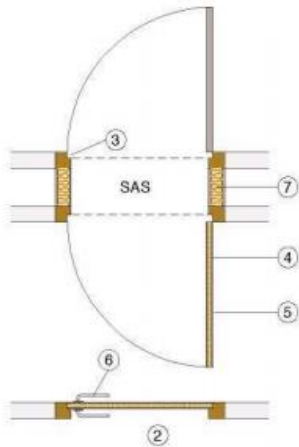
Disminuir ruido por impacto o vibraciones en estructuras: (Ilus. 70)

Colocando el material dentro de la estructura en un punto en el que no afecte la tensión o compresión del elemento portante.



En Ductos: (Ilus. 71)

Los ductos que contienen instalaciones ruidosas pueden ser revestidas con lana de roca y los muros que la adosan para evitar que el sonido de las mismas llegue al ambiente y sea molesto.



En puertas y ventanas: (Ilus. 72)

Utilizar el material como relleno en puertas, ventanas y marcos para sellar y evitar el paso de sonido externo y viceversa. Esto es ideal para los ambientes como estudios de grabación.⁴⁶

LANA DE POLIESTER

COMPOSICIÓN:

Tejido termo-ligado voluminoso a base de fibras de poliéster de densidad variable.



Ilus. 74. Tomado de: www.easily.cl

PROPIEDADES:

Aislante:

Es un material muy bueno para aislar los ruidos provenientes de vibraciones y reduce los ruidos de impacto, mayormente a una frecuencia media, entre 2000K a 4000K. ⁴⁷

Absorción:

Por la composición del material y su porosidad se convierte en un buen absorbente y puede utilizarse como acondicionador acústico

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Se utiliza en ambientes en los que se quiere reducir el ruido y mayormente de impacto causado por las vibraciones. Usado como relleno de cámaras, aislante de entresijos, puertas y tabiques.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por la estructura porosa y abierta crea una gran resistencia al paso del aire por lo que evita la transmisión de sonido de un ambiente a otro

El coeficiente de absorción viene siendo de 0.50 en frecuencias bajas 0.70 en medias y 0.80 en las más altas, por lo que son útiles para acondicionar ambientes a una frecuencia media-baja. ⁴⁸

INSTALACIÓN:

Estas pueden instalarse de distintas maneras:

1. Como relleno en cámaras de aire en tabiques o muros de mampostería.
2. Como relleno en puertas para aislar sonido
3. Como paneles suspendidos en techos para acondicionamiento.
4. Como revestimiento para lograr absorción en frecuencias altas y acondicionar el ambiente a frecuencias medio-bajas.

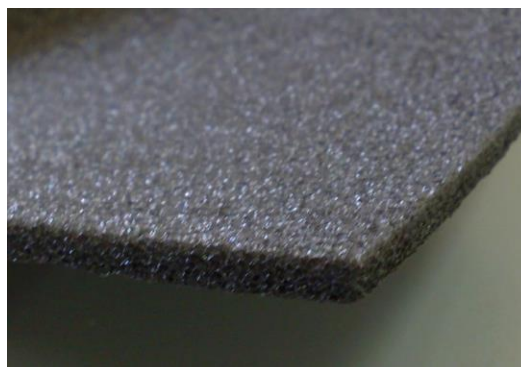
⁴⁷ Acústica integral: Disponible en: <http://www.acusticaintegral.com/acustisol30.htm>

⁴⁸ Soluciones de Aislamiento Acústico, materiales andimat. Lana de poliéster: Disponible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf> (Consultado el 02/02/2015)

ESPUMA DE POLIETILENO

COMPOSICIÓN:

Está formada por cadenas lineales de polietileno que están unidas entre sí por fuertes enlaces químicos creando una estructura en forma de red tridimensional (reticulación) Puede estar disponible en rollos y también en bloques. Con diferentes propiedades, densidades, colores y presentaciones.



Ilus. 75. Tomado de: http://1.bp.blogspot.com/-E64iNaP3glE/UeXBjB_h3hl/AAAAAAAAAD74/1IJJoKmbb1E/s1600/espuma-polietileno.jpg

PROPIEDADES:

Aislamiento:

La propiedad más fuerte de este material es el aislamiento, tanto acústico como térmico, utilizado en juntas, elementos anti vibratorios, cámaras de aire, entrepisos y otros.⁴⁹

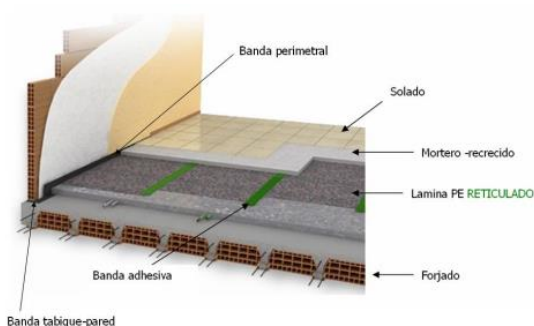
AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Este puede utilizarse en cualquier ambiente en el que se requiera aislamiento acústico. Tal como industrias, residencias, comercios y oficinas.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por su propiedad aislante esta reduce el ruido de impacto y las vibraciones transmitidas en el aire a través de los elementos.

INSTALACIÓN: (ILUS 76.)



Este se utiliza en suelos flotantes o entrepisos para evitar el paso del sonido, principalmente el taconeo, esta se instala intercalando la espuma entre el topping de concreto y el mortero para el pegado del piso.⁵⁰

⁴⁹ Espumas técnicas, FOAMLAND, S.L. Disponible en: <http://www.foamland.es/polietileno-reticulado-quimico>

⁵⁰ Soluciones de Aislamiento Acústico, materiales andimat. Lana de poliéster: Disponible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf> (Consultado el 02/02/2015)

ESPUMA ELASTOMÉRICA

COMPOSICIÓN:

La espuma elastomérica se fabrica a base de caucho sintético flexible, tiene una estructura celular cerrada y con un elevado factor de resistencia a la difusión de vapor de agua.⁵¹



PROPIEDADES:

Aislante:

Es un material aislante, regularmente utilizado para insonorizar los ruidos provenientes de las instalaciones. Es capaz de insonorizar 25dB.

Ilus. 77. Tomado de: <http://www.hynempaquetaduras.com/productos/aumentada/nuevas/ARMAFLEX-XG.jpg>

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Este material es usado mayormente para la insonorización del ruido de instalaciones, como recubrimiento de tuberías de PVC o galvanizadas, siendo estos también aislante térmico y muy buen conductor eléctrico.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por la composición de caucho sintético este reduce el ruido de impacto que puede darse dentro de las tuberías por un constante flujo en ellas provocando movimiento y ruidos en ductos.

INSTALACIÓN:



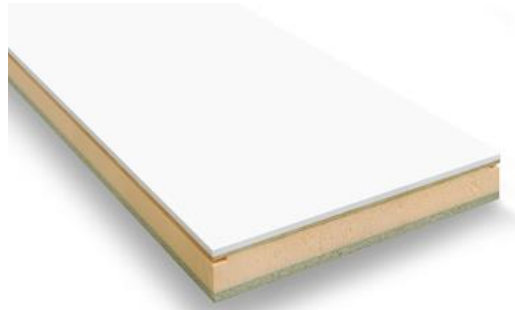
Esta viene disponible en rollos o en forma cilíndrica para introducir las tuberías o para recubrir un espacio, como cisternas, tanques de agua, o cajas eléctricas. Este material es elástico por lo que se adapta a la forma de la tubería, y si esta se requiriera puede ser usado como revestimiento utilizando un adhesivo que generalmente lo proporciona la empresa vendedora.

⁵¹Espuma Elastomérica. Composición, Disponible en: http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Espuma_elastomeric.pdf (consultado el 03/02/2015)

PLACA DE YESO LAMINADO

COMPOSICIÓN:

Consiste en una placa de yeso laminado entre dos capas de cartón, por lo que sus componentes son generalmente yeso y celulosa aprovechándose de la buena resistencia a la compresión del yeso con la buena resistencia a la flexión que le da la unión de cartón.



Las placas, consisten en un alma de yeso de origen natural embutida e íntimamente ligada a dos láminas superficiales de celulosa multihoja. Para su fabricación, se admite la utilización de distintos aditivos (reguladores de fraguado, espumógenos, endurecedores, etc.) y agregados (fibras minerales, vegetales, etc.), con el fin de facilitar su proceso de fabricación o para conseguir placas con determinadas propiedades mejoradas.

Ilus. 78. Tomado de: http://www.metazinco.com/images/uploads/producto/imagen/24/panel_4_capas_yeso-grande.jpg?1256039605

PROPIEDADES:

Aislante:

Las placas de yeso laminado poseen una buena capacidad de aislamiento acústico dependiendo de si la instalación de la misma es doble o simple, dependiendo de las necesidades acústicas

Absorción:

Las placas de yeso pueden tener un coeficiente de absorción acústica que va desde 0.10 hasta 0.30, siendo este más eficiente para absorción de frecuencias bajas.⁵²

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Este se utiliza en lugares en los que se requieran divisiones flexibles y se pueda desmontar fácilmente, como muros divisorios. Siendo las edificaciones en las que mayormente se utilizan, Viviendas, hospitales, administrativos, docentes, residenciales, comerciales y de aparcamiento.

También son utilizados para cielo falso o paneles colgantes. Por su textura estos son estéticos y pueden decorarse fácilmente.

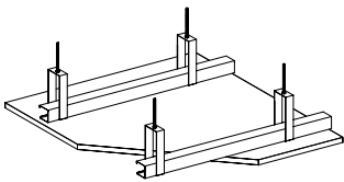
⁵² Coeficiente de absorción, placa de Yeso. Disponible en: [http://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/inst_electricas/Tablas de Absorcion Univ. Valencia.pdf](http://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/inst_electricas/Tablas_de_Absorcion_Univ_Valencia.pdf) (consultado el 03/02/2015)

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por su capacidad alta de aislamiento esta puede ser utilizada con rellenos para reforzar la insonorización de sonidos exteriores.

Al ser un material absorbente mayormente para bajas frecuencias, se considera utilizar este material para acondicionar ambientes a una frecuencia media o alta.

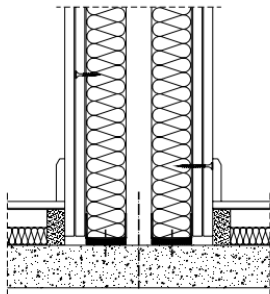
INSTALACIÓN: (ILUS 79,80,81)



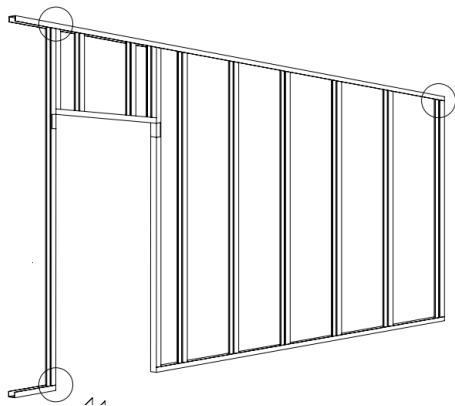
Las placas de yeso tienden a variar en el tamaño según sea la empresa fabricante, pueden variar de:

Longitud: (Distancia más corta entre los bordes transversales de las placas): Variable.

Anchura: (Distancia mas corta entre los bordes longitudinales de las placas): Los valores nominales usuales son: 600; 625; 800; 900; 1.200 y 1.250 mm.



Espesor: (Distancia entre cara y dorso excluyendo los perfiles del borde longitudinal): Los espesores nominales más usuales son: 6; 6.5; 9.5; 12.5 y 15 mm. 18 y 19 mm, no admitiéndose espesores inferiores a 6,0 mm.



Las placas se instalan adaptándose al tamaño que este tenga fijándose con perfiles de aluminio y la ayuda de fijadores como pernos o tornillos y suspensores.⁵³

Para la instalación de los mismos el proveedor entregará el manual de instalación de los perfiles y accesorios necesarios. Es importante al momento de diseñar, considerar la modulación de las piezas para evitar faltantes o sobrantes al momento de la instalación.

LANA MINERAL

COMPOSICIÓN:

Es un material fibroso gris que se obtiene de rocas basálticas, balanceada químicamente con sílices y escoria. Los rollos de Lana Mineral consisten en una tira de 0.61 m. de ancho con un espesor de 3" a 4" y una longitud de 2 a 3 m.⁵⁴



Ilus. 82. Tomado de:
http://www.ratsa.com/i/lineas/4a36540c7dfb2_productosdelanamineral3vf.jp
pg

PROPIEDADES:

Aislamiento:

Dependiendo de las presentaciones esta puede utilizarse para rellenar muros, puertas, marcos de puertas y ventanas e incluso pisos flotantes o entrepisos ó para revestimiento de muros o instalaciones, reduciendo eficientemente el ruido y como barrera de sonido.

Absorción:

La lana mineral posee un coeficiente de absorción que va desde 0,6 hasta 0,60 de frecuencias bajas a altas, por lo que este material es eficiente para absorción de frecuencias altas, que van desde los 4000Hz hasta los 6000Hz

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

La lana mineral se puede obtener en distintas presentaciones, ya sea en lana suelta, mantas aislantes, placas, afelpados, rollos, cementos, cañuelas o cilindros por lo que puede ser utilizado como recubrimiento, relleno de cámaras de aire, aislamiento de tuberías y cementos.

Puede utilizarse en todo tipo de ambiente tanto como para acondicionar un ambiente con frecuencias bajas o medias, como para aislar muros divisorios.⁵⁵

⁵⁴ Lana mineral, RATSA, Disponible en: http://www.ratsa.com/i/c/pdf/4a360ad5d14f2_fichatecnicalanamineral650oc.pdf (consultado el 03/02/2015)

⁵⁵Lana mineral, Stone Wool, Disponible en: <http://www.calorcol.com/Productos/LanaMineraldeRoca/tabid/88/Default.aspx>

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Por la capacidad de absorción en frecuencias altas es ideal para acondicionamiento acústico y lograr ambientes con frecuencias medias-bajas.

INSTALACIÓN:

Lana estándar:

La presentación es como la lana normal y se utiliza como relleno en muros o tabiques.

Mantas, y Rollos:

Estos vienen en presentaciones con algunas variedades de color por lo que se pueden instalar como un revestimiento con la ayuda de morteros que se adhieran a la superficie.

Placas:

Las placas se utilizan regularmente como paneles colgantes en techo o revestimiento en muros para equilibrar la absorción, estas son instaladas con pernos o sujetadores colgantes.

Cañuelas o cilindros:

Para revestir ductos o tuberías, estas se adaptan al tamaño de la tubería y basta con fijarlas con algún pegamento.

Cemento aislante:

Este puede ser utilizado como acabado en muros y techos, la preparación de la misma dependerá del fabricante y necesidad propia.

Afelpados:

Pueden ser utilizados como paneles o rellenos, dependiendo de la necesidad de absorción o aislamiento que este requiera.

POLIESTIRENO EXPANDIDO

COMPOSICIÓN:

El poliestireno expandido normalmente se presenta en forma de panel el cual se obtiene a partir de gránulos de vidrio reciclado expandido y reforzado en ambas caras con recubrimientos de diferentes características, ligados con resina epoxi y endurecedor con

aditivos retardante de llama y un agente hidrófobo. Los materiales se conforman a alta presión y temperatura.



Ilus. 83 Tomado de:
http://www.knaufinsulation.es/sites/es.knaufinsulation.net/files/Images/Polyfoam_LJ_Gris.jpg

PROPIEDADES:

Rigidez:

La rigidez vuelve al material como un aislante acústico, en baja medida.

Absorción:

Por la composición rígida del material este no es apto para acondicionamiento acústico y para la absorción del sonido en grandes cantidades.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Puede ser utilizado en cualquier ambiente.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Se utiliza como aislamiento a ruido aéreo y de impacto de cualquier tipo de forjado o losa, como amortiguador en suelos flotantes y como desolidarizador en bandas resilientes bajo elementos verticales.

Mejora de aislamiento con trasdosados directos junto con la placa de yeso laminado y otras aplicaciones en paramentos verticales.⁵⁶

INSTALACIÓN:

En entresijos este material es colocado entre la losa fundida y la base para pegar el piso, esto sirve como amortiguador al ruido de impacto, regularmente producido por el taconeo.

⁵⁶ Propiedades del EPS como aislante sonoro. Disponible en:
[http://www.anape.es/EPS%20en%20los%20medios/Propiedades%20del%20EPS%20como%20aislante%20sonoro%20-Arte%20y%20Cemento%20\(abril%2011\).pdf](http://www.anape.es/EPS%20en%20los%20medios/Propiedades%20del%20EPS%20como%20aislante%20sonoro%20-Arte%20y%20Cemento%20(abril%2011).pdf) consultado el 03/02/2015

CORCHO

COMPOSICIÓN:

El corcho proviene de un tejido vegetal, siendo la corteza del alcornoque. Está compuesto por células poliédricas muy unidas entre sí, prácticamente vacías en su interior y muy impermeables.



Ilus. 84. Tomado de: <http://bricork.com/21-109-thickbox/corcho-industrial-en-rollo.jpg>

PROPIEDADES:

Aislante:

La función natural del corcho es proteger las partes vivas del árbol que lo genera. Su estructura alveolar (impidiendo circular el aire), el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos le permite cumplir su función de aislante de forma efectiva.⁵⁷

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Las planchas de corcho negro aglomerado, granulado o expandido, con un grosor mayor que el habitual, se emplean en obras de aislamiento. Como revestimiento o como un amortiguador de ruido de impacto.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Reduce el nivel de decibeles hasta 66dB en las frecuencias altas.⁵⁸ Es uno de los materiales que es resistente a la compresión por lo que se usa como aislante dentro de las estructuras para insonorizar las vibraciones.

⁵⁷ Corcho, Aislante eficaz. Disponible en: <http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2014/03/25/219573.php> (consultado el 11/02/2015)

⁵⁸ Tomado de: <http://www.barnacork.com/aislamientos/aislamientos-acusticos-del-corcho/aislamientos/aislamientos-ac%C3%BAsticos/rollos-de-corcho-170.html>

FRECUENCIA (HZ)	dB	FRECUENCIA (HZ)	dB
100	-1,8	800	34,4
125	2,1	1000	38,2
160	6,4	1250	42,1
200	10,3	1600	46,4
250	14,2	2000	50,3
315	18,2	2500	54,2
400	22,3	3150	58,2
500	26,2	4000	62,3
630	30,2	5000	66,2

INSTALACIÓN:

En paredes: Se puede utilizar como revestimiento o para colocar dentro de cámaras de aire.

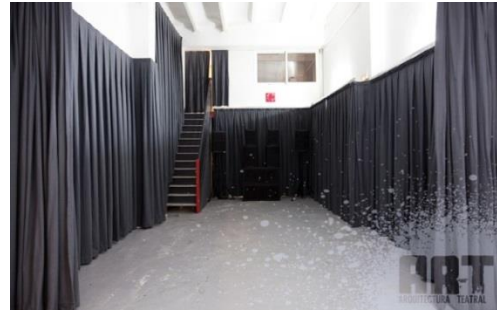
En suelos: Se instala de acuerdo con los requerimientos, ya sea para amortiguar el ruido de impacto en entresijos o puede usarse directamente como piso, algunos productos vienen como goma de corchos para colocar pavimentos y son fáciles de limpiar.

Multiuso: el corcho puede ser utilizado en pequeños bloques dentro de las estructuras para reducir el ruido por vibraciones.

TERCIOPELO (CORTINAS)

COMPOSICIÓN:

es un tipo de tela velluda en la cual los hilos se distribuyen muy uniformemente, con un pelo corto y denso, dándole una suave sensación muy distintiva. El terciopelo se puede hacer de cualquier fibra ya sea seda, lino, lana, algodón, acrílico, acetato, poliéster, viscosa y muchos otros



Ilus. 85. Tomado de:
http://www.showtex.es/wp-content/uploads/2012/04/alquiler_teatro.jpg

PROPIEDADES:

Aislamiento:

Bajo ciertas circunstancias pueden utilizarse para mejorar la pérdida de transmisión de sonido hacia afuera.

Absorción:

Al ser una tela porosa + la forma de colocación estas ondas formadas por el plisado puede ayudar a que el sonido se pierda entre ellas haciendo que sea un absorbente.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Estudios de grabación, salas, dormitorios, salones de clase, oficinas, teatros, cines.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

Se utiliza mayormente para el acondicionamiento acústico, ya que la forma de la tela ayuda a reducir el tiempo de reverberación y evita la resonancia dentro de los ambientes.

Por su facilidad de fabricación estas pueden ser amoldados de diferentes formas incluso para forrar paneles suspendidos, muros de teatros o cine e incluso muebles que contribuyen con la acústica del lugar.

INSTALACIÓN:

Las cortinas, estas vienen como tela plegada y se adapta a un sistema de rieles o tubos colgantes. Son fáciles de adaptar de acuerdo con lo necesario.⁵⁹

La tela: se utiliza para forrar paneles suspendidos o pueden ir tensadas con un espacio vacío entre pared y ellas para reducir el tiempo de reverberación en los ambientes.

⁵⁹ Terciopelo acústico. Disponible en: <http://www.masteringmansion.com/pro-audio/productos/acustica/mb-akustik/av32-terciopelo-acustico-de-3-capas/167/> (consultado el 11/02/2015)

ALFOMBRAS

COMPOSICIÓN:

Es un tejido confeccionado de un telar de lana, seda, fibra o hilo.

PROPIEDADES:

Aislante:

Por la composición de los materiales y dependiendo a donde sea adherida esta funciona mayormente como aislante que como absorbente.



Ilus. 86. Tomado de: hogartotal.imujer.com

Absorción:

El coeficiente de absorción oscila entre los 0.20 por lo que es un material absorbente dependiendo del tipo de fibra o nudo que tenga.

AMBIENTES EN LOS QUE SE UTILIZA:

Salas de Cine, viviendas, oficinas, hoteles.

CAPACIDAD ACÚSTICA Y EFECTOS:

La capacidad de aislamiento de las alfombras es indudablemente buena, ya que al ser utilizadas en entresijos reducen en un 90% el ruido de impacto que se da por el taconeo, movimiento de mobiliario u otro tipo de actividades.

La absorción de estas varía dependiendo el tipo de nudo que este lleve, hasta el largo de las cerdas que compongan los nudos. Mientras mas largo sea el nudo, mayor será la absorción porque el sonido se perderá entre la irregularidad de la misma.

INSTALACIÓN:

La instalación de las alfombras se hace solamente cortando la pieza que se necesita y colocándola directamente en el suelo, si se requiere revestir todo el ambiente se le colocan topes o aseguradores en las uniones entre piso y pared para evitar el deslizamiento de las mismas

Cuando las alfombras se adhieren a los muros si se requiere el uso de pegamentos especiales para que esta no se desprenda, al utilizar alfombras para esto se debe considerar el peso de las mismas para evitar que estas se desplomen fácilmente.



CAPÍTULO IV

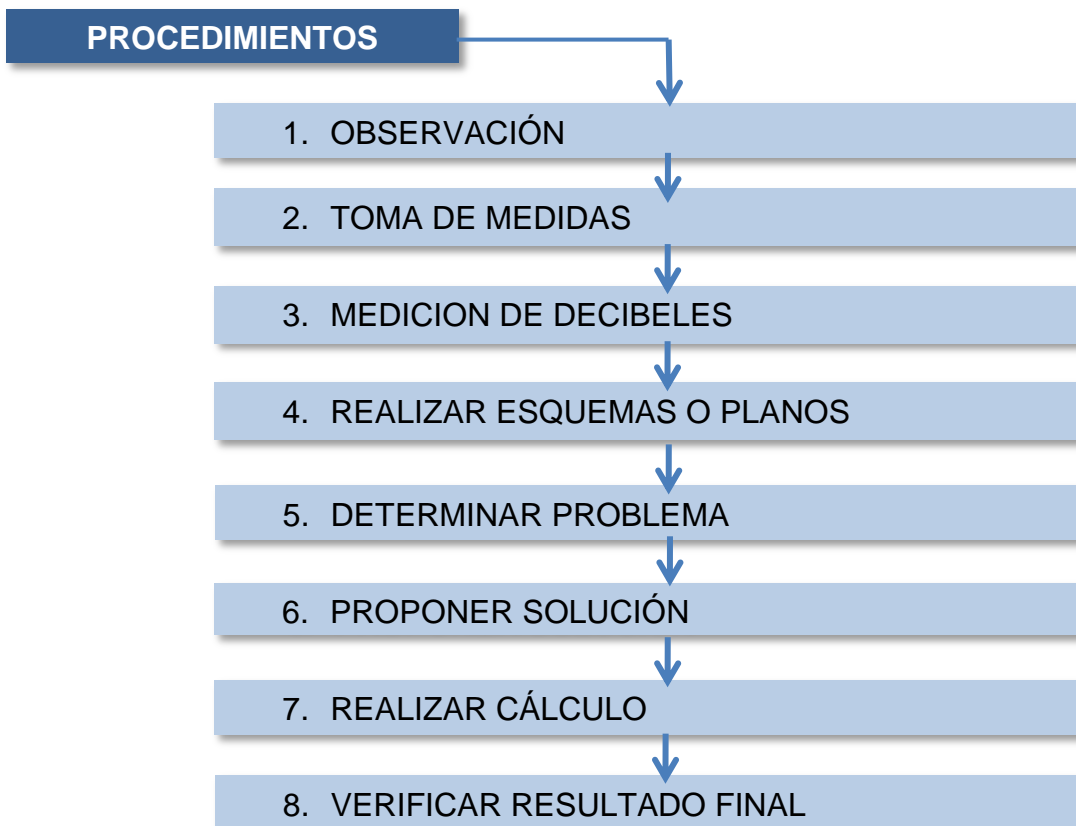
MANUAL PARA EL AISLAMIENTO Y
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN EDIFICACIONES
RESIDENCIALES, EDUCATIVAS, COMERCIALES.

MANUAL PARA EL AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Como anteriormente mencionamos para asegurarnos de un acondicionamiento acústico completo en el ambiente es necesario considerar desde el diseño y planificación lo que llamamos Diseño Acústico. En este documento presentamos los principios básicos para el uso de materiales acústicos para el acondicionamiento pero únicamente en ambientes ya existentes sin tomar en cuenta el diseño formal como procedimiento.

Para aplicar el acondicionamiento y aislamiento en un ambiente es necesario tener conocimiento del procedimiento que este conlleva y así elegir y utilizar adecuadamente los materiales en el ambiente, para ello presentamos una serie de pasos fundamentales para la aplicación del mismo y al mismo tiempo un ejemplo de análisis acústico de la biblioteca de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos.

AISLAMIENTO ACÚSTICO



1. OBSERVACIÓN

Observar minuciosamente el ambiente, usando como apoyo toma de notas, fotografías, y realización de bocetos.

Aspectos a observar:

Tipo de sistema Constructivo:

Observar el sistema constructivo en muros, losas, ventanas, puertas, pisos o entrepisos.

Materiales de Construcción:

Tomar nota y observar los materiales de construcción de muros, losas, puertas, ventanas, pisos y entrepisos y el estado de los mismos, si están o no dañados y si se contara con la información cual fue la composición de los mismos.

Proveniencia de ruidos:

Observar las fuentes de ruido, si son por impacto, aéreas o de algún otro tipo, ya que de este depende la posible solución.

EJEMPLO:

BIBLIOTECA FARUSAC.

OBSERVACIÓN:

Tipo de Sistema Constructivo:

Mampostería con ladrillo + Vidrio simple + losa de concreto reforzado nervada + piso de granito.

Materiales de Construcción:

Ladrillo tamaño estándar, Concreto reforzado, Tabla Yeso, Cerámico, Vidrio Simple.



Proveniencia de ruidos:

Muro 1: lado orientado ingeniería, alarma de carros, ruido de instalaciones.

Muro 2: parte del interior del edificio, voces de personas en pasillos transitados

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

REGISTRO FOTOGRÁFICO:



TECHO BIBLIOTECA



ÁREA DE MESAS



TECHO BIBLIOTECA



VENTANAS/INSTALACIONES



ÁREA DE LIBROS

VENTANAS/INSTALACIONES



ÁREA DE LIBROS-VENTANA

2. TOMA DE MEDIDAS

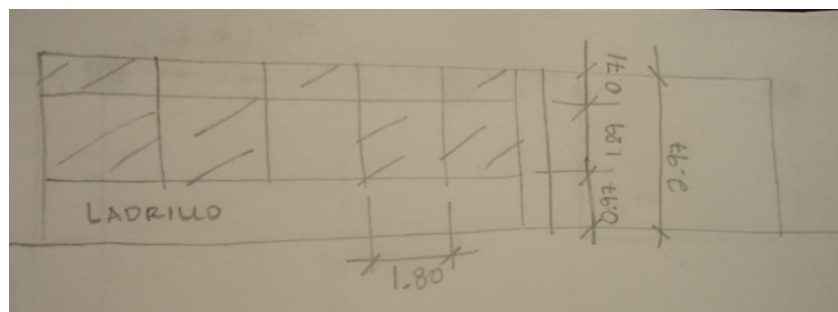
Tomar medidas del ambiente de los distintos materiales del que está construido el lugar.

Áreas: (alto y ancho) De muros, puertas, ventanas, piso y cielo, todos los elementos que sean cerramientos y se vean afectados por los sonidos.

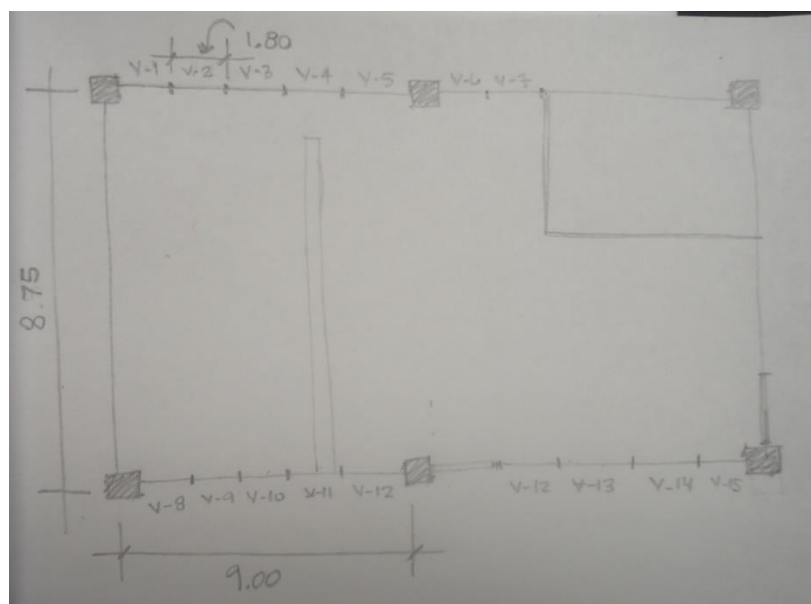
Realización de esquemas, bocetos y planos que ayuden a la medición de áreas.

EJEMPLO: **BIBLIOTECA FARUSAC.**

TOMA DE MEDIDAS



ESQUEMA ELEVACIÓN



ESQUEMA PLANTA

3. MEDICION DE DECIBELES

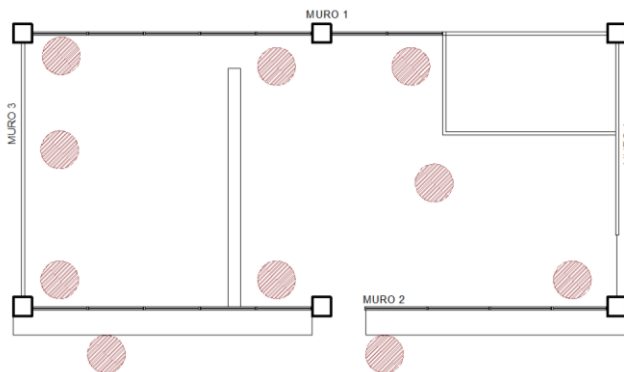
Para medir el nivel de los decibeles

Aplicaciones: gracias a la tecnología actual contamos con aplicaciones en dispositivos móviles que nos ayudan a medir los decibeles una de ellas son: *Sound Meter*, *Medidor de decibeles*, *Decibel Meter* y otras.

Medición: para la medición debemos pararnos en todos los puntos posibles del ambiente y tomar nota del nivel de decibeles que muestra en pantalla, se debe tomar el promedio más alto que se encuentre. Es importante pararnos en el exterior del ambiente y principalmente donde existe la fuente sonora más fuerte.

Tomar nota: debemos tomar nota del nivel de decibeles en cada uno de los puntos para realizar el cálculo en las áreas en las que los decibeles pasen del mínimo establecido según los ambientes.

EJEMPLO: BIBLIOTECA FARUSAC.



Elegir los puntos en los que se tomará el nivel de decibeles, como se observa en la ilustración los puntos principales están en los muros que dan hacia las principales fuentes de ruido, ya que el aislamiento se basa en el tratamiento de los puntos críticos y de más paso sonoro.

Realizar la medición de los decibeles en cada uno de los puntos antes elegidos y tomar nota de ellos, para dejar constancia del trabajo realizado y para usos más prácticos debemos dejar en planos los datos tomados, en este caso numeramos los muros para basarnos en ellos para el tratamiento del mismo, considerando que el Muro 1 y el 2 son los muros más críticos. El muro 1 da a Ingeniería y el Muro 2 da hacia los pasillos de la facultad. Ya que se ha tomado en cuenta que los niveles más altos de ruido provienen de dentro del edificio que por fuera se tomó el nivel de decibeles de los pasillos.

4. REALIZAR ESQUEMAS O PLANOS

Para archivar los datos tomados y para ayudarnos con programas realizamos planos que nos sirvan para ello:

Plantas: para tomar las longitudes de muros, medidas de piso y techo

Elevaciones: medir alturas de muros, puertas, ventanas y profundidad de techo

Planta amueblada: para localizar la cantidad de muebles, si estos funcionan como aislantes o no y para medir la mayor cantidad de flujo de personas en un área

EJEMPLO: BIBLIOTECA FARUSAC.

Ver planos adjuntos

PLANO 1. Planta con medidas principales con el objetivo de usarlas para cálculo de áreas.

Debe observarse:

- Medidas de muros, principales y secundarios.
- Medidas de ventanas y anchos de puertas
- Medida de elementos estructurales principales.
- Distribución por áreas
- Toma de medidas en decibeles en puntos localizados

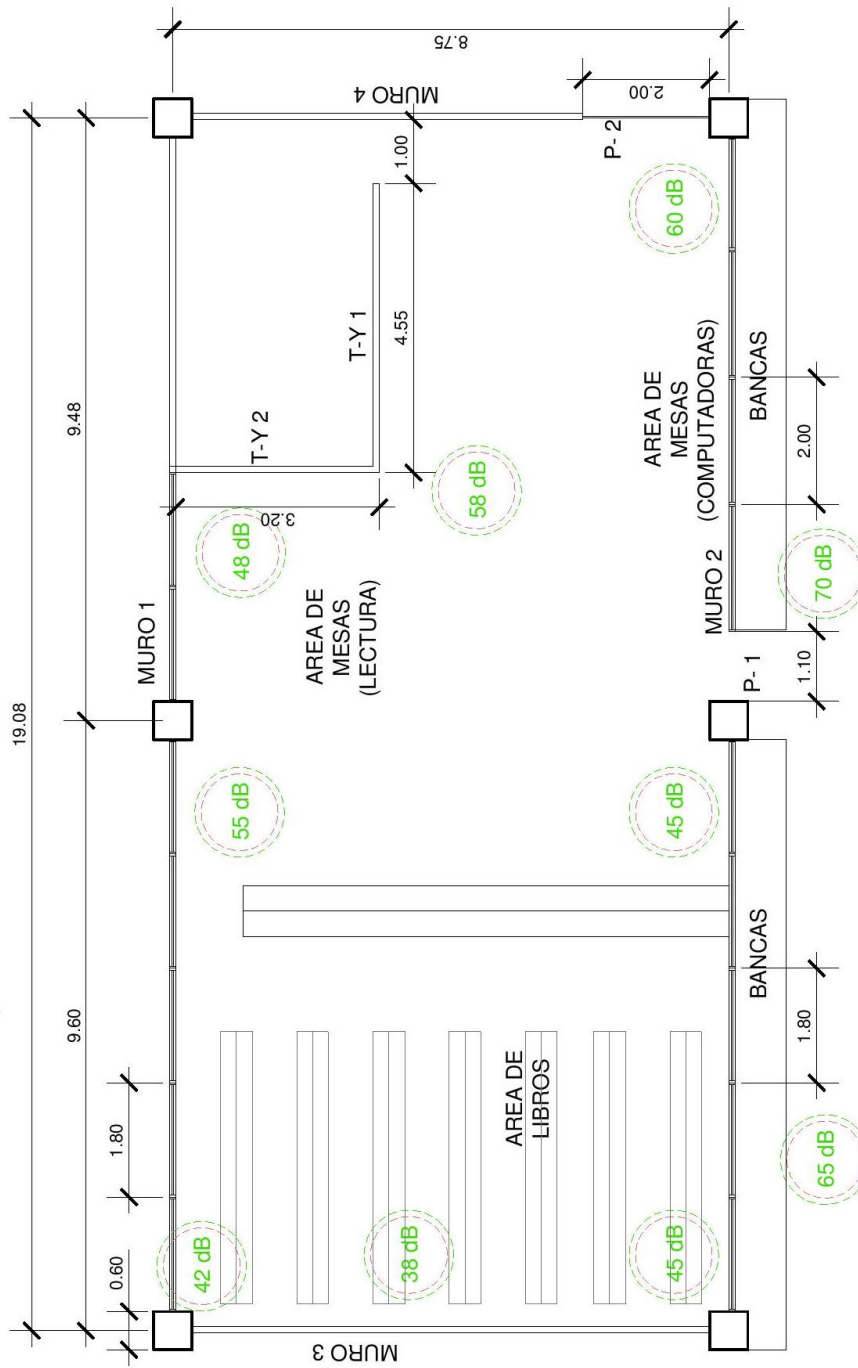
PLANO 2. Elevaciones de los 4 muros que conforman la biblioteca

Debe observarse:

- Medidas de muros, principales y secundarios.
- Medidas de ventanas y anchos de puertas
- Medida de elementos estructurales principales.

PLANO 3. Detalle de ventana actual, medidas estándar y detalle en sección de ventana simple. En el caso que existiera un elemento principal observado que sea el principal transmisor de sonido.

AISLAMIENTO ACÚSTICO, BIBLIOTECA FARUSAC

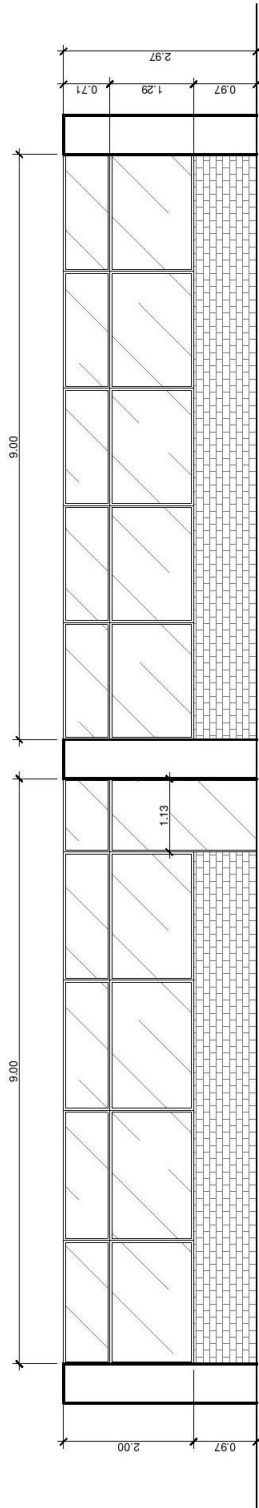


PLANTA ARQUITECTONICA BIBLIOTECA FARUSAC

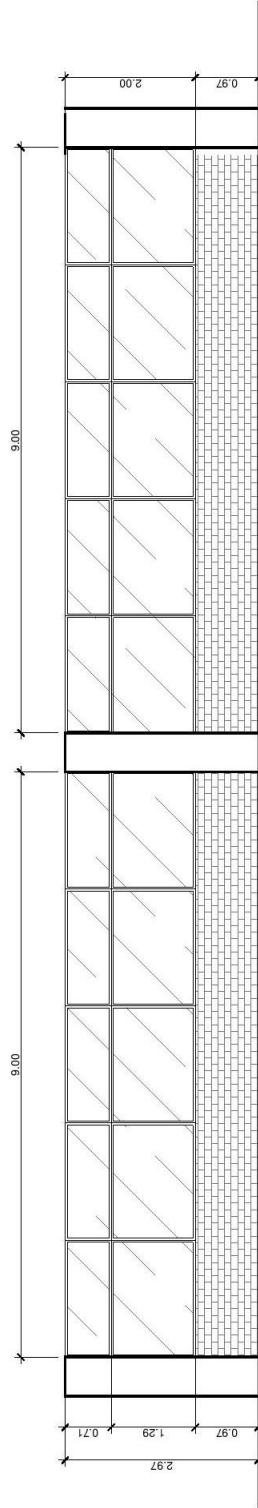
DECIBELES EN DISTINTOS PUNTOS

ESCALA 1:100

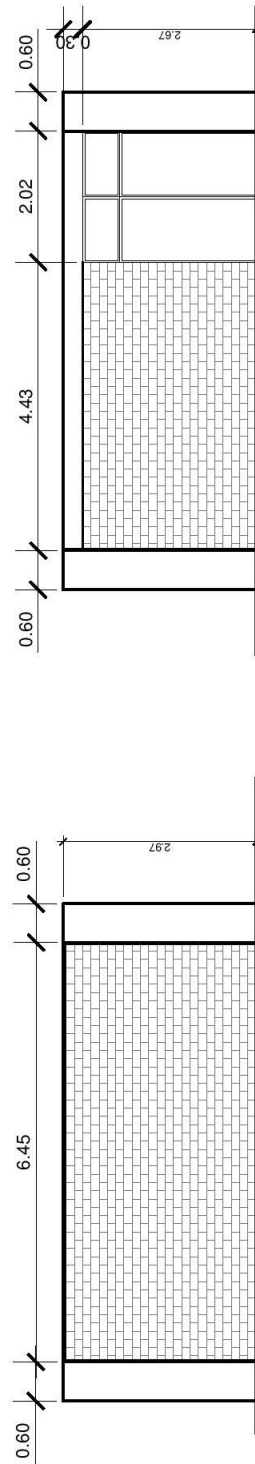
PLANO 1



VISTA INTERIOR MURO 2 BIBLIOTECA FARUSAC
ESCALA 1:100

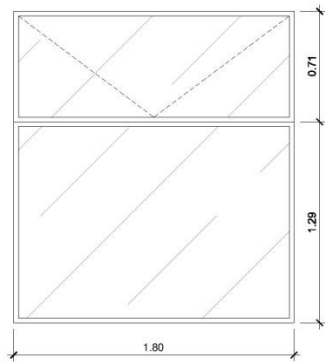


VISTA INTERIOR MURO 1 BIBLIOTECA FARUSAC
ESCALA 1:100



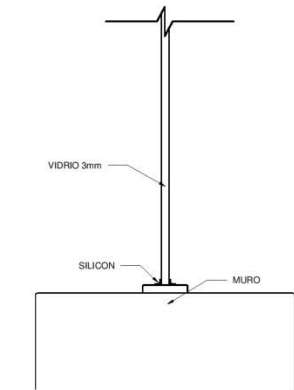
VISTA INTERIOR MURO 3
ESCALA 1:100

VISTA INTERIOR MURO 4
ESCALA 1:100
PLANO 2



VENTANA ACTUAL

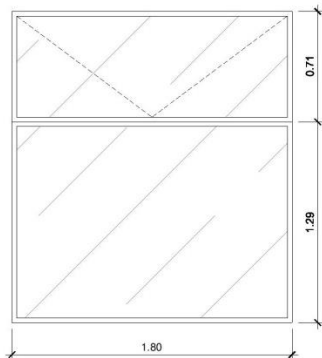
ESCALA 1:2



DETALLE VENTANA ACTUAL

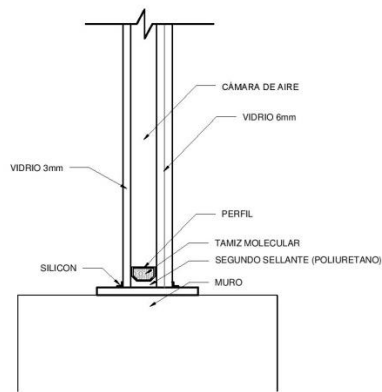
ESCALA 1:2

PLANO 3



VENTANA PROPUESTA

ESCALA 1:2



DETALLE VIDRIO DOBLE

ESCALA 1:15

PLANO 4

5. DETERMINAR PROBLEMA

Analizar las principales fuentes de ruido

Verificar la capacidad aislante de los materiales que colindan con las fuentes sonoras más fuertes.

Analizar la instalación de los materiales que presenten menor aislamiento al ruido y concluir el problema de ruido.

Proponer una solución para la realización del cálculo.

EJEMPLO:

FUENTES DE RUIDO:

Las fuentes de ruido que pueden afectar a la biblioteca:

Voz humana: la biblioteca colinda con los pasillos principales del edificio T-2, la frecuencia de la voz humana está en una frecuencia media que va desde los 200Hz hasta los 1000Hz.

Carros: en la parte posterior del edificio se encuentra el parqueo del edificio T-3 de ingeniería por lo que las bocinas, alarmas, o aceleraciones fuertes pueden ser escuchadas dentro del edificio pero en menores cantidades y más esporádicamente que la voz humana.

Instalaciones: El ruido de las instalaciones como la ventilación y aire acondicionado son también considerados una fuente de ruido pero en menor grado y son más tolerados ya que estos son en una frecuencia baja y menos molesta para el oído humano.

CAPACIDAD DE LOS MATERIALES:

Los muros 1 y 2 son los muros que principalmente son expuestos a ruido y como aspecto importante es que estos están compuestos en un 70% de ventanas, compuestos por un vidrio simple y el resto son muros de cerramiento sin cargas estructurales de mampostería de ladrillo.

El vidrio: el vidrio puede ser un material aislante si este está instalado de la forma correcta, tomando en cuenta que en la biblioteca está de un modo simple, sin selladores en orillas y sin ninguna otra protección la vibración de estos puede

permitir que el sonido pase el sonido dentro del ambiente sin ser necesario que estos estén abiertos.

El ladrillo: por la composición del ladrillo, es un material cuyas partículas se encuentran más unidas por lo tanto más densas impidiendo el paso del sonido. En el capítulo anterior se presentan las propiedades de los materiales y su capacidad aislante, por lo que vemos que el ladrillo no es el principal material conductor de ruido.

INSTALACION DE LOS MATERIALES

El vidrio de las ventanas es considerablemente grande, esto en cierta forma ayuda a que la vibración del elemento sea mayor y el paso de sonido sea más fácil, la falta de un material sellante en las uniones permite que el sonido pase de forma más fácil.

6. PROPONER SOLUCIÓN

El material observado que es el principal conductor de ruido hacia adentro de la edificación son las ventanas, ya que el vidrio dependiendo de su grosor es expuesto a vibraciones por lo que permeabiliza el sonido. Al evaluar en el Capítulo de premisas presenta un sistema constructivo de ventana doble que puede ser útil en el caso de la biblioteca, ya que esta presenta un gran porcentaje del cerramiento de la misma.

Al realizar un cambio en el sistema constructivo de las ventanas se reducirá considerablemente el paso del sonido dentro de la biblioteca. Por lo que requerimos una ventana de vidrio doble, como antes mencionado en el capítulo de procedimientos constructivos para el control Acústico.

REALIZAR CÁLCULO

Para calcular la energía acústica transmitida a través de un elemento se requiere:

- | |
|---|
| Conocer el nivel acústico en dB del material que incide en el paso del sonido |
| Conocer el nivel acústico en dB del ambiente. |
| Conocer el rango permitido de dB en el tipo de ambiente a analizar |

Conociendo el nivel de presión acústica del sonido incidente, así como el aislamiento acústico bruto normalizado del material, se calcula la diferencia de estos dos valores.

Si el nivel de presión acústica es de 80 dB

Y el nivel de presión acústica en el local receptor (material) es de 35 dB

Restamos:

$$80\text{dB} - 35\text{dB} = 45 \text{ dB}$$

Esto indica que los materiales que debemos elegir deben tener una presión acústica receptora mayor o utilizar una mezcla de materiales para que estas absorban la mayoría y no pase al espacio adjunto al emisor.⁶⁰

Para el cálculo de los mismos, debemos tomar en cuenta el tipo de sonidos que provienen de las localidades, si es la voz humana esta entre un rango de 200 Hz y 1000 Hz, si es ruido de maquinaria debemos tomar en cuenta las frecuencias graves desde 70Hz hasta 200Hz. Dependiendo del tipo de sonido vemos las frecuencias en ellas y establecemos el rango de PT en dB del material.

Para el uso adecuado de los materiales se considera investigar el nivel de pérdida de transmisión de sonidos para que el cálculo sea efectivo, para ese uso en el cuadro 5 y 6 en el capítulo de Aislamiento acústico.

⁶⁰ Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica, España. Editorial Paraninfo.*

EJEMPLO BIBLIOTECA

Conociendo el máximo nivel en dB de la biblioteca y la pérdida de transmisión sonora del material, obtenemos un nivel de dB que según el cuadro 5. del capítulo de Aislamiento acústico debe estar comprendido en 35dB o menor.

Mayor nivel registrado: 60 dB
PT de Vidrio doble: 44 dB

$$60 \text{ dB} - 44 \text{ dB} = 16 \text{ dB}$$

El nivel de sonido en esa área reduciría a 16 dB en esa área si se coloca un vidrio doble, considerando que el vidrio es un 70% el área que compone el muro, el cambio de vidrios ayudaría considerablemente a la insonorización y están entre el rango normal para una biblioteca.

Por lo mismo podemos concluir que únicamente con el cambio del sistema de instalación de las ventanas volviendo estos en vidrio doble se reducirá el ruido que ingrese del exterior hacia el interior y esto producirá mayor confort dentro del ambiente.

VERIFICAR RESULTADO FINAL

Al determinar el cambio de material o sistema constructivo que requiera el ambiente dependiendo del nivel en dB tomado, procedemos a realizar la propuesta de cambio que se requiera, ya sea como anteproyecto o completo para ejecutar incluyendo presupuesto, realizando los detalles de instalación y especificar los tipos de materiales a utilizar.

EJEMPLO: BIBLIOTECA FARUSAC.

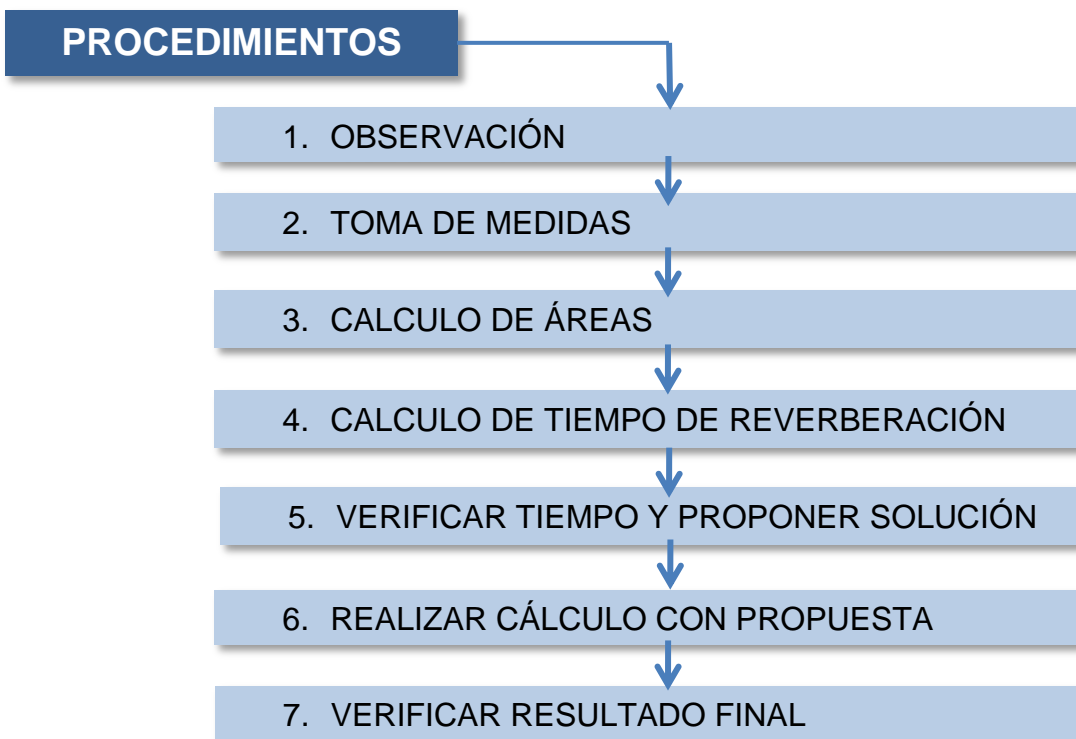
En el PLANO 4 podemos observar que el diseño de las ventanas no cambiará para mantenerse unificado con el resto del edificio y el detalle de la instalación de la ventana, incluyendo los materiales que este requiera para la insonorización.

Las ventanas para calcular un presupuesto exacto depende de la empresa proveedora y de la cantidad de metros cuadrados que se requiera, siendo este caso de: 72 metros cuadrados.

Al insonorizar un ambiente que actualmente tiene un sonido molesto dentro de él, garantiza un confort dentro del ambiente y porque no mencionar también una carta de presentación del arquitecto al considerar aspectos tan importantes como lo es el sonido.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

El acondicionamiento acústico es un campo multidisciplinario y amplio. Para su aplicación en edificios residenciales, comerciales, públicos como antes mencionamos para un acondicionamiento óptimo debemos considerar el diseño acústico. Se da el caso en ambientes ya construidos en los que no se ha previsto el comportamiento del sonido dentro de él, que requieren un tratamiento posterior a su construcción, ya sea por ecos o reverberaciones excesivas que provoquen que el sonido dentro de él se pierde, se confunde, o se exagera, en estos casos es cuando debemos considerar un tratamiento acústico por lo que presentamos a continuación paso a paso lo que se debe realizar para acondicionar acústicamente un ambiente:



1. OBSERVACIÓN

Al igual que con el Aislamiento acústico debemos observar minuciosamente el ambiente, usando como apoyo toma de notas, fotografías, y realización de bocetos. (Ver registro fotográfico en aislamiento acústico)

Aspectos a observar:

	<p>Tipo de sistema Constructivo: Observar el sistema constructivo en muros, losas, ventanas, puertas, pisos o entrepisos.</p>
	<p>Materiales de Construcción: Tomar nota y observar los materiales de construcción de muros, losas, puertas, ventanas, pisos, muebles y el estado de los mismos, si están o no dañados y si se contara con la información cual fue la composición de los mismos.</p>
	<p>Comportamiento del sonido: Para un acondicionamiento acústico completo se requieren aparatos de medición en los ambientes para determinar exactamente como se comporta el sonido en el ambiente, si no contamos con el equipo necesario, podemos hacer la prueba de aplaudir, gritar fuerte, o incluso poner un sonido fuerte en una frecuencia media, para determinar si existe eco o reverberación en el mismo.</p>

EJEMPLO:

Dentro de la biblioteca podemos observar:

Sistema Constructivo: Ya que nos enfocamos en el interior del edificio observamos el sistema constructivo que es de marcos estructurales, con cerramientos de vidrio, losa nervurada y piso de granito. Ver PLANO 5

Materiales de Construcción:

Muros:	Ladrillo visto sin pintura
Ventanas:	Vidrio + Aluminio
Puerta principal:	Vidrio + Aluminio
Puerta Secundaria:	Vidrio + Aluminio
Techo:	Concreto reforzado
Columnas:	Concreto reforzado
Piso:	Granito
Librerías:	Metal + madera
Mesa recepción:	Fórmica + madera
Mesas de trabajo:	fórmica + madera
Sillas:	Cuerina + metal

Comportamiento del sonido:

La función del ambiente es de lectura, por lo que se requiere un control del sonido mayor para evitar que los ruidos molesten dentro del ambiente, al aplaudir o generar un sonido fuerte se escucha en todos los puntos de la biblioteca y suele ser molesto por los que están allí, aunque no en un nivel exagerado esto puede ser controlado de manera que se logre mayor confort.

2. TOMA DE MEDIDAS

Al igual que el aislamiento debemos tomar medidas del ambiente de los distintos materiales del que está construido el lugar, pero con diferencia que cada uno de los muebles y personas que están dentro de ella afectan al sonido de una forma.

Áreas: (alto y ancho) De muros, puertas, ventanas, piso y cielo, todos los elementos que sean cerramientos y se vean afectados por los sonidos.

Realización de esquemas, bocetos y planos que ayuden a la medición de áreas.

EJEMPLO: Ver PLANO 1, 2, 3

3. CÁLCULO DE ÁREAS

Tomar medidas de acuerdo con cada material. Si un mueble o elemento posee más de un material se debe medir cada uno de ellos.

Calcular áreas (alto * ancho) de cada material.

Realizar sumatoria de áreas de acuerdo al tipo de material (Para ello podemos utilizar como auxiliar hojas electrónicas para facilitar el mismo

EJEMPLO BIBLIOTECA:

CÁLCULO DE ÁREAS DE CADA MATERIAL								
ELEMENTO	MATERIAL		ALTO	ANCHO	ÁREA	CANTIDAD DE ELEMENTOS	ÁREA *ELEM.	ÁREA TOTAL
Muros	Ladrillo Visto	MURO 1	0.97	9.00	8.73	2	17.46	67.23
		MURO 2	0.97	9.00	8.73	2	17.46	
		MURO 3	2.97	6.45	19.16	1	19.16	
		MURO 4	2.97	4.43	13.16	1	13.16	
	Tabla Yeso	TY-1	2.97	4.55	13.51	1	13.51	23.02
		TY-2	2.97	3.20	9.50	1	9.50	
Ventanas	Vidrio Simple	MURO 1	2.00	9.00	18.00	1	18.00	36.00
		MURO 2	2.00	9.00	18.00	1	18.00	
		MURO 3	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
		MURO 4	0.00	0.00	0.00	0	0.00	
Puertas	Vidrio Simple	P-1	2.10	1.10	2.31	1	2.31	8.84
		P-2	2.97	2.20	6.53	1	6.53	
Piso	Granito		8.75	19.08	166.95	1	166.95	166.95
Techo	Concreto Reforzado	L-1	0.35	0.73	0.26	312	79.72	485.13
		L-2	0.35	0.73	0.26	312	79.72	
		L-3	0.35	0.73	0.26	312	79.72	
		L-4	0.35	0.73	0.26	312	79.72	
		BASE	0.73	0.73	0.53	312	166.26	
Columnas	Concreto Reforzado		0.60	2.97	1.78	6	10.69	10.69
Estantes	Madera		2.00	0.50	1.00	14	14.00	14.00
	Metal		0.70	4.30	3.01	42	126.42	126.42
Mueble Consulta	Fórmica	L-1	0.40	7.65	3.06	1	3.06	21.42
		L-2	1.00	7.65	7.65	1	7.65	
		L-3	1.00	7.65	7.65	1	7.65	
		L-4	0.40	7.65	3.06	1	3.06	
Mesas de Trabajo	Fórmica	L-1	1.30	0.43	0.56	50	27.95	133.75
		L-2	1.30	0.43	0.56	50	27.95	
		L-3	1.30	0.90	1.17	50	58.50	
		L-4	0.43	0.90	0.39	50	19.35	
Sillas	Metal		0.030	0.030	0.001	225.000	0.203	0.20
	Tapizado		0.55	0.55	0.30	50.00	15.13	15.13

Unificando materiales y áreas: (VER PLANO 5)

MATERIAL	M2
Ladrillo Visto	67.23
Tabla Yeso	23.02
Vidrio Simple	80.84
Granito	166.95
Concreto Reforzado Pintado	495.82
Madera	14.00
Metal	126.62
Fórmica	155.17
Tapizado	15.13

4. CÁLCULO DE TIEMPO DE REVERBERACION

Para realizar el cálculo del tiempo de reverberación necesitamos un procedimiento detallado y ordenado para lograr determinar si la sala es adecuada o no acústicamente. Para ello antes de ejemplificar la biblioteca presentamos un ejemplo más sencillo para comprender a cabalidad el procedimiento:

Para medir cuanto demora el proceso de la permanencia de sonido en un espacio después de haber sido reflejado y las reflexiones de las reflexiones hasta su extinción, se requiere un cálculo específico por lo que a continuación se desarrolla el procedimiento de Sabine que es uno de los métodos de cálculo más exactos.

El tiempo de reverberación depende de cuán absorbentes sean las superficies de la sala. Así, si las paredes son muy reflectoras, se necesitarán muchas reflexiones para que se extinga el sonido, por lo que el T= tiempo será grande.

Si la superficie es muy absorbente, en cada reflexión se absorberá una proporción muy alta del sonido, por lo tanto en unas pocas reflexiones el sonido será prácticamente inaudible, por lo tanto T será pequeño.

La fórmula de Sabine, es llamada así en honor al físico norteamericano que la obtuvo a principios del siglo.

Como calcular:

1. Teniendo las medidas de los materiales y el cálculo de las distintas superficies.
2. Calcular el volumen del ambiente.

3. Con los datos antes calculados se realiza un cuadro de guía en el que se colocan los datos obtenidos, en una de ellas los m² y el coeficiente de absorción de acuerdo al material, se adjunta El cuadro para guía de los mismos.

Datos obtenidos de áreas y coeficientes de absorción

MATERIAL	M ²	α (frecuencia elegida)
(muros)		
(techo)		
(puertas y ventanas)		
(piso)		

4. Reemplazar los datos por medio de la fórmula de Sabine aquí dada:

$$T_r = \frac{0.161 V}{\sum S_i \alpha_i}$$

Donde:

- $T_r =$ El tiempo de reverberación en una frecuencia dada
- 0.161= Es una constante
- $V = e$ El volumen de la sala
- $\alpha =$ El coeficiente de absorción de las superficies
- $S =$ El área de la superficie total en m²
- $\sum S_i \alpha_i =$ La sumatoria de las superficies de los materiales por el coeficiente de absorción de cada una de ellas.

El resultado de esta operación nos dará en segundos el tiempo de reverberación del sonido sobre la sala completa, a la frecuencia elegida. Se calcula cada una de las frecuencias, para esto podemos ayudarnos en tablas electrónicas.

En algunos países como en España, existe un código técnico en el que indica según el tipo de local o ambiente el tiempo de reverberación mínimo en un ambiente para su correcta funcionalidad. Según este parámetro nos podemos guiar para ambientes que poseen menos de 350 m²

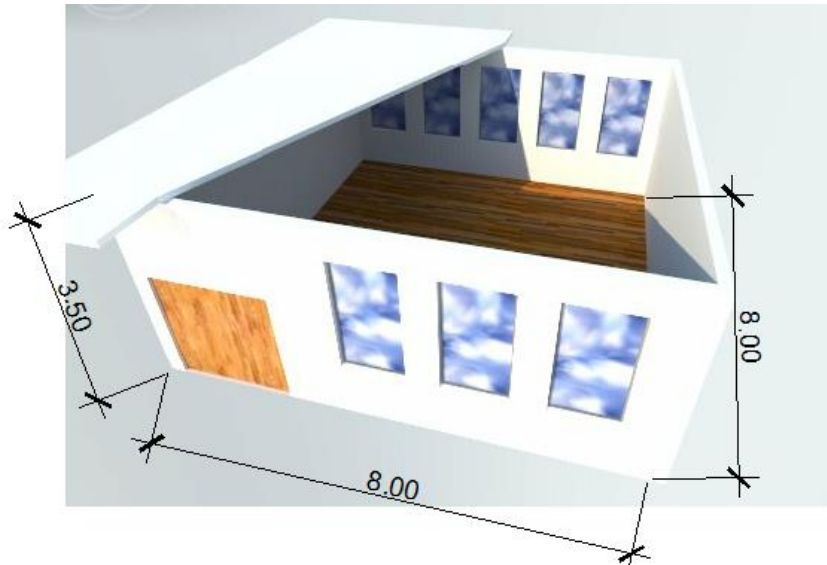
Máximos de tiempo de reverberación en ambientes

TIPO DE LOCAL	Tr (s)
Aulas y salas de conferencia vacías (sin ocupación y sin mobiliario) cuyo volumen sea inferior a 350m ³	≤ 0.70 s
Aulas y salas de conferencia vacías pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 150 m ³	≤ 0.50
Restaurantes y comedores vacíos	≤ 0.90

Si el cálculo en cada una de las frecuencias utilizadas de la tabla de coeficiente de absorción del material es mayor a los establecidos en los códigos, se debe elegir otro tipo de materiales dentro del ambiente para evitar el tiempo de reverberación muy prolongado y asimismo mejorar el confort como la capacidad auditiva de los usuarios.

EJEMPLO GENERAL:

Necesitamos calcular el tiempo de reverberación de un salón de clases de 64m² (8m * 8m) y una altura de 3.50m. para evaluar si el sonido dentro del salón es adecuado para recibir clases. Siendo este construido con muros de hormigón pintado al igual que el techo,



1. Debe medirse el ambiente competo geoméricamente y medir cada una de las áreas con la misma superficie, es decir, muros, puertas ventanas y techo
2. Calculando áreas de superficies de distintos materiales en el salón. (Base por altura)

$$\text{Techo: } (8\text{m} * 8\text{m}) = 64\text{m}^2$$

$$\text{Ventanas: } (2\text{m} * 1\text{m}) = 2\text{m}^2 * 8 \text{ Ventanas} = 16\text{m}^2$$

$$\text{Piso: } (8\text{m} * 8\text{m}) = 64\text{m}^2$$

$$\text{Puerta: } (2.10\text{m} * 2\text{m}) = 4.20\text{m}^2$$

$$\text{Muros: } (8\text{m} * 3.50\text{m}) * 4 - \text{el área de puertas y ventanas} \\ (8\text{m} * 3.50\text{m}) = 28 \text{ m}^2 * 4 \text{ muros} = 112\text{m}^2$$

3. Calcular el Volumen del Ambiente (Base, altura, profundidad)
(8m * 8m * 3.50m) = 224m³

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

4. Elaborar el cuadro en el que contenga los metros cuadrados, y los coeficientes de absorción según las tablas adjuntadas en anexos.

Metraje y coeficientes de absorción por frecuencias.

MATERIAL	M2	FRECUENCIAS					
		α (125)	α (250)	α (500)	α (1000)	α (2000)	α (4000)
Muros: Hormigón Pintado	91.80 m ²	0.10	0.09	0.08	0.09	0.10	0.04
Techo: Hormigón Pintado	64 m ²	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Puertas: Madera	4.2 m ²	0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
Ventanas: Vidrio Simple	16 m ²	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
Piso: Parquet de Madera	64 m ²	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05

5. Reemplazar los datos en la fórmula de Sabine.

$$T_r = \frac{0.161 v}{\sum S_i \alpha_i}$$

$$T_r = \frac{0.161 * 224m^3}{(91.80m^2 * 0.10) + (64m^2 * 0.01) + (4.2m^2 * 0.15) + (16m^2 * 0.33) + (64m^2 * 0.02)}$$

Donde:

0.161 = es la constante de la fórmula

224 m³ = es el volumen del ambiente.

91.80 = Es el área de la superficie total en el ambiente con hormigón pintado

0.10 = el coeficiente de absorción a una frecuencia de 125Hz

Y así en cada uno de los paréntesis el área de cada superficie por el coeficiente de absorción de una frecuencia elegida.

$$T_r = \frac{13.664}{17.01} = T_r = 0.80 \text{ seg.}$$

Calculando con la misma fórmula, cada una de las frecuencias obtenemos el tiempo de reverberación y podemos compararlo con los parámetros del cuadro 2. según el tipo de ambiente y el volumen del mismo

Resultados fórmula de Sabine para cada frecuencia.

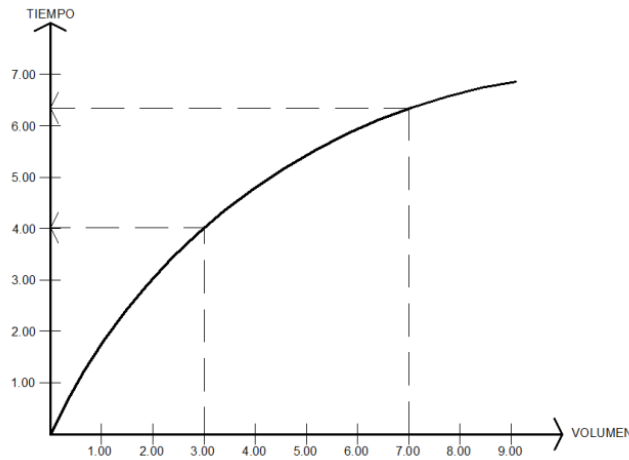
TIEMPO DE REVERBERACIÓN	α (125)	α (250)	α (500)	α (1000)	α (2000)	α (4000)
Salón de Clases	0.80	0.90	1.10	0.96	0.91	1.52

En España se utilizan parámetros para evaluar el tiempo de reverberación existente en espacios indicados por lo que se han establecido datos mínimos de tiempo de reverberación para ambientes cuyo metraje cuadrado sea menor a 350 m².

Según los datos anteriormente obtenidos el tiempo de reverberación más bajo dentro del salón de clases con ese volumen es de 0.80seg, que es para una frecuencia de 125 α , si tomamos en cuenta que el salón no sobrepasa los 350m² podemos utilizar el parámetro establecido en el cuadro 2, y esta indica que el tiempo de reverberación debe ser menor o igual a 0.70 seg., por lo tanto el salón de clases NO está apto para tener una calidad de sonido adecuada y el sonido será demasiado reflejado sobre todo en una frecuencia de 500 α y de 4000 α por lo que debe considerarse el cambio de materiales que recubren al salón para que este sea acústicamente adecuado.

El tiempo de reverberación está relacionado con el volumen del ambiente, ya que a más volumen, más tardan las ondas de sonido en llegar a las superficies y estas en ser reflejadas, por lo que aumenta el tiempo de reverberación, por ello que los parámetros antes dados en el Cuadro 2, son exclusivamente para ambientes cuyo volumen sea inferior de 350m³.

A menor volumen, menor tiempo de reverberación existirá en el ambiente, esto podemos comprenderlo con la siguiente gráfica.



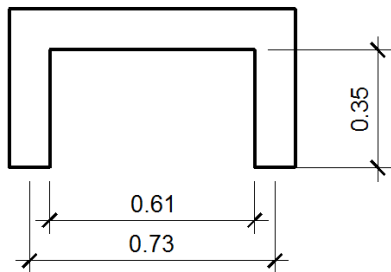
Ilus. 16. Relación Tiempo de Reverberación-Volumen
Elaboración Propia

EJEMPLO BIBLIOTECA:

Ahora sabiendo esto presentamos el procedimiento para la Biblioteca

Ya teniendo previamente el cálculo de las áreas según el material procedemos a calcular el volumen de la biblioteca, debido a que la losa es nervurada en el cálculo del volumen debe considerarse el espacio de cada una de las losas que la componen. (VER PLANO 5)

Cada una de las losas mide alrededor de 0.73 * 0.73 en sus ejes principales, el grosor de cada uno de los elementos que la dividen es de aprox. 0.12mts.



El área interna de cada losa se vuelve de 0.21 m, multiplicado por 0.61 que es el ancho, tendremos 0.13 m³ por cada losa.

El ambiente en total tiene una cantidad de 312 losas, por lo que el volumen dentro de las losas es de 40.56 metros³

El resto del ambiente:

$$2.97 \text{ (alto)} * 19.08 \text{ (ancho)} * 8.75 \text{ (largo)} = 495.84 \text{ m}^3 + 40.56 \text{ (losas)} = 536.40$$

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

Teniendo el volumen procedemos a ordenar nuestros materiales en tabla, con el coeficiente de absorción de cada material y su área.

MATERIAL	M2	Coeficientes de absorción según tablas					
		α (125)	α (250)	α (500)	α (1000)	α (2000)	α (4000)
Ladrillo Visto	67.23	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Tabla Yeso	23.02	0.5	0.2	0.05	0.02	0.02	0.02
Vidrio Simple	80.84	0.33	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04
Granito	166.95	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Concreto Reforzado Pintado	495.82	0.1	0.09	0.08	0.09	0.1	0.04
Madera	14.00	0.25	0.34	0.18	0.1	0.1	0
Metal	126.62	0	0	0	0	0	0
Fórmica	155.17	0.56	1.03	0.65	0.61	0.37	0.25
Tapizado	15.13	0.1	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25

Aplicamos la fórmula de Sabine, con ayuda de tablas electrónicas.

$(\sum S_i \alpha_i)$ Multiplicamos el área del material por cada uno de los coeficientes de absorción en cada frecuencia:

Área * α absorción					
125	250	500	1000	2000	4000
1.3446	2.0169	2.0169	2.6892	3.3615	4.7061
11.51	4.604	1.151	0.4604	0.4604	0.4604
26.6772	20.21	8.084	5.6588	4.8504	3.2336
1.6695	1.6695	1.6695	1.6695	3.339	3.339
49.582	44.6238	39.6656	44.6238	49.582	19.8328
3.5	4.76	2.52	1.4	1.4	0
0	0	0	0	0	0
86.8952	159.8251	100.8605	94.6537	57.4129	38.7925
1.513	2.2695	3.7825	3.7825	3.7825	3.7825
182.6915	239.9788	159.75	154.9379	124.1887	74.1469

(0.161 v) Multiplicamos la constante 0.161 * el volumen del ambiente

$$0.161 \text{ (constante)} * 536.40 \text{ (volumen)} = 86.36$$

Constante	volumen	1.61 * v
0.161	536.4	86.3604

Teniendo este dato podemos realizar la división, de 86.36 entre la sumatoria de cada una de las frecuencias, dando como resultado el tiempo de reverberación del ambiente.

Constante	volumen	1.161 * v	86.36/ \sum Si ai					
			125	250	500	1000	2000	4000
0.161	536.4	86.3604	0.47	0.36	0.54	0.56	0.70	1.16

5. VERIFICAR TIEMPO Y PROPONER SOLUCIÓN

Como podemos observar el tiempo de reverberación para frecuencias bajas se mantiene en un nivel menor a 0.50 segundos, que es el tiempo recomendado para bibliotecas, pero en frecuencias de 500 a 4000 Hz el tiempo de reverberación aumenta, tomando en cuenta que el sonido más frecuente dentro del ambiente es la voz humana y esta se encuentra en un rango de 200 a 1000Hz el tiempo de reverberación es mayor, aunque no resulta siendo completamente molesto, puede mejorarse para lograr mejor confort.

Para ello podemos proponer algunos elementos que ayuden a reducir el tiempo de reverberación del mismo, como cielo falso, alfombras y otros como vimos en capítulos anteriores. Por lo que utilizaremos un cielo falso de yeso + cámara de aire para cubrir la losa nervurada y una alfombra para reducir el sonido provocado por mover sillas, y el taconeo al ingresar al salón.

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

6. REALIZAR CÁLCULO CON PROPUESTA.

Para la reducción del tiempo de reverberación se debe realizar los cálculos anteriores pero incluyendo en ellos los materiales que se desean implementar con sus áreas utilizando el mismo volumen del ambiente, y se obtendrán los datos en tiempo de reverberación. **EJEMPLO BIBLIOTECA**

MATERIAL	M2	Coeficientes de absorción según tablas					
		α (125)	α (250)	α (500)	α (1000)	α (2000)	α (4000)
Ladrillo Visto	67.23	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Tabla Yeso	23.02	0.5	0.2	0.05	0.02	0.02	0.02
Vidrio Simple	80.84	0.33	0.25	0.1	0.07	0.06	0.04
Granito	166.95	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Concreto Reforzado Pintado	495.82	0.1	0.09	0.08	0.09	0.1	0.04
Madera	14.00	0.25	0.34	0.18	0.1	0.1	0
Metal	126.62	0	0	0	0	0	0
Fórmica	155.17	0.56	1.03	0.65	0.61	0.37	0.25
Tapizado	15.13	0.1	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25
Alfombra pegada al piso	166.95	0.04	0.04	0.15	0.3	0.5	0.6
Cielo Falso Yeso + 13mm aire	166.95	0.2	0.12	0.09	0.03	0.05	0.02

Área * α absorción					
125	250	500	1000	2000	4000
1.3446	2.0169	2.0169	2.6892	3.3615	4.7061
11.51	4.604	1.151	0.4604	0.4604	0.4604
26.6772	20.21	8.084	5.6588	4.8504	3.2336
1.6695	1.6695	1.6695	1.6695	3.339	3.339
49.582	44.6238	39.6656	44.6238	49.582	19.8328
3.5	4.76	2.52	1.4	1.4	0
0	0	0	0	0	0
86.8952	159.8251	100.8605	94.6537	57.4129	38.7925
1.513	2.2695	3.7825	3.7825	3.7825	3.7825
6.678	6.678	25.0425	50.085	83.475	100.17
33.39	20.034	15.0255	5.0085	8.3475	3.339
222.7595	266.6908	199.818	210.0314	216.0112	177.6559

			86.36 / $\sum S_i \alpha_i$					
Constante	volumen	1.161 * v	125	250	500	1000	2000	4000
0.161	536.4	86.3604	0.39	0.32	0.43	0.41	0.40	0.49

7. VERIFICAR RESULTADO FINAL

Verificar el tiempo de reverberación sea menor o igual al mínimo establecido en el tipo de ambiente.

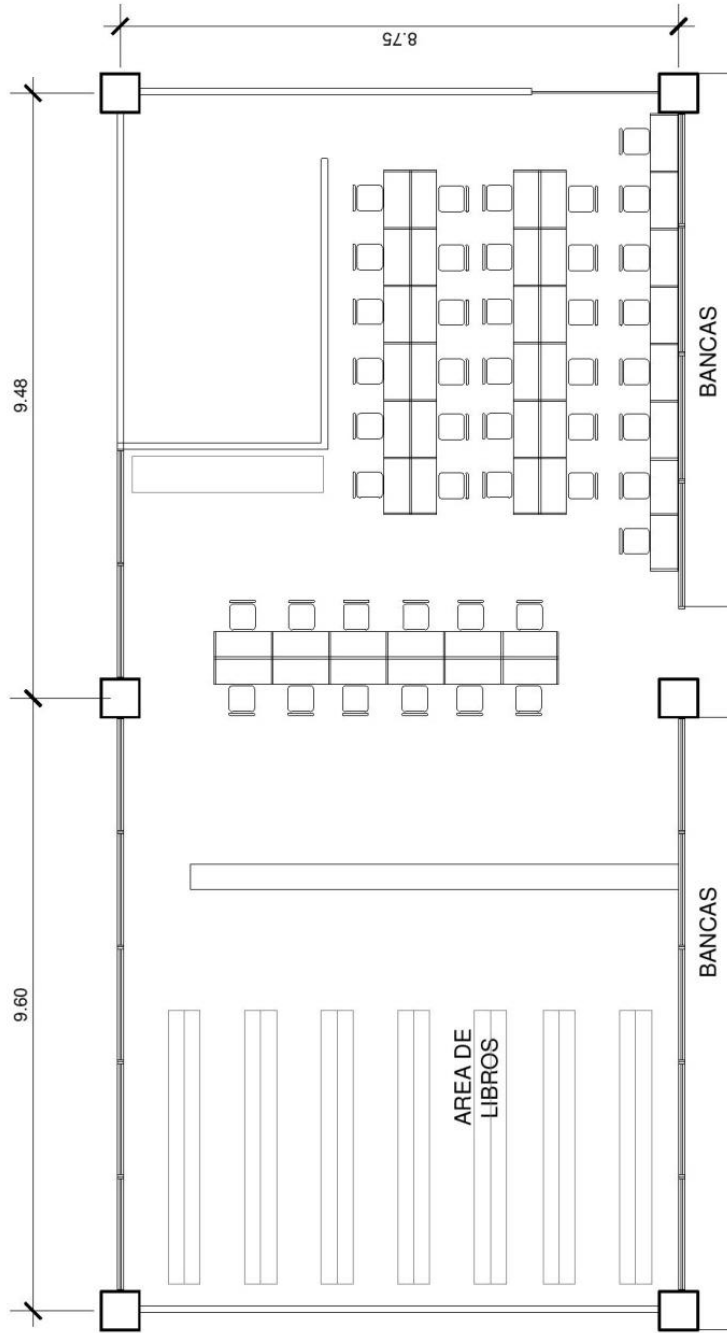
Verificar que el material este disponible en la región a trabajar. Ya que algunas veces se requiere de importación de materiales especiales, como es el caso de auditorium y otros.

CONCLUSIÓN BIBLIOTECA:

Como vemos en las tablas anteriores el tiempo de reverberación es de 0.39 hasta 0.49 ascendentemente de acuerdo con las frecuencias, el tiempo de reverberación con la implementación de cielo falso de Yeso + 13 mm de una cámara de aire, y colocación de una alfombra se mejora el sonido dentro del ambiente, como antes mencionamos, el comportamiento del sonido se debe en gran parte al diseño formal del ambiente, pero en este caso el sonido se comportará de forma diferente debido a la forma rectangular, pero no impidiendo que este sea más confortable y funcional como biblioteca.

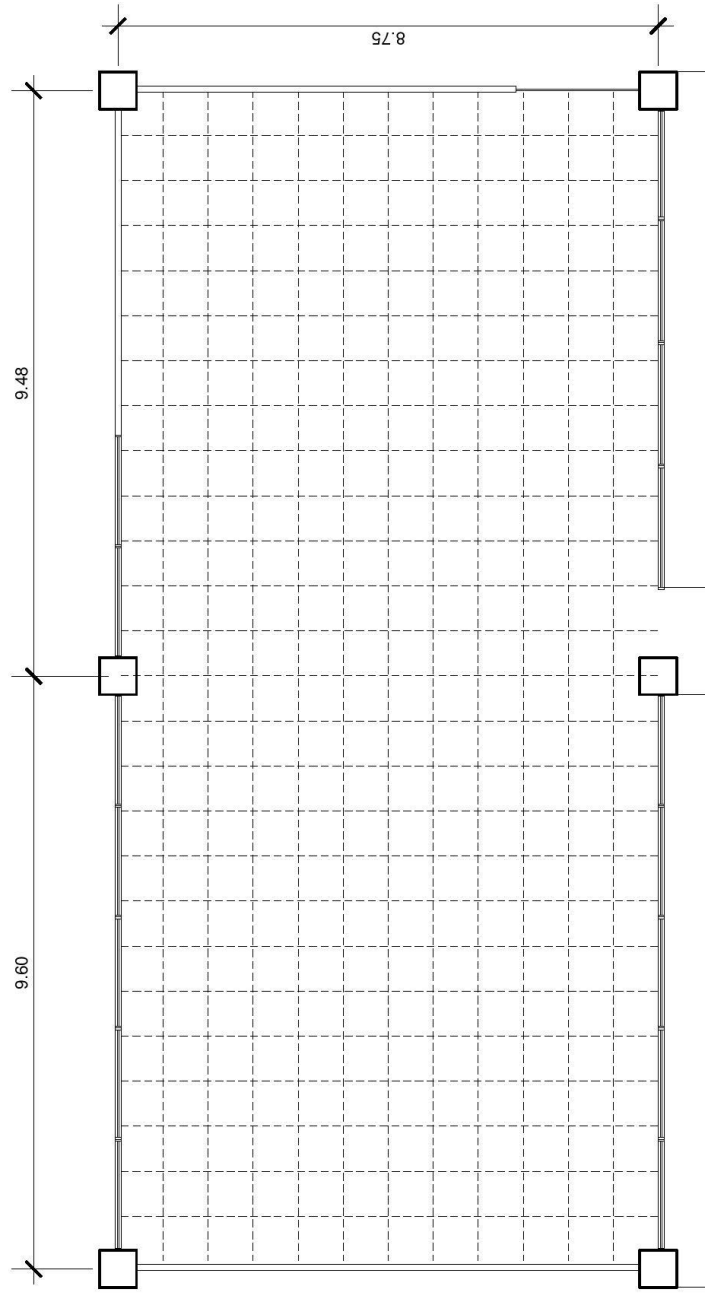
La importancia de realizar los procedimientos acústicos tanto de aislamiento como de absorción es muy relevante, ya que actualmente existen muchos ambientes que son diseñados de una manera estética pero al llegar a la función y existe sonido fuera o dentro de ellos, opacan completamente el confort que estos pueden transmitir porque el sonido no se comporta de manera correcta causando molestias. Como antes mencionamos es primordial tomar en cuenta más aspectos, tales como el diseño acústico formal del ambiente, ya que de este depende en su mayoría del comportamiento del sonido en los ambientes.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO, BIBLIOTECA FARUSAC



PLANTA ARQUITECTONICA BIBLIOTECA FARUSAC
DISTRIBUCION MOBILIARIO
ESCALA 1:75

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO, BIBLIOTECA FARUSAC



PLANTA LOSA BIBLIOTECA FARUSAC
ESCALA 1:75

CONCLUSIONES

Es primordial conocer cada uno de los términos que se utilizan en el sonido y acústica, previamente a diseñar un ambiente que requiera un comportamiento del sonido adecuado, ya que este conocimiento llevará a aplicar de forma correcta el sonido y poder controlar voluntariamente su desenvolvimiento o comportamiento dentro del mismo.

Para cada uno de los elementos en un ambiente, tales como puertas, ventanas, muros, cielos, pisos y otros, es necesario conocer los tratamientos acústicos que a los mismos se le deben dar en caso de ser necesario un aislamiento y en ocasiones acondicionamiento, para que el sonido se comporte de una forma debida.

En el mercado nacional e internacional actualmente existe una gran gama de materiales acústicos, que varían de acuerdo con la localidad y a los sistemas constructivos usados, por lo que existe una gran variedad de materiales aislantes o para el acondicionamiento acústico para elegir, estos se tomarán en cuenta dependiendo de las cualidades del proyecto y del presupuesto por el que está regido. La gama de materiales que presentamos son los más utilizados y de manera práctica, pero no siendo así los únicos.

Existen varios tipos de cálculo que pueden hacerse para tratar un ambiente con aislamiento o acondicionamiento acústico, únicamente presentamos las formas más sencillas y prácticas para utilizar en diseños y ambientes existentes o lugares en los que no se requiera un estudio especializado del mismo, como edificios comerciales, residenciales, públicos y otros de mediana magnitud. Cuando estos requieran tratamientos acústicos mayores, elevándose la cantidad de elementos volviendo más complejo el cálculo, será necesario acudir a profesionales y a programas aplicados al tema para garantizar la eficiencia del sonido dentro de ellos.

RECOMENDACIONES

Para el uso adecuado de los materiales acústicos debemos previamente considerar, la necesidad del mismo, y si el ambiente realmente lo requiere, realizando los cálculos necesarios y apoyándonos de mediciones necesarias.

Para elegir el procedimiento acústico a implementar en un ambiente es necesario que analicemos la raíz del problema, evaluando si el impacto sonoro es alto y negativo, tratar exclusivamente los elementos que lo involucren, tal como muros, puertas, ventanas, evitando realizar tratamientos en donde no se requieran inflando el presupuesto.

Consultar con varias empresas proveedoras de materiales acústicos y solicitar las fichas técnicas de los materiales, nos ayudarán de gran manera para saber cuál de esos materiales se adaptará al tipo de proyecto que se está realizando.

Debemos siempre considerar la probabilidad de contratar un profesional en sonido o acústica cuando los ambientes a diseñar sean complejos o al realizar los cálculos con distintos materiales no chequeen en lo mínimo o máximo requerido y el problema permanezca a pesar de las pruebas elaboradas.

Este documento está enfocado en la búsqueda de soluciones para el Aislamiento y Acondicionamiento acústico de una forma práctica y sin necesidad de un procedimiento complejo, por lo que facilita de gran manera su aplicación. En caso de tener un proyecto con mayor necesidad de acondicionamiento acústico o aislamiento se aconseja la búsqueda de herramientas digitales que faciliten o puntualicen de mejor manera los datos obtenidos y así proponer de una forma integral un proyecto arquitectónico.

ANEXOS

Cuadros de coeficientes de absorción de acuerdo al material.

ABERTURAS								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
CORTINA	Cortina veneciana de metal		0.06	0.05	0.07	0.15	0.13	0.17
PUERTA	Puerta		0.15	0.10	0.06	0.08	0.10	0.05
VIDRIO	Vidrio Pesado		0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
	Ventanal de vidrios gruesos, grandes paños		0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
	Ventana de vidrio simple	2	0.33	0.25	0.10	0.07	0.06	0.04
	Ventana de vidrio común	3	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
	Ventana de vidrio	4	0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02
	Ventana de vidrio	6	0.10	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
	Ventana de doble vidrio		0.25	0.10	0.07	0.06	0.04	0.02

CONTENIDO								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
ASIENTO	Butaca de madera		0.02	0.02	0.03	0.35	0.04	0.04
	Butaca de madera		0.02	0.02	0.04	0.06	0.10	0.10
	Cutaca semitapizada		0.06	0.08	0.10	0.12	0.12	0.12
	Butaca tapizada		0.09	0.12	0.14	0.16	0.15	0.16
	Butaca semitapizada		0.10	0.10	0.15	0.15	0.20	0.20
	Butaca tapizada con cuero o vinilo		0.10	0.15	0.25	0.25	0.25	0.25
	Butaca tapizada con plástico		0.20	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30
	butaca tapizada de terciopelo		0.30	0.32	0.27	0.30	0.33	0.33
	Butaca tapizado delgado		0.13	0.20	0.30	0.45	0.50	0.50
	Butaca bien tapizada		0.15	0.25	0.40	0.45	0.45	0.40
	Butaca tapizado de lujo		0.28	0.28	0.40	0.50	0.55	0.60
ASIENTOS	Área de asientos desocupados, tapizado ligero		0.35	0.45	0.57	0.61	0.59	0.55
	Área de asientos desocupados, tapizado mediano		0.56	0.64	0.70	0.72	0.68	0.62
	Área de asientos desocupados, tapizado grueso		0.72	0.79	0.83	0.84	0.83	0.79
AIRE	Aire					0.00	0.00	0.02

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

MATERIAL	DESCRIPCION	125	250	500	1000	2000	4000
AUDIENCIA	Publico en asientos de tapizado en cuero	0.15	0.35	0.45	0.45	0.45	0.40
	Publico en asientos de madera, base acolchonada	0.15	0.35	0.45	0.45	0.45	0.40
	Público en asientos con tapizado poroso integral	0.25	0.40	0.55	0.65	0.65	0.60
	Área de asientos tapizados en cuero, desocupada	0.40	0.50	0.58	0.61	0.58	0.50
	Público en sillas de madera 75% desocupada	0.46	0.56	0.65	0.75	0.72	0.65
	Público en asientos de madera	0.31	0.51	0.73	0.80	0.82	0.82
	Área de asientos tapizado grueso, desocupado	0.44	0.60	0.77	0.89	0.82	0.70
	Público en bancos de madera 100% ocupada	0.57	0.61	0.75	0.86	0.91	0.86
	Área de audiencia en asientos tapizado ligero	0.56	0.68	0.79	0.83	0.86	0.86
	Público en asientos de tapizado delgado	0.38	0.60	0.80	0.90	0.90	0.90
	Área de audiencia ocupada	0.40	0.60	0.80	0.90	0.90	0.80
	Área de audiencia en asientos de tapizado mediano	0.68	0.75	0.82	0.85	0.86	0.86
	Público en asientos tapizados	0.52	0.68	0.85	0.95	0.95	0.90
	Público en asientos tapizados grueso	0.50	0.70	0.85	0.95	0.95	0.90
	Área de audiencia en asientos muy tapizados	0.76	0.83	0.88	0.91	0.91	0.89
	Publico en sillas de madera 100% ocupadas	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
PERSONA	Escolar pupitre	0.17	0.21	0.26	0.30	0.33	0.37
	Muchacho de pie	0.18	0.20	0.27	0.30	0.36	0.36
	Persona en bancos de madera	0.20	0.25	0.31	0.35	0.33	0.30
	Liceal con pupitre	0.20	0.28	0.31	0.37	0.41	0.42
	Persona en asiento de madera	0.15	0.25	0.35	0.38	0.38	0.35
	Persona en asiento tapizado	0.30	0.33	0.38	0.46	0.39	0.35
	Adulto de pie	0.21	0.33	0.41	0.52	0.46	0.42
	Persona de asiento tapizado	0.30	0.35	0.42	0.46	0.48	0.40
	Adulto sentado en silla de madera	0.18	0.40	0.46	0.46	0.51	0.46
	Músico con instrumento	0.35	0.80	1.10	1.50	1.20	1.10
	Músico con instrumento (promedio)	0.38	0.82	1.12	1.40	1.23	1.16
	Músico con instrumento	0.40	0.85	1.15	1.40	1.20	1.20

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

MATERIAL	DESCRIPCION	mm	250	500	1000	2000	4000
ALFOMBRA	Alfombra sobre pared	10	0.08	0.21	0.27	0.27	0.37
CORCHO	Corcho en baldosas contra respaldo sólido	22	0.10	0.20	0.55	0.60	0.55
	Revestimiento de corcho	20	0.27	0.72	0.79	0.76	0.77
CORTINA	Tejido de terciopelo 340, liso contra pared		0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
	Tejido de algodón 360, exento		0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
	Cortinas, tejido delgado		0.05	0.11	0.18	0.30	0.35
	Terciopelo mediano, liso ante pared		0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
	Tejido de algodón 500, exento		0.07	0.13	0.22	0.33	0.35
	Cortinas, tejido mediano		0.07	0.13	0.22	0.32	0.35
	Tejido de terciopelo 650, exento		0.12	0.35	0.45	0.38	0.36
	Cortinas, tejido espeso		0.12	0.35	0.48	0.38	0.36
	Tejido de terciopelo a 1.00m de la pared		0.29	0.44	0.50	0.40	0.35
	Tejido de algodón, plegado al 75%		0.23	0.40	0.54	0.53	0.40
	Terciopelo mediano al 50% ante la pared		0.25	0.40	0.50	0.60	0.50
	Tejido de terciopelo 475, plegado 50%		0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
	Terciopelo fruncido		0.31	0.49	0.81	0.66	0.44
	Tejido de algodón 500, plegado al 50%		0.37	0.49	0.71	0.65	0.54
Tejido de terciopelo 600, plegado al 50%		0.35	0.55	0.72	0.70	0.65	
FIBRA DE MADERA	Fibra de madera	38	0.19	0.40	0.79	0.55	0.77
	Fibra de madera	50	0.24	0.54	0.88	0.53	0.70
HORMIGON	Hormigón revocado		0.00	0.00	0.01	0.01	0.04
	Hormigón bloques pintados		0.09	0.08	0.09	0.10	0.04
	Hormigón bloques pintados 2		0.08	0.07	0.06	0.05	0.05
LADRILLO	Ladrillo visto pintado		0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	Ladrillo pintado		0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	Ladrillo pintado		0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	Ladrillo revocado y hendido		0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
	Ladrillo visto		0.03	0.03	0.04	0.05	0.07

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

MATERIAL	DESCRIPCION	mm	250	500	1000	2000	4000
LAMBRIZ	Placas de aglomerado (16+30 mm de aire)	46	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02
	Placas de aglomerado (25+30 mm de aire)	55	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
	Placas de aglomerado (25+30 mm de lana de vidrio)	55	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
	Placas de aglomerado (16+30 mm de lana de vidrio)	46	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02
	Placas de aglomerado (8+30 mm de aire)	38	0.20	0.04	0.04	0.04	0.04
	Madera compensada sin cámara		0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
	Revestimiento de madera	65	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
	Paneles de madera (18+40 mm de aire)	58	0.10	0.10	0.08	0.08	0.07
	Placas de aglomerado (8+30mm de lana de vidrio)	38	0.25	0.04	0.04	0.04	0.04
	Paneles de 25 mm sobre espacio de aire		0.14	0.09	0.06	0.06	0.05
	Paneles de madera (16+40 mm de aire)	56	0.12	0.10	0.10	0.08	0.07
	Paneles de contrachapado (6+50mm de aire)	56	0.30	0.12	0.07	0.04	0.04
	Paneles sobre cámara de aire (3+25mm)	28	0.20	0.15	0.10	0.10	0.05
	Paneles sobre material poroso (3+25mm)	28	0.25	0.15	0.10	0.10	0.05
	Paneles de contrachapado (6+50mm de lana de vidrio)	56	0.40	0.13	0.07	0.04	0.04
	Revestimiento de madera	53	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06
	Revestimiento de madera	56	0.34	0.18	0.10	0.10	
	Paneles de contrachapado (5+50mm de lana de vidrio)	55	0.34	0.30	0.11	0.08	0.08
	Paneles de contrachapado delgado		0.21	0.10	0.08	0.06	0.06
	Placas de fibromadera con fieltro bituminoso y cámara	60	0.45	0.25	0.15	0.10	0.10
Paneles de contrachapado (6+50mm de lana de vidrio)	56	0.42	0.35	0.12	0.08	0.08	
Revestimiento de madera	53	0.65	0.24	0.12	0.10	0.06	

PAREDES									
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000	
PANEL PERFORADO	Panel perforado 5% sobre manto poroso 50mm	53	0.20	0.40	0.75	0.60	0.40	0.30	
	Panel perforado 5% sobre planchas poroso 50mm	53	0.25	0.45	0.75	0.60	0.40	0.30	
	Panel perforado 20% sobre manto poroso 50mm	53	0.20	0.35	0.65	0.80	0.90	0.90	
	Panel perforado 10% sobre manto poroso 50mm	53	0.20	0.35	0.65	0.85	0.85	0.75	
	Panel perforado 10% sobre planchas poroso 50mm	53	0.25	0.40	0.75	0.85	0.80	0.75	
	Malla perforado +30% sobre manto poroso 50mm	76	0.35	0.70	0.90	0.90	0.95	0.90	
MEMBRANA	Fieltro bituminoso doble sobre cámara de aire	260	0.50	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	
REVOQUE	Pared revocada		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04	
	Revoque de cal		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07	
	Revoque sobre respaldo sólido		0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	
	Revoque rugoso		0.03	0.03	0.06	0.08	0.04	0.06	
	Revoque de cemento		0.03	0.03	0.06	0.09	0.04	0.06	
	Revoque de cal y arena	20	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06	
FIBRA	Placas pintadas de fibra 12mm contra pared		0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15	
	Placas pintadas de fibra sobre cámara (12+25mm)		0.30	0.20	0.15	0.10	0.10	0.15	
	Placas de fibra 12mm contra pared		0.05	0.10	0.15	0.25	0.30	0.30	
	Placas de fibra sobre cámara (12+25mm)		0.30	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	
ESPEJO	Espejo		0.04	0.03	0.02	0.01	0.07	0.04	

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

PAREDES								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
YESO	Placas de yeso (13+100mm de aire)	113	0.10	0.10	0.04	0.02	0.02	0.02
	Placas de yeso (10+50mm de aire)	60	0.32	0.07	0.05	0.05	0.02	0.02
	Pared de placas de yeso (13+65+13mm)	90	0.30	0.09	0.04	0.05	0.04	0.03
	Pared de placas de yeso (13+65+13mm con relleno)	90	0.31	0.07	0.04	0.06	0.05	0.03
	Pared de placas de yeso (13+30mm lana de vidrio)	43	0.50	0.20	0.05	0.02	0.02	0.02
	Placas de yeso (13+30mm de aire)	43	0.30	0.20	0.05	0.02	0.05	0.02
	Placas de yeso 13mm sobre parantes		0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
	Placas de yeso (13+100mm lana de vidrio)	113	0.30	0.12	0.08	0.06	0.06	0.03
	Pared de placas de yeso (13+90+13mm con relleno)	115	0.17	0.07	0.09	0.09	0.07	0.06
	Placas de yeso (10+50mm de lana de vidrio)	60	0.35	0.12	0.08	0.07	0.05	0.02
	Doble placa de yeso de 2*16	32	0.28	0.12	0.10	0.17	0.13	0.09
HORMIGON	Piso de hormigón		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
	Hormigón alisado		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05
	Hormigón alisado o monolítico		0.01	1.00	0.01	0.02	0.02	0.02
	Hormigón rasado o monolítico		0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
PARQUET	Parquet de madera sobre contra piso		0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05
	Parquet sobre contrapiso		0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
	Parquet de madera sobre hormigón		0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
	Parquet de madera sobre listones	15	0.20	0.15	0.12	0.10	0.10	0.07
PAVIMENTO	Linóleo	5	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	Contrapiso + linoleo baldasfalto, goma, corcho		0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
	Linóleo sobre hormigón		0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	Alfombra de goma	5	0.03	0.04	0.06	0.08	0.07	0.05
	Pavimento de corcho	20	0.04	0.03	0.05	0.11	0.07	0.02
	Alfombra de goma	5	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
	Pavimento de corcho 3mm Dekwall	3	0.04	0.03	0.05	0.11	0.07	0.02
	Pavimento de goma	5	0.04	0.04	0.08	0.12	0.13	0.10
Pavimento de corcho 3mm Dekwall, pegado	3	0.01	0.03	0.05	0.10	0.24	0.16	

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

PAREDES								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
PISO DE TABLAS	Piso de tablillas sobre listones		0.10	0.25	0.10	0.10	0.07	0.07
	Tablas de madera sobre vigas cubierto con linóleo		0.20	0.15	0.08	0.05	0.03	0.02
	Tablas de madera sobre vigas cubierto con linóleo		0.20	0.15	0.08	0.05	0.03	0.02
	Tablas de madera sobre vigas, plastificadas		0.15	12.00	0.10	0.07	0.06	0.07
	Tablas de madera sobre viguetas		0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
	Tablas de madera sobre vigas		0.20	0.15	0.10	0.08	0.08	0.05
	Tabla o aglomerado 19mm sobre viguetas		0.15	0.20	0.10	0.10	0.05	0.05
	Piso de tablas sobre viguetas		0.15	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
	Plataforma de madera sobre gran espacio de aire		0.40	0.30	0.20	0.17	0.15	0.10
	Tablas de madera sobre vigas, con moqueta delgada		0.20	0.15	0.15	0.30	0.50	0.60
TARIMA	Entarimado de madera		0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07
TRIBUNA	Tribuna de madera portable		0.40	0.10				

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

PAREDES								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
MOQUETA	Alfombra delgada		0.01	0.02	0.03	0.05	0.08	0.10
	Alfombra needlepunch 5mm	5	0.03	0.05	0.05	0.25	0.35	0.50
	Alfombra delgada pegada al contrapiso		0.02	0.04	0.08	0.20	0.35	0.40
	Alfombra comercial pegada al contrapiso		0.03	0.05	0.09	0.23	0.38	0.54
	Alfombra	8	0.13	0.06	0.13	0.20	0.46	0.70
	alfombra pelo largo cepillado	9	0.02	0.05	0.10	0.35	0.45	0.55
	Alfombra	9	0.12	0.10	0.18	0.20	0.46	0.72
	Alfombra media sobre base espumosa		0.03	0.09	0.25	0.31	0.33	0.44
	Alfombra delgada pegada al contrapiso		0.04	0.04	0.15	0.30	0.50	0.60
	Alfombra tejida de lazos lana, pelo 2,4mm		0.10	0.16	0.11	0.30	0.50	0.47
	Alfombra tejida de lazos lana, pelo 6,4mm		0.15	0.17	0.12	0.32	0.52	0.57
	Alfombra pesada pegada al contrapiso		0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
	Alfombra liviana de pelo enlazado		0.04	0.08	0.17	0.33	0.59	0.75
	Alfombra de fieltro	12	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.27
	Alfombra sobre fieltro		0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.25
	Alfombra	13	0.12	0.10	0.20	0.30	0.64	0.93
	Alfombra pesada sobre contrapiso		0.02	0.16	0.14	0.37	0.60	0.65
	Alfombra pesada sobre contrapiso		0.02	0.06	0.14	0.37	0.60	0.65
	Alfombra con base espuma pegada al contrapiso		0.03	0.08	0.59	0.26	0.37	0.55
	Alfombra base latex + bajo alfombra 1,4		0.08	0.27	0.39	0.34	0.48	0.63
	Alfombra media sobre base esponjosa		0.03	0.09	0.20	0.54	0.70	0.72
	Alfombra sobre bajoalfombra 1,4		0.07	0.16	0.57	0.40	0.47	0.57
	Alfombra de pelo rizado		0.08	0.08	0.30	0.60	0.75	0.80
	Alfombra liviana de pelo enlazado con fieltro 1,4		0.10	0.19	0.35	0.79	0.69	0.79
	Alfombra gruesa de pelo enlazado c/almohadilla 1,4		0.03	0.25	0.55	0.70	0.62	0.84
	Alfombra pesada sobre bajoalfombra de espuma		0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
	Alfombra + bajoalfombra 1,4		0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
	Alfombra de pelo enlazado c/almohadilla 3		0.10	0.40	0.62	0.70	0.63	0.88

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

	Alfombra gruesa de pelo enlazado c/almohadilla 3		0.20	0.50	0.68	0.72	0.65	0.90
PAREDES								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
CIELORRASO DE FIBRA	Placas de fibra 19 mm Armstrong Suprafine 2200	19	0.38	0.29	0.39	0.56	0.71	0.78
	Placas de fibra 19mm Armstrong Sec. Look	19	0.34	0.32	0.48	0.64	0.71	0.76
	Placas de fibra 16mm Armstrong Minaboard	16	0.30	0.32	0.54	0.74	0.67	0.60
	Placas de fibra 16mm Armstrong Minatone	16	0.40	0.30	0.54	0.78	0.67	0.48
	Placas lana de vidrio con lamina vinilo sin perforar	16	0.57	0.39	0.41	0.82	0.89	0.72
	Placas de fibra 19mm Celotex Ultra	19	0.32	0.34	0.71	0.87	0.87	0.85
	Placas de lana de vidrio con lamina vinilo perforada	16	0.65	0.69	0.61	0.82	0.87	0.71
CIELORRASO DE METAL	Cielorraso de perfiles met. Ranurados 17% c/lana vidrio		0.60	0.73	0.55	0.62	0.35	0.39
	Cielorraso placas metálicas perforadas 7%		0.40	0.60	0.80	0.80	0.70	0.50
	Cielorraso placas metálicas perforadas 25%		0.40	0.60	0.80	0.80	0.90	0.80
	Revoque Faserit proyectado		0.05	0.04	0.07	0.10	0.12	0.18
HORMIGON	Hormigón Normal		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.04
	Hormigón pintado		0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
	Hormigón rústico		0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07
LANA DE VIDRIO	Lana de vidrio 50mm con cubierta perforada 5%	51	0.20	0.40	0.75	0.60	0.40	0.30
	Lana de vidrio 50mm con cubierta perforada 10%	51	0.20	0.35	0.65	0.85	0.85	0.75
	Manto 100mm con cubierta perf. 23% film polietileno	101	0.78	1.01	1.14	1.03	0.94	0.78
	Manto 50mm con cubierta perf. 23%film +50mm aire	101	0.61	0.91	1.15	1.09	1.01	1.01
	Manto 100mm con cubierta perf. 23%	101	0.78	1.01	1.14	1.07	1.06	0.98
POLIURETANO	Placa 15 de poliuretano espuma flexible	15	0.03	0.15	0.21	0.45	0.45	0.85
	Placa 30 de poliuretano espuma flexible	30	0.07	0.30	0.37	0.70	0.70	0.97
	Placa 45 de poliuretano espuma flexible	45	0.15	0.70	1.00	0.85	0.85	0.90

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

TECHO								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
ENLUCIDO	Enlucido 30mm sobre metal desplegado		0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03
	Enlucido sobre espacio estrecho		0.25	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
	Enlucido sobre gran cámara de aire		0.20	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
	Enlucido acústico proyectado 13	13	0.04	0.15	0.47	0.75	0.82	0.80
	Enlucido acústico proyectado 20	20	0.10	0.30	0.60	0.90	0.90	0.85
	Enlucido acústico proyectado 25	25	0.16	0.45	0.70	0.90	0.90	0.85
	Enlucido acústico proyectado 13 c/cámara 25	38	0.25	0.50	0.80	0.90	0.90	0.85

TECHO								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
ESPUMA	Espuma suspendida de poliuretano	40	0.12	0.26	0.48	0.96	1.26	1.16
	Espuma suspendida de poliuretano	70	0.28	0.46	0.74	1.15	1.26	1.29
	Placa de espuma blanca 25/35	25	0.11	0.17	0.40	0.72	0.76	0.91
	Placa de espuma blanca 35/125	35	0.14	0.21	0.61	0.80	0.89	0.92
	Placa de espuma blanca 50/125	50	0.05	0.31	0.81	1.01	0.99	0.95
	Placa de espuma de poliuretano 30/125	30	0.07	0.15	0.51	0.91	0.82	0.84
ABSORSORES	Absorores suspendidos	30	0.20	0.55	0.64	0.84	0.97	0.97
	Absorores suspendidos	30	0.38	0.76	0.94	1.18	1.28	1.28
YESO	Placa de yeso 13+650mm lana de vidrio	663	0.05	0.05	0.05	0.03	0.02	0.02
	Placa de yeso 25mm con espacio de aire		0.10	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04
	Placa de yeso 13+400mm de aire	413	0.14	0.10	0.09	0.03	0.02	0.02
	Cielorraso de placas de yeso 13mm + espacio de aire		0.12	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
	Placa de yeso 13+400mm lana de vidrio	413	0.20	0.12	0.09	0.03	0.05	0.02

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

VARIOS								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
ESPUMA	Espuma blanda poliuretano sin perfil		0.23	0.44	0.15	0.20	0.21	0.19
	Doble espuma blanda poliuretano base de poliester		0.05	0.19	0.52	0.39	0.97	0.96
HORMIGON	Hormigón de espuma acústica de 940 kg/m ³				0.39	0.42	0.42	0.39
	Hormigón pintado en bloques		0.100	0.090	0.080	0.090	0.100	
ENLUCIDO	Enlucido de hormigón		0.004	0.004	0.005	0.006	0.008	0.150
	Enlucido con cemento muro de hormigón		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
LADRILLO	Ladrillo pintado		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	Ladrillo + enlucido de yeso		0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.01
	Ladrillo visto		0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
	Grava + suelo flojo		0.25	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
ALFOMBRA	Alfombra fibra vegetal		0.08		0.17		0.30	
	Alfombra de goma	0.5	0.04		0.08	0.12	0.03	0.10
	alfombra de fibra coco		0.11	0.13	0.17	0.40	0.29	0.29
	Alfombra forrada de fieltro	1.2	0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.27
MOQUETA	Moqueta de goma + hormigón	0.5	0.04	0.04	0.08	0.12	0.13	0.10
	Moqueta sobre suelo de cemento		0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
	Moqueta	0.8	0.13	0.06	0.13	0.20	0.46	0.70
	Moqueta	0.9	0.12	0.10	0.18	0.20	0.46	0.72
	Moqueta	1.3	0.12	0.10	0.20	0.30	0.64	0.73
	Moqueta + fieltro + madera		0.11	0.13	0.28	0.45	0.29	0.29
	Moqueta + fieltro + hormigón		0.11	0.14	0.37	0.43	0.27	0.25
TEJIDO	Tejido de algodón		0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
	Tela de algodón lisa		0.05	0.08	0.12	0.22	0.32	
	Tejido de algodón 500gr/m		0.04	0.07	0.13	0.22	0.33	0.35
	Tela de arpillera		0.3	0.27	0.27	0.26	0.15	
	Tejido de terciopelo a 1cm de la pared		0.08	0.29	0.44	0.50	0.40	0.35
	Tejido de terciopelo		0.05	0.12	0.35	0.45	0.38	0.36
	Terciopelo liso		0.05	0.12	0.35	0.45	0.38	
	Terciopelo liso colgado a 20 cm de la pared		0.08	0.29	0.44	0.50	0.40	0.35
	Tela fruncida		0.05	0.22	0.40	0.54	0.52	
	Terciopelo fruncido		0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.54
	Tejido de algodón 1/2 del área		0.07	0.37	0.49	0.81	0.65	0.54
	Terciopelo fruncido		0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

VARIOS								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
AIRE	Aire 40% humedad relativa						0.002	0.004
	Aire 50% humedad relativa						0.002	0.008
	Aire 60% humedad relativa						0.011	0.007
FIBRA	Fibra vegetal		0.08		0.17		0.30	
	Fibra de vidrio	6.00			0.85			
PANELES	Panel absorbite perforado	2.50			0.73	0.72	0.84	0.80
	Panel de lana de madera	2.50	0.10		0.40		0.60	
	Panel de lana de madera	7.50	0.20		0.80		0.80	
	Panel de lana de madera + 20mm de cámara de aire		0.10		0.60		0.60	
PAVIMENTO	Pavimento de goma espumosa + cemento		0.08		0.35		0.60	
	Pavimento de goma espumosa + cemento		0.05	0.06	0.10	0.12	0.08	
	Pavimento goma sobre cemento	5.00	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
	Parquet sobre listones		0.20	0.15	0.12	0.10	0.10	0.07
	Pavimento de terraza		0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
AGUA	Agua		0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
	Linóleo	0.70	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
	Block Visto		0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
	Block Pintado		0.1	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
	Mármol		0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
ENLUCIDO	Enlucido de yeso cal + fondo de madera		0.02 4	0.02 7	0.03 0	0.037	0.190	0.034
	Enlucido de cal		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	enlucido de yeso liso		0.02 0	0.02 2	0.03 2	0.039	0.039	0.028
	Arena húmeda		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15
	Enlucido + cemento rugoso		0.02 5	0.02 6	0.06 0	0.085	0.043	0.056
	loseta yeso seco		0.02	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
	Liníleo	5.00	0.02 0	0.02 5	0.03 0	0.035	0.040	0.070
	Enlucido cal + arena		0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06
	yeso no liso + fondo de madera		0.02 5	0.04 5	0.06 0	0.085	0.043	0.058
	Enlucido de yeso y vermiculita		0.12	0.10	0.07	0.09	0.07	
PARQUET	Parquet	1.5	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
	Parquet sobre asfalto		0.05	0.03	0.06	0.09	0.10	0.22

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

VARIOS								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
MADERA	Madera barnizada		0.05		0.03		0.03	
	Madera barnizada de 15mm con 50mm de cámara de aire		0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
	Madera de pino barnizada y 50mm de cámara de aire		0.10	0.11	0.10	0.09	0.08	
	Madera ordinaria			0.20	0.13	0.10	0.06	0.05
	Madera contrachapada sobre pared		0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
	Panel de pino		0.10	0.11	0.06	0.05	0.08	0.11
	tarima de madera		0.09	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07
	Madera contrachapada a 50mm de pared		0.18	0.26	0.24	0.10	0.10	0.10
	Madera contrachapada de 6mm de cámara de aire		0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	
	Madera 30mm + 50mm cámara de aire		0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06
	Tablex duro		0.18	0.20	0.25	0.24	0.31	0.30
	Panel semicilíndrico madera contrachapada		0.25	0.30	0.33	0.22	0.20	0.21
	Madera 30mm + 50mm cámara de aire		0.61	0.65	0.24	0.12	0.10	0.06
	Tablex		0.14	0.20	0.32	0.43	0.51	0.66
FORMICA	Formica		0.56	1.03	0.65	0.61	0.37	0.25
CORCHO	corcho		0.04	0.03	0.05	0.11	0.07	0.02
	corcho de pavimento encolado		0.08	0.02	0.08	0.19	0.21	0.22
	Corcho		0.12	0.27	0.72	0.79	0.76	0.77
	Corcho aglomerado		0.12	0.28	0.85	0.82	0.78	
LANA	Lana mineral + Yeso acústico perforado	3.50	0.28	0.37	0.40	0.38	0.39	
	Lana mineral a granel	2.50	0.06	0.19	0.39	0.54	0.60	0.75
	Lana de vidrio		0.10	0.15	0.45	0.55	0.60	0.60
	Lana de vidrio	9.00	0.32	0.40	0.51	0.60	0.65	0.60
	Lana mineral en cojín		0.32	0.40	0.53	0.55	0.61	0.66
ARENA	Arena seca		0.15	0.35	0.40	0.50	0.55	0.80
FIELTRO	Fieltro	3.50	0.13	0.31	0.56	0.69	0.65	
	Fieltro de lana		0.09	0.34	0.55	0.66	0.52	0.39
	Fieltro ligero		0.02	0.04	0.10	0.21	0.57	0.92
FIBRA	Fibra de vidrio	4.00	0.20	0.35	0.65	0.80	0.75	0.65
	Fibra de madera		0.10	0.19	0.40	0.79	0.55	0.77
	Panel fibra de madera		0.47	0.52	0.50	0.55	0.58	0.63
	Fibra de madera comprimida		0.04	0.24	0.54	0.88	0.53	0.70
	Panel perforado fibrayeso		0.40	0.80	0.62	0.92	0.81	
	Fibra de vidrio	10.00	0.75	0.96	0.96	0.90	0.84	0.74

MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA

VARIOS								
MATERIAL	DESCRIPCION	mm	125	250	500	1000	2000	4000
SILLAS	Pupitre de madera		0.04		0.04		0.04	
	Pupitre y silla de madera		0.24		0.39		0.43	
	Butaca sencilla de madera		0.02	0.02	0.03	0.35	0.038	0.038
VIDRIO	Espejo		0.035	0.025	0.019	0.012	0.070	0.004
	Laminas de vidrio		0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.03
	Vidrio de ventana normal		0.35		0.04	0.27	0.03	0.20
BUTACA	Butaca de madera		0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	
	Butaca tapizada		0.09	0.12	0.14	0.16	0.15	0.16
	Butaca tapizada de plástico		0.20	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30
	Butaca tapizada de terciopelo		0.30	0.32	0.27	0.30	0.33	0.33
PERSONA	Persona en banco de iglesia		0.20	0.25	0.31	0.35	0.33	0.30
	Espectador en asiento de madera		0.15	0.25	0.35	0.38	0.38	0.35
	Publico sentado		0.30	0.32	0.37	0.44	0.36	
	Espectador en asiento de respaldo tapizado		0.30	0.33	0.38	0.46	0.39	0.35
	Espectador en asiento tapizado		0.10	0.35	0.42	0.46	0.48	0.40
	Espectador en asiento tapizado		0.36	0.43	0.47	0.44	0.49	0.49
	Rejilla de ventilación		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Músico con instrumento		0.40	0.85	1.15	1.40	1.20	1.20

61

⁶¹ Manuel Recuero. *Acústica Arquitectónica*. España. Editorial Paraninfo.

BIBLIOGRAFÍA

Borja Pendán, Rebollo, Tesis, Aislamiento a ruido aéreo entre locales. Mayo 2011.

Carrión Isbert, Antoni, (1998) Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. España. UPC.

Federico Miyara, Acústica y Sistemas de Sonido, UNR editora, 3ra edición - A.E Raes "Acústica Arquitectónica".

Lyle F. Yerges, Sonido y Control de vibraciones, Downers Grove III, New york, 1969, tomado de Lyle F. Yerges, Manual de medidas acústicas y control del ruido, Downers Grove III.

Manuel Recuero. Acústica Arquitectónica. España. Editorial Paraninfo.

Pachades, Higini Arau, ABC de la Acústica arquitectónica, (1999) Barcelona.

Ruiz Delgado, Ligia, Tesis, Acústica de Aulas, España.
UNAM, División de estudios superiores: "la influencia de la acústica en el diseño arquitectónico.

Vendrell, Sancho, Llinares Galiana, Llopis Reyna (2008), Acústica Arquitectónica y Urbanística (1ª ed.) Mexico: Limusa.

INTERNET

Acústica integral:

<http://www.acusticaintegral.com/acustisol30.htm> (Consultado el 02/02/2015)

Arte sonoro en línea (productor) (2012) características físicas del sonido [video]
<https://www.youtube.com/watch?v=rslsccqv8q> (consultado 15/11/2014)

ARAMBURU MAQUA, ROCÍO Leda, en Ciencias Físicas Centro de Información de la Asociación Nacional del Plomo.

<http://materconstrucc.revistas.csic.es>. Consultado el 30/01/2015

Capacidad acústica Lana de roca.

http://cth.gva.es/comunes_esp/documentos/agenda/Cas/72898-2011-05_PPT_JORNADA%20CTL%20ACUSTICA.pdf (Consultado el 02/02/2015)

Coeficiente de absorción, placa de Yeso.

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/inst_electricas/Tablas_de_Absorcion_Univ_Valencia.pdf (consultado el 03/02/2015)

Composición Viruta Prensada.

<http://cemat.es/wp-content/uploads/2014/01/tarifa-panel-de-viruta-celenit.pdf> (consultado 02/02/2015)

Cualidades acústicas del espacio

http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io3/public_html/CualidadesII.html

Corcho, Aislante eficaz.

<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2014/03/25/219573.php> (consultado el 11/02/2015)

Ecured

http://www.ecured.cu/index.php/Aislamiento_ac%C3%BAstico (consultado 15/10/2014)

Espuma acústica,

<http://www.comaudi-industrial.com/producto/espuma-acustica-ytrl-1000/>
(consultado: 30/11/2014)

Espumas técnicas, FOAMLAND, S.L.

<http://www.foamland.es/polietileno-reticulado-quimico> (Consultado el 02/02/2015)

Espuma Elastomerica. Composición,

http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Espuma_elastomerica.PDF
(consultado el 03/02/2015)

Fibra de Vidrio, Materiales Acústicos,

<http://www.comaudi-industrial.com/> -(consultado: 30/11/2014)

Ingeniería Acústica (2013)

<http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-tipos-de-ruido-en-edificacion/>
(consultado 15/11/2014)

Instalación de Viruta prensada.

<http://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/407/placa-de-viruta-de-madera-heradesign-knauf#> (consultado el 02/02/2015)

Lana mineral, RATSA,

http://www.ratsa.com/i/c/pdf/4a360ad5d14f2_fichatecnicalanamineral650oc.pdf (consultado el 03/02/2015)

¹Lana mineral, Stone Wool,

<http://www.calorcol.com/Productos/LanaMineraldeRoca/tabid/88/Default.aspx> (consultado el 03/02/2015)

La madera en la acústica.

http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2329_10040.pdf?PHPSESSID=43dd551f9a30e3f08b2cef9033ea3e3e (consultado 17/10/2014)

Propiedades y Funciones del vidrio, el vidrio y el aislamiento acústico

[http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20ACÚSTICO\(1\).pdf](http://www.laveneciana.sggs.com/la_veneciana/images/FCK/Vidrio%20y%20aislamiento%20ACÚSTICO(1).pdf) . (Consultado el 20-10-2014)

Planchas de Plomo

<http://www.pbamat.com/planchas-plomo-insonorizacion.html> (consultado el 30/01/2015)

Vinilo Acústico,

<http://sonoflex.com/fonac/fonac-barrier/> (consultado 30/01/2015)

Instalación Vinilo Acústico.

<http://vimeo.com/texdecor> - <http://vimeo.com/86701894> (consultado 30/01/2015)

Soluciones de Aislamiento Acústico, Rockwool.

http://cth.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/72898-2011-05_PPT_JORNADA%20CTL%20ACUSTICA.pdf (Consultado el 02/02/2015)

Soluciones de Aislamiento Acústico, materiales andimat. Lana de poliéster:

<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-ACÚSTICO-andimat-jun09.pdf> (Consultado el 02/02/2015)

Propiedades del EPS como aislante sonoro.

[http://www.anape.es/EPS%20en%20los%20medios/Propiedades%20del%20EPS%20como%20aislante%20sonoro%20arte%20y%20Cemento%20\(abril%202011\).pdf](http://www.anape.es/EPS%20en%20los%20medios/Propiedades%20del%20EPS%20como%20aislante%20sonoro%20arte%20y%20Cemento%20(abril%202011).pdf) (consultado el 03/02/2015)

Sistemas Constructivos con Placa de Yeso Laminado, ATEDY.

<http://www.atedyplacayeso.com/compendio.pdf> (consultado 03/02/2015)

Soluciones de Aislamiento Acústico, materiales andimat. Lana de poliéster:

<http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-ACÚSTICO-andimat-jun09.pdf> (Consultado el 02/02/2015)

Terciopelo acústico. Disponible en: <http://www.masteringmansion.com/pro-audio/productos/acustica/mb-akustik/av32-terciopelo-ACÚSTICO-de-3-capas/167/>

(consultado el 11/02/2015)

Velocidad de sonido en diferentes medios.

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/tables/soundv.html> (consultado 15/11/2014)

Wegner Tesla, Sonido y Acústica, [película] publicado el 12-03-2013

<https://www.youtube.com/watch?v=s3pPAyXQYKQ>

Ingeniería acústica Fácil (2012) Como calcular el tiempo de reverberación [Película] España

<https://www.youtube.com/watch?v=FNvkVtqXJsl> (consultado 15/11/2014)

Guatemala, mayo 14 de 2015.

Señor Decano
Facultad de Arquitectura
Universidad de San Carlos de Guatemala
Msc. Arq. Byron Alfredo Rabé Rendón
Presente.

Atentamente, hago de su conocimiento que con base en el requerimiento de la estudiante de la Facultad de Arquitectura - USAC: **KEILA HANAMEEL LANCERIO ECHEVERRÍA**, Carné universitario No. **2008 10220**, realicé la Revisión de Estilo de su proyecto de graduación titulado: **MANUAL DE MATERIALES ACÚSTICOS EN LA ARQUITECTURA, GUATEMALA**, previamente a conferírsele el título de Arquitecta en el grado académico de Licenciada.

Y, habiéndosele efectuado al trabajo referido, las adecuaciones y correcciones que se consideraron pertinentes en el campo lingüístico, considero que el proyecto de graduación que se presenta, cumple con la calidad técnica y científica requerida, por lo que recomiendo darle continuidad al proceso correspondiente, antes de que se realice la impresión de dicho documento de investigación.

Al agradecer la atención que se sirva brindar a la presente, me suscribo respetuosamente,



Lic. Maricella Saravia
Colegiada 10,804

Lic. Maricella Saravia de Ramírez
Colegiada 10,804

Profesora Maricella Saravia de Ramírez
Licenciada en la Enseñanza del Idioma Español y de la Literatura
Especialidad en corrección de textos científicos universitarios

Teléfonos: **3122 6600** - 5828 7092 - 2232 9859 - 2232 5452 - maricellasaravia@hotmail.com

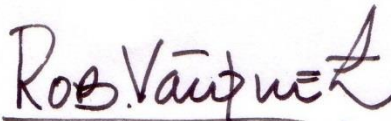
"MANUAL DE MATERIALES ACUSTICOS EN ARQUITECTURA"

Proyecto de Graduación desarrollado por:



Keila Hanameel Lancerio Echeverría

Asesorado por:



Mcs Jaime Roberto Vásquez Pineda



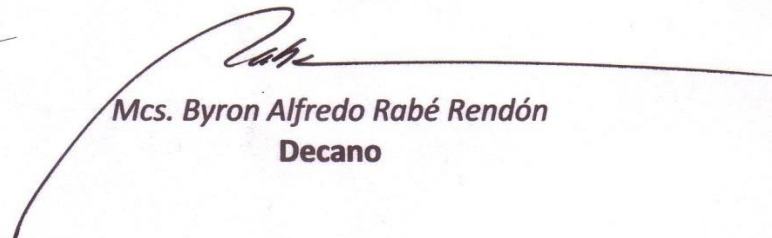
Mcs. Martín Enrique Paniagua García



Mcs. Byron Alfredo Rabé Rendón

Imprímase:

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Mcs. Byron Alfredo Rabé Rendón
Decano