

**INTERVENCIÓN EN LA SUPERFICIE DE BLOQUE DE TIERRA
COMPRIMIDO**

JONÁS GREGORIO CÁCERES PADILLA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
MEDELLÍN**

2020



**INTERVENCIÓN EN LA SUPERFICIE DE BLOQUE DE TIERRA
COMPRIMIDO**

JONÁS GREGORIO CÁCERES PADILLA

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Asesor

LUIS FELIPE LALINDE CASTRILLÓN

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MEDELLÍN

2020

JONÁS GREGORIO CÁCERES PADILLA

“Declaró que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea de igual forma o con variaciones, en esta o cualquier otra universidad”. Art. 92, parágrafo, Régimen estudiantil de formación avanzada.

FIRMA DEL AUTOR:



Jonás Cáceres P

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que siempre me han apoyados, motivado a seguir adelante con esta carrera, el esfuerzo tan grande que han hecho por pagarme los estudios.

A mi asesor el ingeniero civil Luis Felipe Lalinde, por la orientación y ayuda que me brindo en la investigación y realización de mi monografía de grado, por su apoyo, motivación y mostrarme la importancia de la materia en el campo laboral.

A el ingeniero de sonido Tomas Simón Gómez Méndez, por las asesorías enfocadas a los conceptos básicos del sonido que me ayudaron a la realización de la monografía.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. MARCO INTRODUCTORIO	12
1.1 Descripción del problema	12
1.2 Antecedentes	12
1.3 Elementos o Variables	12
1.3.1 Confort acústico	13
1.3.2 Sonido	13
1.3.3 Bloque de tierra	14
1.4 Delimitación	14
1.5 Formulación del problema	14
1.6 Objetivo General	14
1.7 Objetivo específicos	15
1.7.1 Objetivo específico 1	15
1.7.2 Objetivo específico 2	15
1.7.3 Objetivo específico 3	15
2. MARCO CONTEXTUAL	17
2.1. Normativa Colombia	17
2.2 Normativa España	18
2.3 Referente	19
2.4 Reflexion	20
3. MARCO TEÓRICO	21
3.1 Referente	21
3.1.1 Reflexión	21
4. MARCO PRÁCTICO	22
4.1 Empresas	22
4.1.3 Reflexión	24
4.2 Acustica Geometrica	24
4.2.1 Referente: Fundamentos y definiciones acústica	24
4.2.2 Condicionantes sobre el sonido reflejado	25
4.2.3 Reflexiones tempranas	26
4.2.4 Reflexión	26
4.3 Proceso de Fabricación	26
4.3.1 Referente de dosificaciones	27
4.3.2 Ensayo 1	27
4.3.3 Procedimientos de Bloques de tierra comprimidos	28
4.3.4 Ensayo 2	29
4.3.5 Reflexión	31
4.4 Equipo de Medición	31

4.4.1	Referente	31
4.4.2	Parametros de diseño	32
4.4.3	Prototipo de Equipo de medición	33
4.4.4	Imágenes del prototipo	34
4.4.5	Sonómetro	35
4.4.6	Relfexión	36
4.5	Proceso de Mediciones	36
4.5.1	Reflexión	38
4.6.	Proyecto	38
4.6.1	Volumen subterráneo	40
4.6.2	Análisis	40
4.6.3	Reflexión	42
5.	CONCLUSIONES	43
5.	BIBLIOGRAFIAS	44

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Ficha Heicon
- Tabla 2. Ficha Tierra tec
- Tabla 3. Dosificaciones [10]
- Tabla 4. Primeros bloques de tierra [Elaboración propia]
- Tabla 5. Resultados segundo proceso [Elaboración propia]
- Tabla 6. Proceso de prototipo [Elaboración propia]

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Aislamiento Acústico [6]
- Figura 2. Absorción [6]
- Figura 3. Reflejo [6]
- Figura 4. Onda incidente [6]
- Figura 5. Onda sin grabado [6]
- Figura 6. Onda en grabado cóncavo [6]
- Figura 7. Onda en grabado convexa [6]
- Figura 8. Onda en grabado cuadrado [6]
- Figura 9. Materiales utilizados [Elaboración propia]
- Figura 10. Prototipo fabricado [Elaboración propia]
- Figura 11. Molde [Elaboración propia]
- Figura 12. Grabados [Elaboración propia]
- Figura 13. Tamizar tierra [Elaboración propia]
- Figura 14. Cemento y arena [Elaboración propia]
- Figura 15. Materiales para mezclar [Elaboración propia]

Figura 16. Vaciado en el Molde [Elaboración propia]

Figura 17. Bloque en molde [Elaboración propia]

Figura 18. Desencofrado del bloque [Elaboración propia]

Figura 19. Equipo de medición [12]

Figura 20. Elementos del Equipo [12]

Figura 21. Caja de icopor [Elaboración propia]

Figura 22. Esquema de ubicación de materiales [Elaboración propia]

Figura 23. Como incide la onda en el sonómetro [Elaboración propia]

Figura 24. Implementos del sonómetro [Elaboración propia]

Figura 25. Botones del sonómetro [Elaboración propia]

Figura 26. Medicion ambiente [Elaboración propia]

Figura 27. Medicion ambiente interior [Elaboración propia]

Figura 28. Esquema interior [Elaboración propia]

Figura 29. Esquema ubicación del bloque [Elaboración propia]

Figura 30. Esquema interior [Elaboración propia]

Figura 31. Esquema con bloque al fondo [Elaboración propia]

Figura 32. Bloque en la mitad [Elaboración propia]

Figura 33. Bloque cerca del sonido [Elaboración propia]

Figura 34. Proyecto [Elaboración propia]

Figura 35. Sección del Proyecto [Elaboración propia]

Figura 36. Isométrico del Auditorio [Elaboración propia]

Figura 37. Sonido en Auditorio [Elaboración propia]

Figura 38. Onda incidente en el Auditorio 1 [Elaboración propia]

Figura 39. Onda incidente 2 [Elaboración propia]

Figura 40. Ondas incidentes en forma cuadrada [Elaboración propia]

Figura 41. Ondas incidentes en forma triangular [Elaboración propia]

GLOSARIO

Confort Acústico: El confort acústico es el nivel de ruido que se encuentra por debajo de los niveles legales que potencialmente causan daños a la salud, y que además ha de ser aceptado como confortable por los trabajadores afectados. El confort acústico es el nivel sonoro que no molesta, que no perturba y que no causa daño directo a la salud. [1]

Contaminación Acústica: La contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. [1]

Emisión es la presión sonora que emite una fuente, normalmente medida a distancia de 1m, mientras que la **Inmisión** es la que se recibe. Coches, motos, y maquinaria deben estar marcados con información sobre su nivel de emisión de ruido. [1]

Absorción acústica: Cuando una onda sonora alcanza una superficie, una parte de su energía se refleja, pero un porcentaje de ésta es absorbido por el nuevo medio. [2]

Reverberación: es el fenómeno acústico de reflexión que se produce en un espacio cuando un frente de onda sonora o campo directo incide contra las paredes, suelo y techo de este. El conjunto de dichas reflexiones constituye lo que se denomina campo reverberante. [2]

Resonancia: se refiere a la capacidad de vibrar que tiene un objeto. Es la manera en la que la onda, audible o no, hace que las cosas vibren en mayor proporción de lo normal. Todos los cuerpos o materias físicas tienen lo que se le denomina la "frecuencia de resonancia ": una pared, un edificio, una copa, el cuerpo humano y sus órganos, un bolígrafo, un puente, etc. [2]

Aislamiento Acústico: Es cuando se estudia la protección contra el ruido y vibraciones de un recinto. [15]

Acústica Urbanística: Se estudia las intervenciones para asegurar la protección frente a ruidos exteriores en zonas urbanas. [15]

Acondicionamiento Acústico: Se estudia con la finalidad de mejorar la calidad acústica al interior de un recinto, que se encuentran aislados del exterior. [15]

Aislamiento acústico (Arquitectura): Parte de la acústica Arquitectónica cuyo objetivo es proveer a los ocupantes de las edificaciones una adecuada protección frente a ruidos. [15]

Tipos de aislamiento

Ruido aéreo: El ruido llega a los cerramientos del local receptor por él, la onda sonora incidente pone en vibración el cerramiento, lo que genera una onda sonora en el local receptor (onda transmitida), de menor energía que la onda incidente. [15]

Ruido de impacto: El ruido se genera por un golpe de corta duración sobre los cerramientos del local receptor, el cual los hace entrar en vibración, y emitir ondas sonoras. [15]

Ruido de vibración: El ruido procede de la vibración de otros elementos (maquinas, motores, etc.) situados sobre los cerramientos del local receptor. [15]

Bloque de tierra comprimida: Material de construcción elaborado a partir de la mezcla de tierra con un material estabilizante como la cal, cemento o arcilla, que luego se comprime y moldea utilizando una prensa mecánica.

Sonómetro: Es el aparato mediante el cual se mide el ruido, bueno, más bien la intensidad del ruido que se mide en decibelios, realiza medidas de nivel de presión sonora obtenido como resultado de promediar linealmente la presión sonora cuadrática instantánea a lo largo del tiempo de medida. Dicha medida se denomina nivel continuo equivalente de presión sonora y se designa leq .

RESUMEN

En esta monografía se hablará sobre la importancia de trabajar con un bloque de tierra comprimido, siendo este un material renovable por sus propiedades y características naturales, lo que permite que este material tenga muchos beneficios tales como lo térmico y lo acústico a la hora de utilizarse como acabado en un espacio interior o exterior. A este bloque de tierra comprimido se le hará una intervención en la superficie de tal manera que se pueda mejorar mas el confort acústico en un espacio. Primero se investigará las geometrías que ayuden a mejorar un confort acústico para saber el tipo de intervención que se le hará en la superficie del bloque. Por otro lado, se analizará el proceso de fabricación y las dosificaciones a manejar en este caso, para luego hacer los respectivos bloques de tierra comprimidos con su intervención en la superficie. Por último, se buscará como hacer y como funciona un equipo de medición casero que nos permita medir los bloques de tierra compactados elaborados anteriormente.

PALABRAS CLAVES: Bloque de tierra, Confort acústico, Geometría acústica, Equipo de medición, Normativa.

1. MARCO INTRODUCTORIO

La siguiente monografía tiene como finalidad de mostrar si es posible ganar un beneficio o mejora acústica al interior de un espacio ya sea una zona comercial, auditorio, cine, etc. Por medio de un grabado o tallado en un bloque de tierra comprimida al cual se le hará un análisis y estudio por medio de un equipo de medición teniendo en cuenta la teoría del sonido y la normativa acústica en Colombia.

1.1. Descripción del problema

En la actualidad el crecimiento demográfico ha llevado al crecimiento exponencial de las construcciones en las principales ciudades lo que genera grandes cantidades de residuos por excavaciones, demoliciones, entre otros. El interés parte de la tierra como material renovable y uno de los más abundantes y antiguos en el planeta, ya que este genera poco impacto ambiental, se pueden obtener beneficios técnicos y porque normalmente las variables acústicas al interior de una edificación no son evaluadas desde el punto de vista del análisis del material.

Además, se puede observar y analizar que las mayorías de las viviendas de Medellín no cuentan con buen aislante acústico, ya que las viviendas deberían ser espacios dignos que cuenten con un buen confort acústico para que ellos puedan descansar, Por esto sería bueno tener materiales renovables que ayuden con esta problemática.

1.2. Antecedentes

A partir de las charlas y la investigación por parte de mi persona, se observo que la tierra es muy útil para la realización de materiales, ya que sus propiedades, características de ser un buen aislante térmico y acústico, lo que permite que sea un material al cual se pueda sacar muchos beneficios. Por ejemplo, aprovechar la característica de aislante acústico y sacarle un mayor provecho trabajándolo desde el material con la finalidad de tener un mejor confort acústico que es aquel sonido que se encuentra por debajo de los niveles legales que puede causar daños a la salud, y es aceptable por las personas.

1.3. Elementos o Variables

Los elementos o variables son los conceptos vitales que se deben tener presentes dentro de una investigación, para llegar a responder a la pregunta problematizadora.

1.3.1. Confort acústico

El confort acústico es donde el nivel de ruido provocado por factores externos, es adecuado para el sistema auditivo de una persona, es decir que esta persona esté en estado de conformidad en un determinado espacio.

Subvariables:

- Emisión de ruido: Es el sonido que viaja por el aire que se mide en decibeles, que puede ser un impacto, un sonido del ambiente, el sonido de los carros, las voces de las personas, etc.
- Contaminación auditiva: Es el sonido provocado por factores externos que es molesto, constante, y que están por encima del límite de nuestras condiciones normales en un ambiente o espacio, lo cual no lo hace un ambiente adecuado para descansar.
- Unidad de medidas:
 - Presión sonora: Pascales (Pa)
 - Unidades de niveles de presión: Decibeles (db)
- Parámetros de medidas:
 - Nivel de presión sonora
 - Ruido Residual
 - Nivel percentil

Instrumento de medida:

Una caja cerrada con micrófonos de medición que pasan la información a un ordenador (computador).

1.3.2. Sonido

Es un factor externo que involucra un conjunto de vibraciones que se propagan en ondas a través del aire que produce sensaciones en el sistema auditivo de una persona.

Subvariables:

- Propiedades: Los sonidos se definen a partir de distintas magnitudes, que son la duración (sonidos largos cortos o muy cortos), la intensidad (cantidad de energía contenida en el sonido), el tono (indica la cantidad de vibraciones) y el timbre (identifica la fuente sonora).
- Conceptos: Los conceptos que se abarcaran en esta investigación son la reverberación, absorción acústica (coeficiente de absorción del material) y la disfunción del sonido (depende del material).
- Transmisión: El sonido se propaga por medio de ondas que van el aire por medio de la materia líquida sólida o gaseosa ya que necesita moléculas de estos estados para poder vibrar y viajar a través del aire.

1.3.3. Bloque de tierra

El Bloque de tierra comprimido (BTC) es un material de construcción renovable que se utiliza en la construcción de muros apilándolos manualmente y utilizando una mezcla de los mismos materiales como pega.

Subvariables:

- **Propiedades:** Los bloques de tierra compactados al no ser cocidos conservan sus propiedades únicas de regulación de humedad, acumulación del calor y al ser natural es un buen aislante térmico.
- **Proceso de fabricación:** Es un material fabricado con una mezcla de tierra y un material estabilizantes, en los que se encuentra la cal, arcilla o cemento para luego ser comprimida en un molde utilizando una prensa metálica, para luego dejar secar a la sombra de 2 a 14 días.
- **Forma:** Las formas geométricas investigadas para hacer el debido grabado.

1.4. Delimitaciones.

- Identificar la tierra como principal materia prima y los beneficios acústicos que se pueden tener a partir de la experimentación en la superficie del bloque.
- La relación entre la tierra y el sonido como principales factores para atender una problemática de confort acústico en las viviendas, y evidenciar que beneficios podemos tener de la tierra como material acústico.

1.5. Formulación del problema/Justificación

Hoy en día hay muchos materiales de construcción que generan un gran impacto ambiental, ya que no son renovables. Tomando como principal elemento la tierra como materia prima renovable y de poco impacto ambiental, y el sonido como factor externo, que es generado por personas, carros, aviones etc., provocan una gran contaminación auditiva en las edificaciones que se va hacer más notorio con el crecimiento de las ciudades.

¿Cómo se podría intervenir la superficie de un material en tierra para que mejore el confort acústico de un espacio interior?

1.6. Objetivo General

Generar a partir de las intervenciones en la superficie del bloque de tierra comprimido, nos beneficios que ayuden a mejorar el comportamiento del sonido en el espacio interior o exterior.

1.7. Objetivos específicos

Estos objetivos son los que expresan un propósito particular y de detalle, que se emplean como estrategias para llevar a cabo el objetivo general, su característica principal es que debe ser cuantificarse, es decir que sea medible, que permita llevar un seguimiento y evaluación.

1.7.1. Objetivo Específico 1

- Identificar el proceso o fabricación de bloques de tierra compactadas a partir de diferentes materias primas, dosificaciones y formas.

1.7.2. Objetivo Específico 2

- Identificar los métodos de análisis de las superficies o las formas geométricas para intervenir la superficie del bloque, a partir de la teoría del sonido.

1.7.3. Objetivo Específico 3

- Registrar y comparar las mediciones que me permita registrar los beneficios en cuanto al confort acústico (normatividad jurídica y técnica sobre el ruido acústico para Colombia) de un espacio para las diferentes superficies.

1.8. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo de la investigación se realizará por etapas en donde se estudiará el bloque de tierra comprimido, los conceptos básicos de la teoría del sonido, las formas más viables para la absorción del sonido y se analizará y estudiará mediante un equipo de medición que nos arrojará ciertos resultados que nos ayudará a concluir la investigación.

Julio y agosto

- Empresas que trabajan con bloque de tierra compactada en Medellín.
- Estudiar y analizar la teoría del sonido. (coeficiente de absorción del sonido, disfunción del sonido, reverberación, etc.)
- Normatividad jurídica y técnica sobre el ruido acústico para Colombia (Que es el confort acústico)
- Proceso de Fabricación.

Septiembre y octubre

- Identificar las formas geométricas más viables para la absorción del sonido.
- Exploraciones sobre las superficies de los bloques compactados en tierra.
- Equipo y procedimiento para medir. (una caja cerrada, en donde se colocan unos micrófonos que tomarán los datos de la absorción del sonido, que quedarán registrados en el computador.)

Noviembre

Organización de la información Recopilada:

1. Conceptos básicos de la teoría del sonido y la normativa.
2. Las dosificaciones de los componentes del bloque compactado de tierra.
3. Estudio de las formas geométricas más viables para el aislamiento acústico del material.
4. Exploraciones de las superficies del material.
5. Tablas de registros del comportamiento del material mediante un equipo de medición.
6. Conclusión.

2. MARCO CONTEXTUAL

El marco contextual sirve para describir y contextualizar el tema de investigación, ya sea un lugar, ambiente, material, etc., por medio de autores que ya han investigado el tema, para comprender y saber las técnicas, métodos o resultados que pudieron obtener con el fin de que aporte algo a la investigación.

2.1 Normativa Colombia

2.1.1 Resolución 6918 de 2010: Por la cual se establece la metodología de medición y se fijan los niveles de ruido al interior de las edificaciones (inmisión) generados por la incidencia de fuentes fijas de ruido.

Resuelve:

Artículo 1.- Objeto. Establecer el procedimiento técnico y metodológico de evaluación que permita prevenir, mitigar y controlar los efectos del ruido a la población expuesta al interior de las edificaciones debido a la incidencia externa o interna de fuentes fijas de ruido.

Artículo 2.-Ámbito de aplicación. Las presentes disposiciones aplican para las siguientes actividades generadoras de ruido y edificaciones receptoras:

Actividades generadoras:

- Empresas e industrias del sector manufactura y servicios.
- Establecimientos de comercio abiertos al público. Dotacionales (salones sociales y comunales que afecten otros predios vecinos, iglesias, cultos religiosos, escuelas, hospitales, centros de salud y demás definidas en el POT).
- Equipos y sistemas complementarios de edificaciones como ascensores, puertas metálicas, puertas de garaje, estaciones de bombeo, sistemas de refrigeración, sistemas de ventilación y extracción de aire, plantas y transformadores eléctricos.
- Demás fuentes generadoras de ruido.

Edificaciones receptoras:

- Está orientada al control y seguimiento del ruido al interior de edificaciones reglamentadas por la normatividad urbanística vigente y el POT como:
 - Edificaciones de uso residencial.
 - Edificaciones de uso institucional (público y/o privada).
 - Edificaciones de usos dotacionales contempladas en el POT.
 - Áreas comunes en edificaciones destinadas a actividades comerciales.

2.1.2 Norma técnica NTC Colombia – 5324: Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones, especificaciones, métodos de ensayo. Condiciones de entrega.

- **Objeto:** Esta norma define las características generales que deben cumplir los bloques macizos de suelo cemento para muros y divisiones. Describe los ensayos propios para determinar dichas características.
- Campo de aplicación
- La presente norma se aplica a bloques de suelo cemento destinados a la construcción de muros y divisiones en edificaciones.
- Esta norma se aplica únicamente a los bloques destinados a ser utilizados en edificaciones u obras que no estén sometidas a las condiciones de hielo y deshielo.
- No se aplica a los bloques obtenidos por extrusión.

2.2 Normativa España

2.2.1 Norma UNE 41410 (Asociación Española de Normalización)

La: Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y Métodos de ensayos.

- **Objeto.** Esta norma tiene por objeto definir los bloques de tierra comprimida utilizados en fábricas de albañilería, por ejemplo, fachadas vistas y revestidas, estructuras de carga y no portantes muros y participaciones interiores.
- Fija las prestaciones que deben cumplir los bloques y los ensayos propios para determinarlas, así como el marcado que permite identificarlas.
- **Campo de aplicación.** Se aplica a los bloques de tierra comprimida conforme a la definición 3.1.2, que están destinados a fábricas de albañilería, sean vistas o no. Esta norma no contempla los bloques de tierra comprimida obtenidos por extrusión.
- **Real Decreto 1371/2007:** Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. La correcta aplicación del DB supone que se satisface el requisito básico «Protección frente al ruido».
- **Ámbito de aplicación.** El ámbito de aplicación de este DB es el que se establece con carácter general para el CTE en su artículo 2 (Parte I) exceptuando los casos que se indican a continuación:
 - Los recintos ruidosos, que se regirán por su reglamentación específica;
 - Los recintos y edificios de pública concurrencia destinados a espectáculos, tales como auditorios, salas de música, teatros, cines, etc., que serán objeto de estudio especial en cuanto a su diseño para el acondicionamiento acústico, y se considerarán recintos de actividad respecto a las unidades de uso colindantes a efectos de aislamiento acústico.
- **Generalidades**

Procedimiento de verificación:

- Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido debe:

- alcanzarse los valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo y no superarse los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos) que se establecen en el apartado 2.1;
- No superarse los valores límite de tiempo de reverberación que se establecen en el apartado 2.2;
- Cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.
- Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:
- Cumplimiento de las condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica de los recintos afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.

2.3 Referentes

3.3.1 Bloque de tierra comprimida como material constructivo. Autores: Karen Tatiana Arteaga Medina, Óscar Humberto Medina y Óscar Javier Gutiérrez junco. Revista Facultad de Ingeniería.

La construcción con tierra es poco usada en la actualidad debido a la falta de difusión e investigación, y a que es relacionada con la pobreza; por ende, se desaprovechan muchas de sus ventajas, como la abundancia de materia prima, la localización, la disponibilidad, el reciclaje, la producción sin consumo de energía (calorífica), el bajo costo y la resistencia –con un adecuado estudio del material tierra, de la estructuración y del suelo de fundación– ; otras de sus ventajas son el **aislamiento térmico y acústico**. Con el paso del tiempo se han mejorado las técnicas constructivas con tierra, realizando estabilizaciones e implementando el uso de maquinaria y herramienta mecánica para elaborar bloques de tierra comprimida, y así facilitar el trabajo y obtener mayor rendimiento. Este artículo presenta la tierra como material constructivo, las técnicas o sistemas constructivos, los bloques de tierra comprimida (BTC) y algunos ensayos realizados a estos bloques. [3]

3.3.2 Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. Autor: Duran Gómez Carmen Paulina. Universidad Nacional Autónoma de México.

La normativa rige los asuntos esenciales que permiten determinar los valores mínimos de control y seguridad en cuanto a emisión de ruido se refiere. La normatividad nace a partir de las necesidades de caracterizar la problemática en un asunto serio y de orden público, puesto que la emisión de ruido afecta a todos por igual, así como lo hace la emisión de gases tóxicos o los desechos peligrosos. La emisión de ruido también es una forma de contaminación que ha tenido poco impacto en la sociedad colombiana si se compara con otro tipo de problemáticas de tipo ambiental. A pesar que se identifican y entienden las prácticas que generan ruido, éstas son pobremente tratadas, de manera incorrecta o insuficiente. Paralelamente, los procesos industriales que también están ligados a la emisión de ruido trabajan controlando pasivamente, en primera instancia, los procesos correspondientes. El control de ruido robusto (control activo) no suele ser una opción rentable, así éste resulte ser más eficaz, debido a sus altos costos comparado con algún tipo de control pasivo.[4]

2.4 Reflexión

Se puede concluir que la normativa en Colombia se concentra en establecer procedimientos técnicos y metodológicos para prevenir y mitigar los efectos del ruido, a partir de la creación del bloque de tierra comprimido, lo que nos permite identificar que se hace un buen procedimiento en el bloque. En cambio, la normativa española no se concentra tanto en la elaboración del bloque, sino que el espacio construido cumpla con los requisitos mínimos de aislamiento acústico en edificios públicos como salas, auditorios, cines, etc.

3. MARCO TEÓRICO

El marco teórico sirve para saber cómo diferentes autores han abordado el tema o problema de investigación y para esto se requiere consultar información de diferentes textos que presentan definiciones y explicaciones sobre el tema.

3.1 Referente: Principios básicos de acústica: La arquitectura no deberían dejar todo a los especialistas. Así funciona el confort acústico. Autor: Lindsey Leardi.

La calidad acústica interna depende de cuán bien se controlan las fuentes de sonido. Los ruidos externos, internos, de impacto y emitidos por equipos se transmiten a través del aire o de la textura del edificio. La forma en que el oído humano percibe el sonido depende directamente de los niveles de **reverberación** y **absorción (Definiciones en el glosario)** dentro del edificio. [5]

Para alcanzar un espacio acústico perfecto, debemos estar conscientes de los **materiales tecnológicamente avanzados** que mantienen la acústica de clase mundial. A medida que las ciudades se densifican, los vecinos se vuelven más cercanos (físicamente, claro está), las personas trabajan en casa y los edificios adquieren cada vez un programa más mixto que nunca, los paisajes acústicos internos están evolucionando. El cambio climático ya ha amplificado los niveles de ruido, aumentando nuestro uso de sistemas de aire acondicionado. Las tempestades se están intensificando, provocando más vibraciones. Nuestros edificios van a exigir un mejor aislamiento para proteger a los ocupantes de los ruidos internos y externos. [5]

Fundamentos y definiciones acústica. Autor: Lindsey Leardi.

La descripción y análisis, de los **conceptos básicos de acústica**, a través de los **fenómenos** asociados a ésta, como la propagación de ondas sonoras que constituyen el **campo acústico**. Las características físicas del sonido y los efectos que modifican al mismo, son factores que tienen un papel decisivo en la determinación del proyecto arquitectónico, la acústica está constituida por el conjunto de técnicas y métodos cuyo objetivo es crear el ambiente sonoro adecuado, en diversos espacios interiores o exteriores. [6] Es decir, se habla de los conceptos y como se aplican en las **reflexiones acústicas** de un espacio, al generar un sonido.

Conclusión: Para el correcto diseño de un espacio arquitectónico acústico es necesario conocer y entender principios que envuelven a esta disciplina; desde el punto de vista de las instalaciones, el conocimiento de estos nos ayudará a generar las propuestas adecuadas que me resulten en un espacio funcional y confortable. [6]

3.1.1 Reflexión

Para generar un buen confort acústico en el interior o exterior de un espacio hay que tener en cuentas conceptos como reverberación y absorción del sonido, ya que los niveles de estos conceptos dependen de la forma y las propiedades del material que se este utilizando, lo que nos da a entender la importancia de la geometría de la superficie y las características que permiten que este material tenga una buena absorción a las ondas de sonido generadas en ese espacio.

4. MARCO PRÁCTICO

En el marco practico vamos a desarrollar la investigación de datos cuantitativos y cualitativos a partir de la metodología planteada. De acuerdo a la metodología se debe cumplir los 3 objetivos y depende a estos se desarrollará la investigación. Primero se realiza una búsqueda de los materiales de las empresas de ámbito comercial y en el sector de la construcción, dedicados al trabajo de la tierra compactada. En donde se va mostrar las fichas técnicas con las características más importantes de estas. Después se realizará una recopilación de los parámetros básicos relacionados con la acústica y el sonido que nos permitirá el desarrollo del trabajo. Luego se realizará el proceso de fabricación de los prototipos de bloques de tierra comprimido de los cuales se tomará los mejores resultados obtenidos para la fase final del trabajo, en donde se propone una metodología de estudio de las variables acústicas mencionas para el análisis de los bloques y esto se realizará mediante un equipo de medición elaborado, para registrar y comparar los resultados.

4.1 EMPRESAS

4.1.1 Heicon [8]

Tabla 1. Ficha Heicon

	
Ubicación: Sede principal en Medellín y Secundaria en El Carmen de Viboral	
En HEICON Ofrecemos diseño, construcción y mantenimiento de viviendas con materias primas y energías renovables que, proporcionan seguridad, confort, conservación del medio ambiente y ahorro. [8] En nuestras obras empleamos materiales como la guadua, bloques de tierra comprimida (BTC), eco panel, madera inmunizada, tapia entre otros. [8]	
Diseño disponible:  Imágenes de la pagina oficial - Dirección: calle 57 #39 ^a – 21 (101) - Numero: +57 4885597 - Correo: proyecto@heicon.com.co	Ficha Técnica – BTC <ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: 295 mm x 140 mm x 90 mm- Uniformidad de dimensiones: muy buena- Peso: Aproximadamente 7,5 kg por bloque- N° de bloque por m² (un pie): 70 bloques- N° de bloque por m² (1/2 pie): 35 bloques- Densidad: 1.700 – 2.200 kg/m³- Resistencia a compresión: más de 5 N/m²- Coef. Conductividad térmica*: $\lambda=0,87 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$- Desfase térmico: 8 a 10 horas (esp. 40cm)- Aislamiento acústico*: 56 db (esp. 40cm)- Resistencia al fuego: buena (no inflamable) [8]

4.1.2 Tierra Tec [7]

Tabla 2. Ficha Tierra tec

		
<p>Ubicación: Sede en Santa Marta y Bogotá</p>		
<p>Tierra TEC es miembro institucional de Craterre – Centro Internacional para la Construcción de la Tierra con 40 años de funcionamiento y tenemos más de 30 años de experiencia para ofrecer formación, acompañamiento, garantía y un producto de calidad.</p> <p>Somos una industria colombiana que produce y distribuye BTC o Bloque de tierra comprimido, aportando de manera responsable e inmediata a la disminución de los niveles de emisión de gas carbónico, generados por la industria de la construcción. [7]</p> <p>Brinda: Asesoría, diseño y construcción.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Somos arquitectos que asesoramos, diseñamos y construimos todo tipo de proyectos arquitectónicos. ➤ Diseño y construcción de muros en bahareque, adobe y tapia pisada. [7] 		
<p>Diseños disponibles:</p>	<p>Imágenes de la pagina oficial [7]</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ficha Técnica – BTC ➤ -Resistencia a compresión: 40 – 120 Kg/Cm2 ➤ -Resistencia a la tracción: 20 Kg/cm2 ➤ -Coeficiente de conductividad térmica: 1.04 w/m-c ➤ -Disminución acústica a 500 Hz: 50 db (muro 40cm) ➤ -Disminución acústica a 500 Hz: 40 db (muro 20cm) ➤ -Dilatación por temperatura: 0.02% ➤ -Cemento incorporado: 5% a 7% ➤ -Resistencia a erosión fuerte: Muy bueno ➤ -Uniformidad de dimensiones: Excelente ➤ -Durabilidad a la intemperie: Excelente ➤ -Resistencia al fuego: buena ➤ -Energía incorporada en muros: baja [7]
		<div style="display: flex; align-items: center;">  <p>Nuestro BTC está fabricado bajo la norma Icontec NTC – 5324</p> </div>
		
		

4.1.3 Reflexión

Se identificaron en el ámbito comercial muy pocas empresas que trabajan con bloque de tierra comprimida las cuales manejan productos con características muy similares, lo que da a entender que la mayoría de las empresas comerciales no ven a este producto renovable de fácil acceso como material principal para sus construcciones siendo un material con muchos beneficios entre ellos lo acústico.

4.2 ACÚSTICA GEOMÉTRICA.

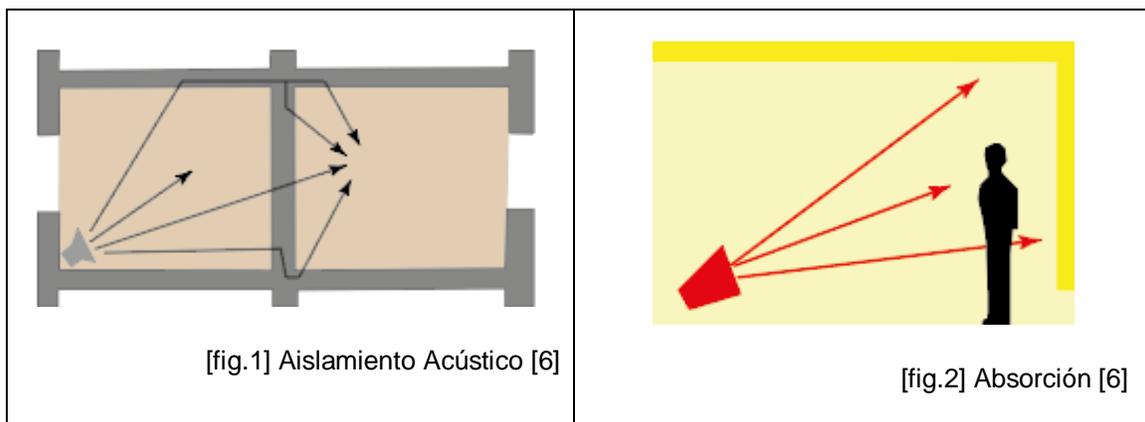
4.2.1 Fundamentos y definiciones acústica. Autor: Lindsey Leardi.

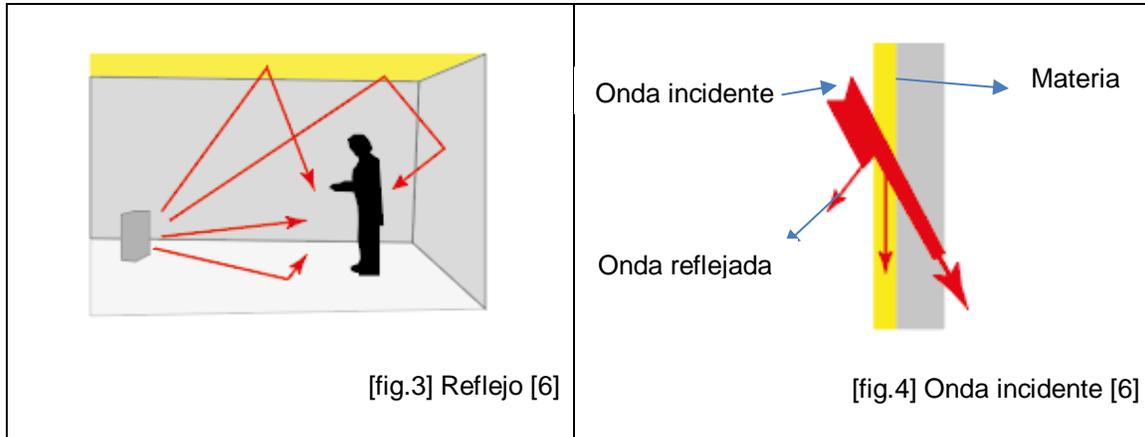
Principios básicos

Cuando la fuente de sonido y el oyente comparten un recinto, el oído percibe, junto con el sonido producido, diversos reflejos. Cada reflejo es una versión retardada, filtrada y atenuada del sonido original, debido a la absorción acústica [fig.2] permite amortiguar las ondas reflejadas para que el lugar sea más confortable. El resultado del aislamiento acústico [fig.1] depende de la geometría del recinto, de los materiales que lo forman y de la posición relativa de la fuente y del oyente. [6]

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie una parte de la misma es energía reflejada [fig.4] pero deja invariable la cantidad de energía transmitida, en función de las características propias del material superficial a este fenómeno se le denomina absorción acústica [fig.2]. La absorción acústica se define pues como la relación existente entre la energía no reflejada y la energía incidente. De tal manera que la importancia de la geometría dentro del recinto o en un material puede ayudar a reflejar o absorber el sonido [fig.3]. [6]

No debe bajo ningún concepto confundirse la absorción acústica con el aislamiento acústico.





4.2.2 Condicionantes sobre el sonido reflejado. Autor: Lindsey Leardi.

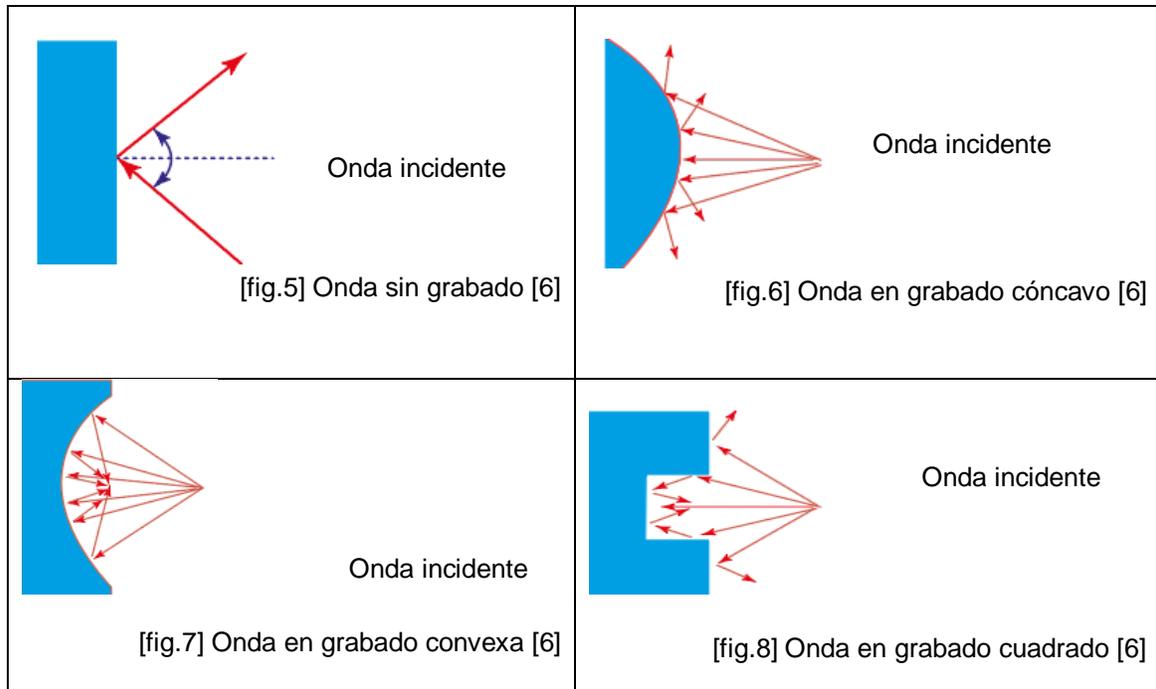
Retorno de las ondas de un sonido después de chocar contra una superficie. La energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado llega a un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo de dos formas diferentes: una parte de la energía llega de forma directa (sonido directo), es decir, como si fuente y receptor estuviesen en el espacio libre, mientras que la otra parte lo hace de forma indirecta (sonido reflejado), al ir asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto. [6]

Las formas geométricas que se utilizan para propagación sonora pueden ser de gran utilidad en muchas ocasiones, por ejemplo, analizar y detectar posibles riesgos de eco o focalizaciones provocadas por determinadas. [9]

Aplicando el método geométrico se pueden resolver problemas tales como: focalizaciones, ecos, diseño para buen sonido directo y diseño para el adecuado sonido reflejado.

Una onda se refleja cuando se encuentra con un obstáculo en este caso el material de bloque de tierra comprimido que no puede traspasar. Se pueden dar los siguientes casos:

1. Si la onda se refleja, el ángulo de la onda reflejada es igual al ángulo de llegada, lo que provoca eco en un espacio interior. [fig.5]
2. Las formas de los bloques al tener relieves en la superficie hacen que el sonido se disperse o refleje en diferentes direcciones. [fig.6]
3. Las ondas incidentes al chocar con la superficie ovalada, las ondas que se reflejan chocan entre sí. [fig.7]
4. La forma del bloque de tierra al tener ranuras y al ser afectadas por una fuente de sonidos hace que sus ondas choquen entre ellas haciendo que el material disperse el sonido. [fig.8]



4.2.3 Reflexiones tempranas

Son las debidas a las primeras reflexiones del techo y las paredes adyacentes a la fuente sonora. Son de gran importancia debido a que proporcionan información porcentual sobre las dimensiones de la sala. Deben ser fuertes y estar comprendidas dentro de la ventana tiempo-amplitud del efecto Haas [9].

Es de destacar que el comportamiento absorbente de un material no depende solo de su constitución sino, también de la forma de este.

4.2.4 Reflexión

Se identificaron que las ondas incidentes al llegar a una superficie esta se reflejan dependiendo de la forma de la superficie, ya sea curva o recta. Esto permite que al reflejarse estas tomen diferentes direcciones, algunas de estas al reflejarse se dispersan en el espacio y otras se concentran en la superficie y esto ocurre por la forma del bloque, lo cual permite que sea un detalle muy importante a la hora de elaborar el bloque de tierra comprimida.

4.3 PROCESO DE FABRICACION

4.3.1 Referente de dosificaciones:

Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. Autores: Alejandro Vásquez Hernandez, Luis Fernando Botero Botero y David Carvajal Arango.

El presente artículo plantea una alternativa que contribuye a dar un paso hacia el ciclo continuo Reciclaje-Fabricación-Usa-Reciclaje, a partir de contemplar la posibilidad de entender los residuos como materia prima de nuevos procesos, disminuyendo a su vez la extracción de materiales. Para ello se propone la fabricación de bloques de tierra comprimida a partir de la utilización de la tierra resultante del proceso de excavación y la adición de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como agregado, sustituyendo la totalidad del agregado tradicionalmente utilizado. Los bloques con adición RCD, cumplieron con las especificaciones físicas y mecánicas establecidas por la Norma Técnica Colombiana. [10]

Tabla 3. Dosificaciones [10]

ID	Muestra	Composicion				Resistencia Mpa
		Tierra	Cemento	Arena	RCD	
1	BC1	45 %	5 %	50 %	0 %	1.99
2	BC1	45 %	5 %	50 %	0 %	2.40
3	BC1	45 %	5 %	50 %	0 %	2.45
4	BC1	45 %	5 %	50 %	0 %	1.78
9	BC2	35 %	5 %	60 %	0 %	2.24
10	BC2	35 %	5 %	60 %	0 %	2.88
11	BC2	35 %	5 %	60 %	0 %	3.52
12	BC2	35 %	5 %	60 %	0 %	2.75
17	BC3	25 %	5 %	70 %	0 %	3.23
18	BC3	25 %	5 %	70 %	0 %	2.74
19	BC3	25 %	5 %	70 %	0 %	2.84
20	BC3	25 %	5 %	70 %	0 %	2.32

4.3.2 Ensayo 1

El proceso para la fabricación de los bloques de tierra comprimidos se tomó como base la tabla de este ensayo, pero despreciando e ignorando la mezcla con material de residuos de construcción.

El bloque de tierra comprimido se elabora principalmente de tierra, arena, limo, arcilla y un material estabilizante ya sea cal, yeso o cemento.

Materiales a utilizar

- Tierra: Esta se puede encontrar en su forma natural por debajo de los 20 cm de la capa superficial. En otro caso se podría utilizar la tierra de la excavación para cimentaciones, carreteras y canales. Los porcentajes de tierra que se pueden utilizar varían según tus especificaciones. En este caso se utilizó tierra de cantera con un porcentaje de 45%. [10]
- Arena: Es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de pequeño tamaño que se le añade a la tierra para darle estabilidad, su dosificación puede variar dependiendo a lo que se busque. En este caso se utilizó un 45% en la mezcla. [10]
- Cemento: Es un conglomerado formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcina y posteriormente molida que sirve para estabilizar el bloque de tierra compactado se pueden utilizar porcentajes del 5, 10 o hasta el 15, dependiendo las especificaciones. En este caso se utilizó un porcentaje del 10%. [10]

4.3.3 Procedimientos de Bloques de tierra comprimidos

Se elaboran los 3 primeros bloques de tierra, que se hicieron con un porcentaje de 90% de arena y 10% de cemento [fig.9], que se mezclan hasta lograr una mezcla homogénea, para luego ser vaciado en un Molde de MDF de 20 cm de largo, 7 cm de ancho y 7 cm de altura [fig.10]. Luego a uno de estos se le intenta hacer un grabado en la superficie y por último se desencofran los bloques de tierra [Tabla 4].



[fig.9] Materiales utilizados



[fig.10] Prototipo fabricado.

[Elaboración propia]

Tabla 4. Primeros bloques de tierra



[Elaboración propia]

4.3.4 Ensayo 2

Procedimientos de Bloques de tierra comprimidos

- Para esta segunda producción de bloques se tiene un mejor planteamiento de cómo hacer el grabado y los bloques de tierra compactados, siguiendo los siguientes pasos: Se elabora el molde de
- MDF
- de 30 cm de largo por 7 cm de ancho y 7 cm de alto. [fig.11] Se elaboran los primeros moldes para el grabado en los bloques de tierra. [fig.12] Se tamiza la tierra de cantera para luego pesarla y sacar el 45% que se va a usar en la mezcla. [fig.13] Se saca y se mide el 45% de arena que se necesitara y también el 10% del cemento para estabilizar el
- BTC
- . [fig.14] Se hecha los 3 ingredientes en una taza grande para luego revolverlos con agua hasta crear una mezcla homogénea. [fig.15] Se vacía la mezcla en el molde de
- MDF con sus debidos moldes del grabado, y sé dejar que seque de 2 a 14 días. [fig.16]



[fig.11] Molde



[fig.12] Grabados

 <p>[fig.13] Tamizar tierra</p>	 <p>[fig.14] Cemento y arena</p>
 <p>[fig.15] Materiales para mezclar</p>	 <p>[fig.16] Vaciado en el Molde</p>

[Elaboración propia]

Al desencofrar los moldes se despegó el grabado que se había hecho a cada bloque por lo que no se pudo tener un bloque de tierra comprimido con el debido grabado, pero de igual manera la obtuvo un buen resultado con la dosificación, mostrando buena consistencia. [Tabla 5]

Tabla 5. Resultados segundo proceso

		
<p>1. Bloque 1 grabado en forma de cuadrícula.</p>	<p>1. Bloque 2 grabado con ranuras horizontales.</p>	<p>3. Bloque 3 grabado en forma circular y cóncava.</p>

[Elaboración propia]

Observación: Se realizó un nuevo bloque a partir de la misma dosificación [fig.17], el cual se intervino con una espátula para generar el grabado, y al desencofrarse se fisuró en las puntas [fig.18], lo que hace que el bloque no esté en óptimas condiciones para hacerle la respectiva medición.

Tercer proceso de producción



[fig.17] Bloque en molde



[fig.18] Desencofrado del bloque

[Elaboración propia]

4.3.5 Reflexión

Se puede observar que en los bloques de tierra compactado realizados para el análisis con el equipo de medición se dañaba el grabado al desencofrarse. Además, se pueden ver fisuras en las esquinas de los bloques lo cual puede afectar el análisis a la hora de la medición.

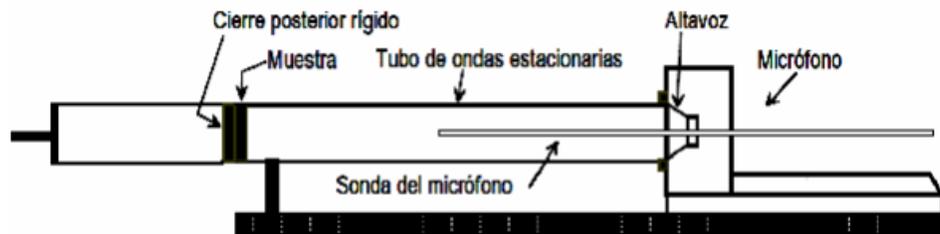
4.4 EQUIPO DE MEDICIÓN

4.4.1 Referente

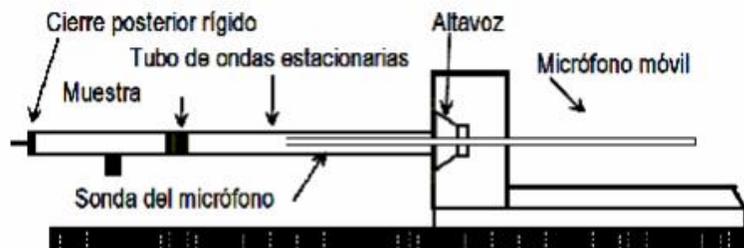
Una **medición acústica** es la expresión de forma numérica del ruido, aislamiento, vibración, etc.

Para una correcta **medición acústica** se deben emplear diferentes instrumentos de medición (sonómetro, acelerómetro) debidamente calibrados y verificados. Generalmente una **medición acústica** se lleva a cabo cuando existe un problema con el ruido, con el fin de determinar qué valores se están soportando y sobre todo con el fin de poder darle una solución adecuada. [11]

Ejemplo de Equipo: Consta de un tubo metálico pulido en su parte interior, en un extremo posee un altoparlante y en el otro una sección de tubo acondicionada para colocar el material de prueba (porta muestra), de forma que no interfiera con sus propiedades [fig.19]. El parlante posee una perforación axial por donde se introduce una sonda tubular deslizante, cuyo extremo libre se encuentra dentro del tubo y el otro extremo está conectado a un micrófono que se desliza conjuntamente con la sonda sobre un riel, con marcas de distancias grabadas. [fig.20]



[fig.19] Equipo de medición [12]



[fig.20] Elementos del Equipo [12]

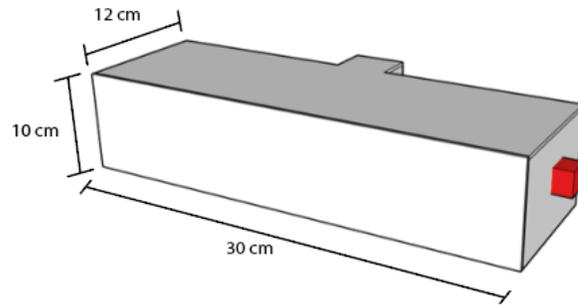
4.4.2 Parámetros de diseño:

El equipo de medida consiste en un tubo rígido, donde uno de sus extremos es cerrado con la muestra del material a ensayar; el otro extremo está equipado con un altavoz para generar ondas armónicas planas (tonos puros). Una sonda, que puede desplazarse por su interior, capta la presión acústica en diferentes posiciones del eje del tubo y la transmite hasta el micrófono móvil, el cual está conectado al sistema de análisis capaz de medir esta presión.[12]

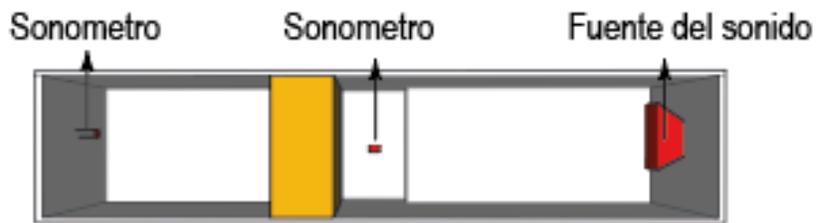
Modelo de medición: Se elaborará un modelo de dimensión a partir del referente, pero en este caso se hará con ícopor es un buen material ya que no va a absorber el sonido generado por la fuente externa (Bafle). [fig.21]

- Muestra los implementos necesarios para realizar el análisis del material, el cual se colocara a 17 cm de la fuente del sonido para realizar el debido análisis. [fig.22]
- Al generar las ondas sonoras estas serán medidas con un sonómetro, primero en la parte frontal y luego en la parte de atrás, manteniendo el mismo nivel de la onda sonora inicial para luego analizar los diferentes datos. [fig.23]

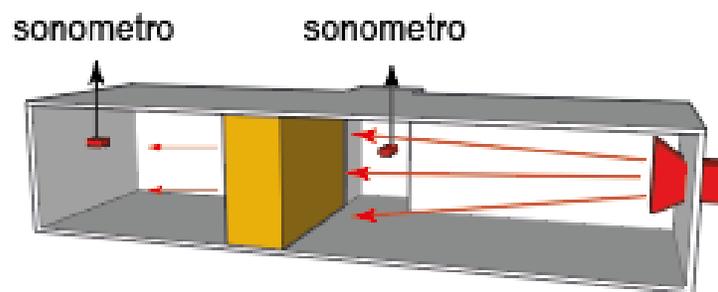
4.4.3 Prototipo de Equipo de medición



[fig.21] Caja de icopor



[fig.22] Esquema de ubicación de materiales



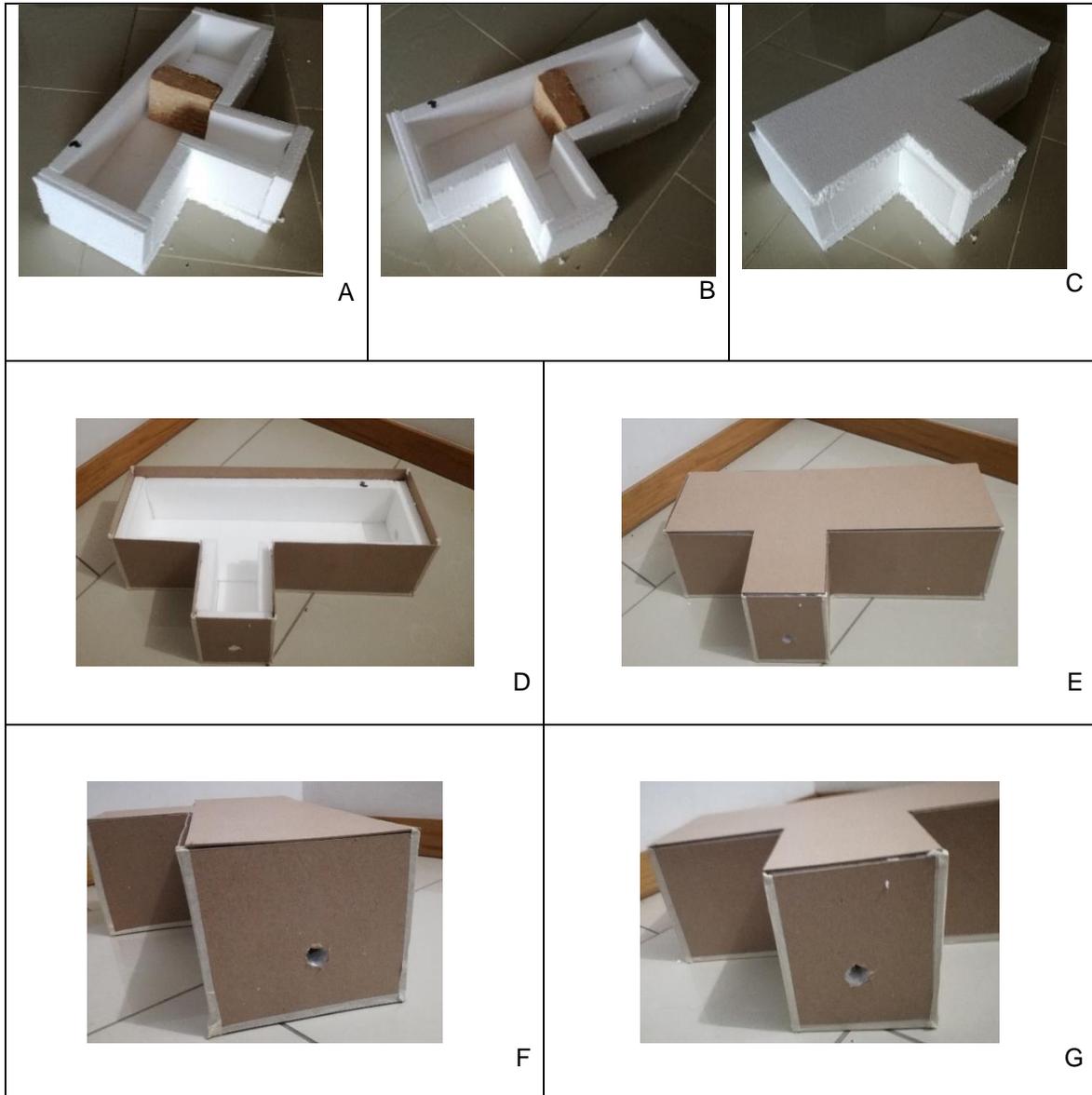
[fig.23] Como incide la onda en el sonómetro

[Elaboración propia]

4.4.4 Imágenes del prototipo

Primero se realizó el volumen en ícopor, uniendo las partes con alfileres para estar seguro de que todas las partes encajaran se le puso un bloque de tierra comprimido que había elaborado [A, B, C]. Luego se cerro con carton kraft para lograr una mejor concentración al interior cuando se genere el sonido [D, E]. Por último se realizaron los orificios, uno por donde va a ir el sonómetro y el otro por donde se va a generar el sonido. [F, G]

Tabla 6. Proceso de prototipo



[Elaboración propia]

4.4.5 Sonómetro

El sonómetro profesional es una herramienta de medición que se utiliza para determinar la presión sonora. Más exactamente, el sonómetro evalúa el nivel de ruido de una zona determinada en un instante determinado. [fig.24] [13]

La unidad de medida empleada por el sonómetro es el decibelio. Son dB SPL a no ser que se utilicen curvas, como en el caso del sonómetro integrador. [13]

Tipos: El tipo de medición del sonómetro puede ser manual o programada. [fig.25]

- **Sonómetro clase 0:** Utilizado en los laboratorios para la obtención de niveles de referencia.
- **Sonómetro clase 1:** Para el trabajo de campo de precisión.
- **Sonómetro clase 2:** Para la toma de medidas generales en trabajos de campo.
- **Sonómetro clase 3:** De menor precisión, solo se emplea para medidas aproximadas, se suele emplear en exámenes previos

Normalmente disponen de **3 intervalos** seleccionables, **20-80 dB**, **50-110 dB** y **80-140 dB**. El más utilizado es el segundo intervalo ya que va desde el nivel máximo de ruido exigido para el descanso hasta el nivel mínimo que produce sensación de dolor. [13]



[fig.24] Implementos del sonómetro



[fig.25] Botones del sonómetro

[Elaboración propia]

4.4.6 Reflexión

Para generar un buen equipo de medición, se estudió los conceptos básicos que se emplearon en un referente, para determinar qué proceso se iba a tomar para elaborar el equipo de medición, lo que nos permitió tener en cuenta que podíamos tomar las medidas desde diferentes distancias y 2 diferentes medidas, para tener un registro más preciso de los bloques de tierra comprimidos.

4.5 PROCESO DE MEDICIONES:

Para elaborar las mediciones con el equipo primero se debe tener en cuenta la cantidad de sonido que hay en el ambiente, esto es para tener mayor precisión al realizar la medición en la caja de ícopor. Es recomendable hacerlo en un espacio cerrado, por ejemplo en un estudio de grabacion o un lugar que aislé el sonido para una mejor medida.

- Se mide la temperatura ambiente para tener mejor precisión. Nos arroja un promedio de **45 decibeles**. [fig.26]
- Luego se toma la medida dentro de la caja de ícopor, la cual debería ser menor a la del ambiente, ya que en muchas ocasiones me daba mayor y esto era por el movimiento de la mesa donde estaba apoyado el sonómetro ya que generaba un poco de resonancia. Después de estabilizarla era de **42 decibeles**. [fig.27]

Para las primeras medidas genere golpes con un lápiz donde las ondas de sonidos entraban por el hueco.

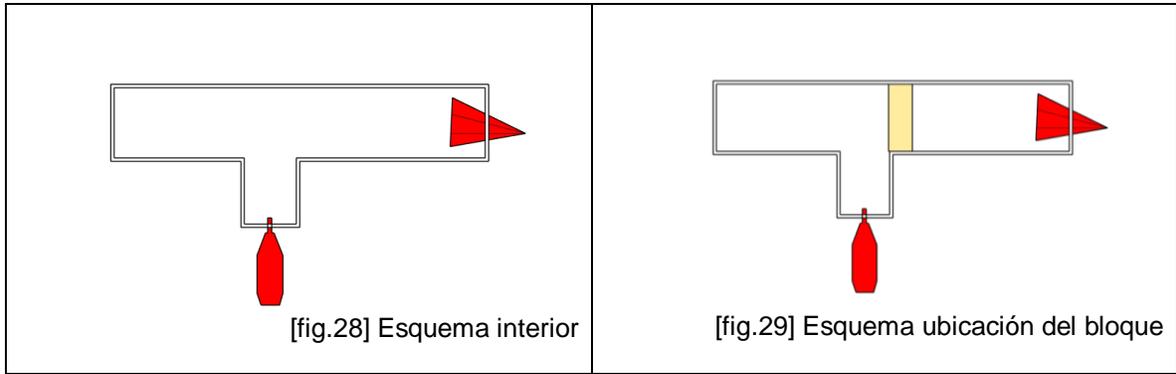
- Primero se realizo el golpe del lápiz sin ningún ladrillo al interior de la caja. **Mostraba un rango de 64 a 68 .3 decibeles**. [fig.28]
- Luego con el mismo sonido del lapiz, pero ya con el ladrillos. Se hicieron dos medidas una con el ladrillo una antes del sonómetro y otra después del sonómetro. **Mostraba 63.2 decibeles y 67.3 decibeles respectivamente**. [fig.29]



[fig.26] Medicion ambiente



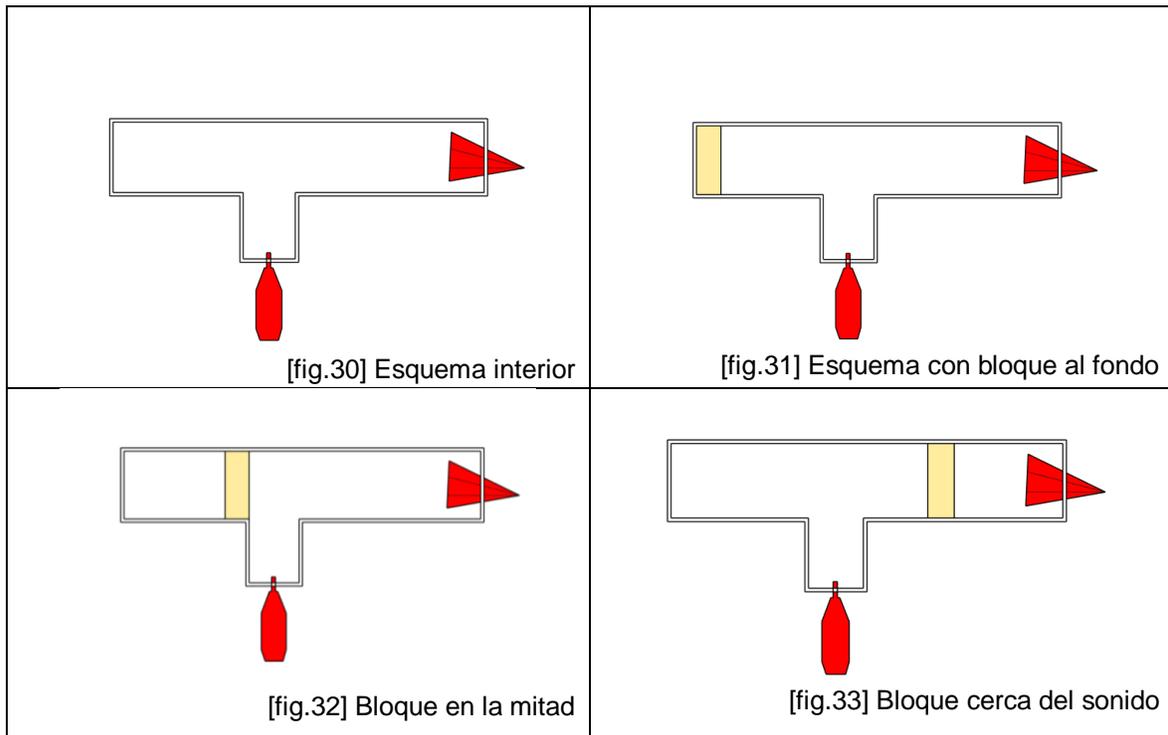
[fig.27] Medicion interior ambiente



[Elaboración propia]

Para el segundo intento se reprodujo un audio de lluvia. **Ruido al interior de la caja era de 41.8 decibeles.**

- Primero se reprodujo el sonido con la caja vacía. **Mostrando un promedio de 67 decibeles. [fig.30]**
- Luego con el mismo sonido se colocó el ladrillo en la parte más lejana del sonido. Mostrando un rango mínimo 54 y máximo de 57 decibeles. [fig.31]
- Por último, se analizó el bloque a diferentes distancias, una más cerca del sonido quedando el sonómetro en la parte de atrás mostró **51 decibeles** [fig.32] y la otra más lejos de sonido y cerca del sonómetro arrojó **56 decibeles.** [fig.33]



[Elaboración propia]

4.5.1 Reflexión

Al realizar las mediciones en la caja de ícopor solo al poner el bloque de tierra comprimido sin las grabaciones en el interior de la caja se tienen beneficios acústicos, por las pérdidas de decibeles que se pueden observar en las medidas. Además, al poner el sonómetro detrás del ladrillo hace que este detecte menos ruido por lo tanto van a marcar menos decibeles lo que hace que el espacio interior entre en una zona de confort. Además, la Epidemia que se presentó a nivel mundial impidió que se realizaran mas prototipos con el material del laboratorio para luego analizarlo o medirlos con el equipo de medición realizado por mí.

4.6 PROYECTO

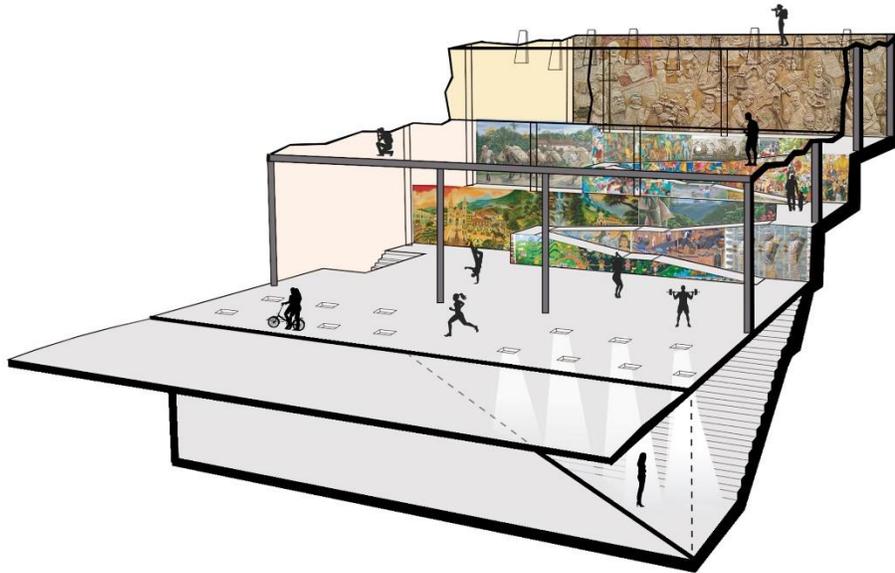
Para concluir la investigación, ya con todo el análisis anterior se tomó como propuesta de aplicación, un ejercicio propio del taller que cursaba, en donde se aplicaría el bloque de tierra comprimido con el grabado respectivo y que efectos tendría en este espacio.

Taller vertical. Arquitectura Experimental

- “Propósito: El taller de Arquitectura Experimental es un curso un poco singular que busca proponer a las estudiantes algunas miradas transversales al proceso de proyectar. El interés del taller está en la reflexión alrededor de la forma en que se enfrenta un proyecto. Es un objetivo importante lograr generar en los estudiantes la inquietud por el conocimiento de la arquitectura y sus relaciones con otras disciplinas como las artísticas, socioculturales y científicas. Se estimula la construcción de un “Bagaje” personal compuesto del conocimiento de autores, imágenes y lecturas. Se espera que este “Bagaje” sea usado y alimentado por cada estudiante cada vez que se enfrente a un proyecto.”

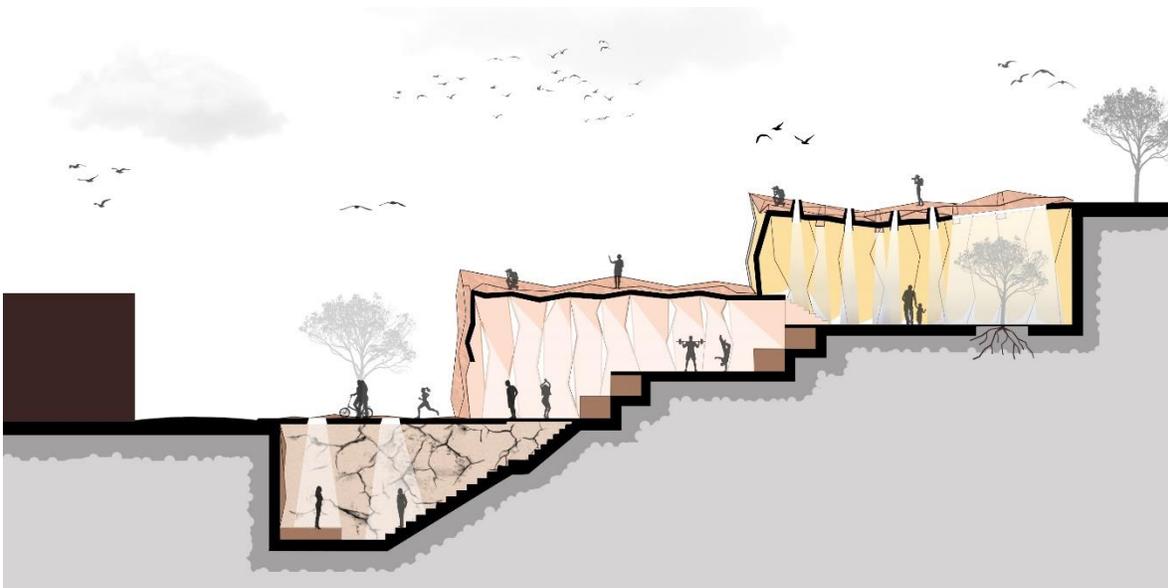
Luego de pasar varias etapas y hacer el debido análisis y recopilación de datos, en el taller se dan una temática para que desarrollos el edificio o proyecto, en el cual elijo un centro de entretenimiento dentro del casco urbano de Salamina Caldas.

Este proyecto son 3 volúmenes compactos, en donde dos están semienterrados y el tercero enterrado que es un espacio que puede cambiar de uso ya sea un auditorio, Teatro, centro de eventos, etc. A este último Volumen es el que vamos a tomar para mejorar sus características acústicas. [fig.34]



[fig.34] Proyecto [Elaboración propia]

Primero tenemos que analizar y saber con qué capacidad acústica tienen sabiendo que es un terreno enterrado, que beneficios o ventajas se ganan, para saber si se pueden mejorar, y así las personas pueden tener un espacio más agradable cuando se encuentren dentro de este espacio. [fig.35]



[fig.35] Sección del Proyecto [Elaboración propia]

4.6.1 Volumen subterráneo

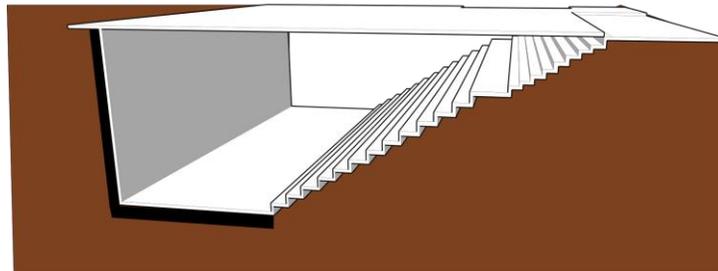
El volumen enterrado es una edificación que se realizó para que pudiera cambiar de uso dependiendo a la necesidad o actividad que se fuera a realizar en este, tiene 6 metros de profundidad y 12 de ancho y 15 de largo.

“Esta arquitectura aprovecha de los recursos naturales en los alrededores del sitio elegido para la construcción: el propio suelo consolidado tal como está. Se aprovecha la inercia térmica del terreno para obtener confort térmico interior en la vivienda. [14]

Condicionantes

Al ser una edificación enterrada ya tiene ciertos beneficios o ventajas en comparación a las edificaciones comunes, tales como:

- **El muro de contención** para el deslizamiento de la tierra, que por su gran grosor y resistencia hace que sea un aislamiento térmico y acústico. [fig.36]
- **La tierra** que se encuentra rodeando casi todo el volumen siendo un factor natural, de lo cual se ha venido hablando lo que lo hace un buen aislante **térmico** y **acústico** por las propiedades que lo componen. [fig.36]
- **Acabado en piedra** en las paredes que, al ser otro elemento natural, tiene propiedades de la tierra lo que los hace buen aislante acústico.
- Concreto simple en el suelo.

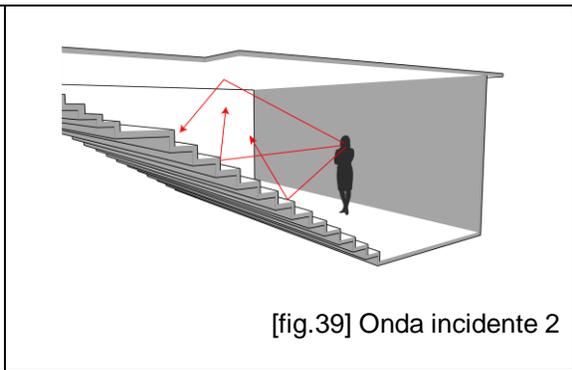
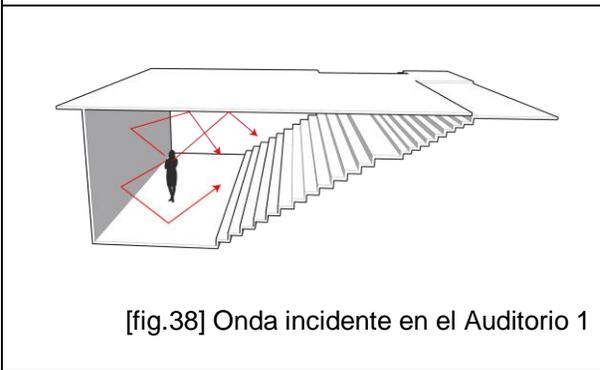
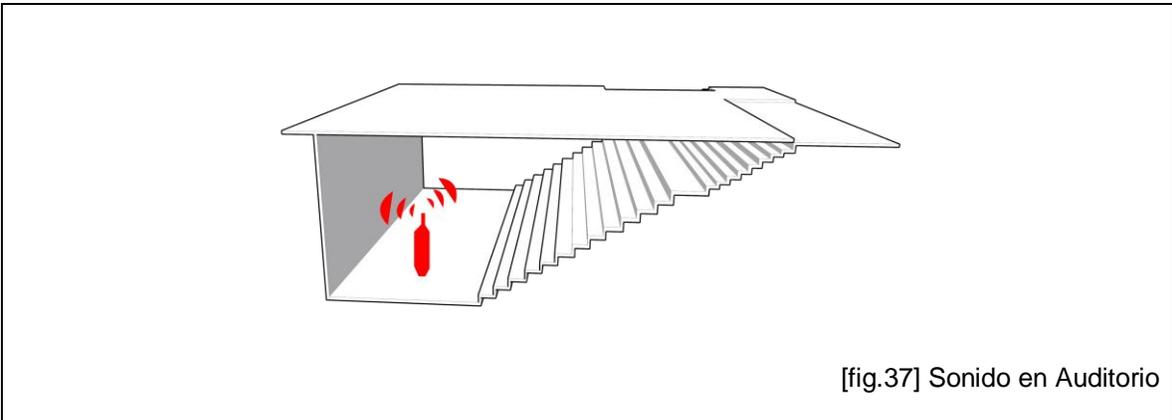


[fig.36] Isométrico del Auditorio [Elaboración propia]

4.6.2 Análisis

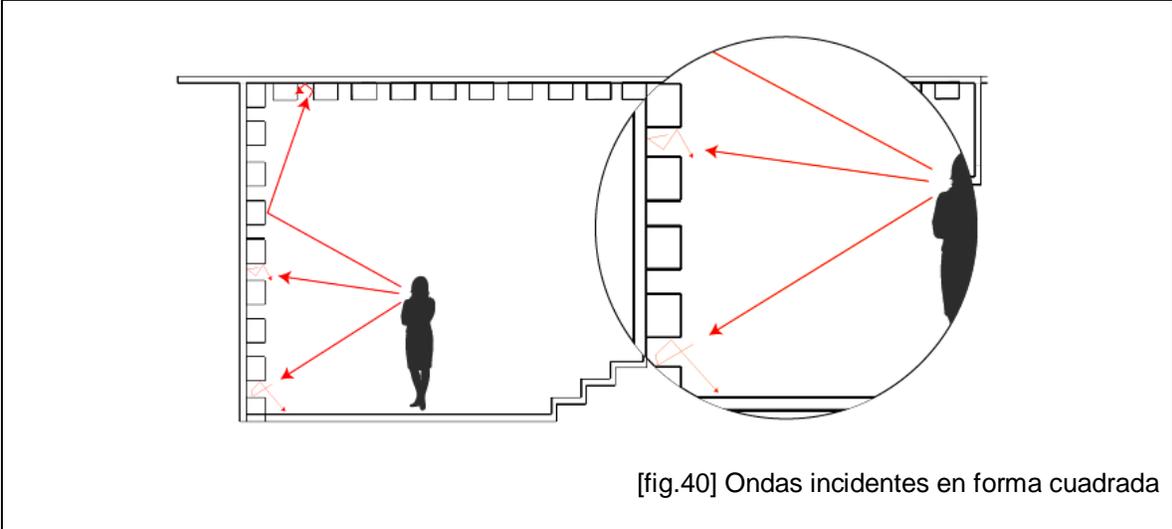
Sabiendo que el aislamiento acústico es muy superior en un proyecto enterrado y revisando sabiendo que en la práctica en una zona abierta el sonómetro marca **51 decibeles** en un recinto cerrado, pero estando en un recinto enterrado la medición debería dar muy por debajo de esta, haciendo un estimado con el sonómetro estaría alrededor o por debajo de los **40 decibeles**, estando entre los decibeles permitidos para un centro cultural o biblioteca. [fig.37]

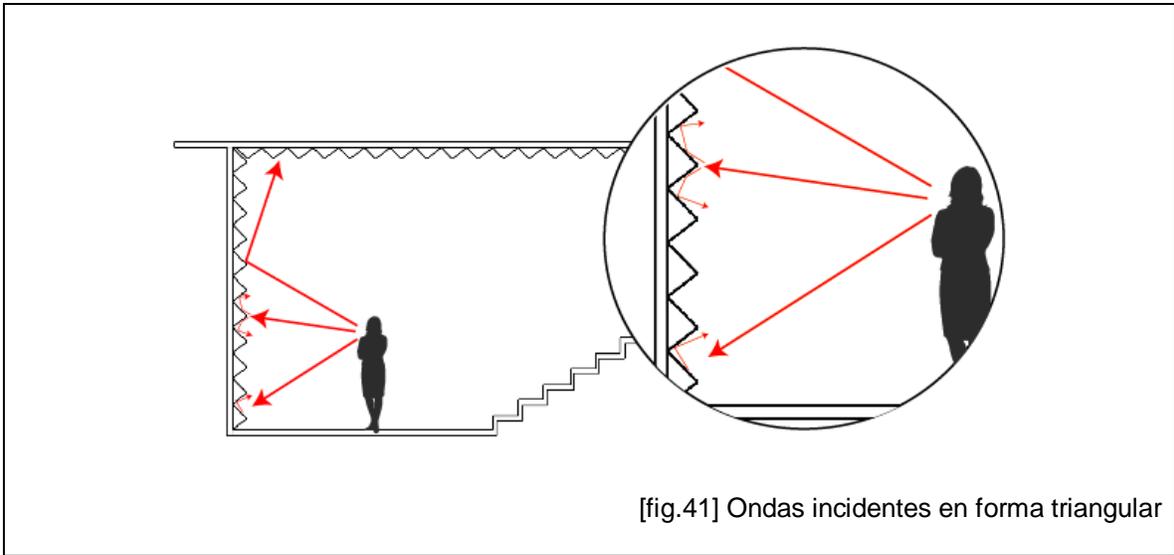
En este recinto si se hace un sonido [fig.38], estas ondas se reflejan cuando encuentran un obstáculo en este caso los muros, el suelo y el techo produciendo un eco en el espacio. [fig.39]



[Elaboración propia]

Observación: Según lo analizado en los capítulos anteriores, específicamente en el de acústica geométrica y Equipo de sonido, si colocamos en las superficies de este un bloque de tierra compactado con un grabado en la superficie (ejemplos: [fig.40] y [fig.41]) expuesta al sonido este puede absorber y disminuir el sonido de este recinto. Haciendo de este un espacio mejor a la hora de hacer sus eventos o actividades programadas.





[fig.41] Ondas incidentes en forma triangular

[Elaboración propia]

4.6.3 Reflexión

La tierra es un material natural que por sus propiedades o componentes hace que sean un buen aislante acústico, si a esto se sumamos unas formas geométricas en una superficie se puede lograr un beneficio acústico en algún espacio de la casa, auditorio, biblioteca, etc.

5. CONCLUSIONES

A continuación, se entregan las reflexiones más importantes de cada capítulo de la monografía.

Marco introductorio:

- Se puede concluir que la normativa en Colombia se concentra en establecer procedimientos técnicos y metodológicos para prevenir y mitigar los efectos del ruido, a partir de la creación del bloque de tierra comprimido, lo que nos permite identificar que se hace un buen procedimiento en el bloque. En cambio, la normativa española no se concentra tanto en la elaboración del bloque, sino que el espacio construido cumpla con los requisitos mínimos de aislamiento acústico en edificios públicos como salas, auditorios, cines, etc.
- Para generar un buen confort acústico en el interior o exterior de un espacio hay que tener en cuentas conceptos como reverberación y absorción del sonido, ya que los niveles de estos conceptos dependen de la forma y las propiedades del material que se esté utilizando, lo que nos da a entender la importancia de la geometría de la superficie y las características que permiten que este material tenga una buena absorción a las ondas de sonido generadas en ese espacio.

Marco Practico:

- Se identificaron en el ámbito comercial muy pocas empresas que trabajan con bloque de tierra comprimida las cuales manejan productos con características muy similares, lo que da a entender que la mayoría de las empresas comerciales no ven a este producto renovable de fácil acceso como material principal para sus construcciones siendo un material con muchos beneficios entre ellos lo acústico.
- Se identificaron que las ondas incidentes al llegar a una superficie esta se reflejan dependiendo de la forma de la superficie, ya sea curva o recta. Esto permite que al reflejarse estas tomen diferentes direcciones, algunas de estas al reflejarse se dispersan en el espacio y otras se concentran en la superficie y esto ocurre por la forma del bloque, lo cual permite que sea un detalle muy importante a la hora de elaborar el bloque de tierra comprimida.
- Se puede observar que en los bloques de tierra compactado realizados para el análisis con el equipo de medición se dañaba el grabado al desencofrarse. Además, se pueden ver fisuras en las esquinas de los bloques lo cual puede afectar el análisis a la hora de la medición.
- Para generar un buen equipo de medicion, se estudio los conceptos basicos que se emplearon en un referente, para determinar que proceso se iba a tomar para elaborar el equipo de medicion, lo que nos permitio tener en cuenta que podiamos tomar las medidas desde diferentes distancias y 2 diferentes medidas, para tener un registro mas preciso de los bloques de tierra comprimidos.
- Al realizar las mediciones en la caja de icopor solo al poner el bloque de tierra comprimido sin las grabaciones en el interior de la caja se tienen beneficios acústicos, por las pérdidas de decibeles que se pueden observar en las medidas. Además, al poner el sonómetro detrás del ladrillo hace que este detecte menos ruido por lo tantos van a marcar menos decibeles lo que hace que el espacio interior entre en una zona de confort.
- La tierra es un material natural que por sus propiedades o componentes hace que sean un buen aislante acústico, si a esto se sumamos unas formas geométricas en una superficie se puede lograr un beneficio acústico en algún espacio de la casa, auditorio, biblioteca, etc.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Jimena Martínez Llorente y Jens Peters (Comisión de Urbanismo y Transporte de Ecologistas en Acción de Madrid). Tomado de: https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/cuaderno_ruido_2013.pdf
- [2] Absotec, Empresa de ingenieros de sonido. Tomado de: <https://www.absorcionacustica.com/10-conceptos-clave-sobre-acustica/>
- [3] Karen Tatiana Arteaga Medina, Óscar Humberto Medina, Óscar Javier Gutiérrez junco. Bloque de tierra comprimida como material constructivo.
- [4] Oscar Casas-García, Carlos Mauricio Betancur-Vargas, Juan Sebastián Montaña-Erazo. Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. Tomado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v11n1/v11n1a19.pdf>
- [5] Autor: Lindsey Leardi. Principios básicos de acústica: La arquitectura no deberían dejar todo a los especialistas. Tomado de: <https://www.archdaily.co/co/911307/principios-basicos-de-acustica-los-arquitectos-no-deberian-dejar-todo-a-los-especialistas>
- [6] Autor: Duran Gómez Carmen Paulina. Fundamentos y conceptos de acústica. Tomado de: <https://www.doccity.com/es/fundamentos-y-conceptos-de-acustica/2376264/>
- [7] Empresa tierra tec. tomado de: <http://www.tierratec.com.co>
- [8] Empresa Heicon Tomado de: <https://www.heicon.com.co>
- [9] Acústica Arquitectónica. Tomado de: http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/ACUSTICA_ARQUITECTONICA/Acustica_geometrica.html
- [10] Alejandro Vásquez Hernandez, Luis Fernando Botero Botero y David Carvajal Arango. Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. Tomado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/download/2565/2670?inline=1>
- [11] Laboratorio de para ensayos acústicos de Teleacustik. Tomado de: <https://www.teleacustik.com/ingenieria-acustica/medicion-acustica/>
- [12] Diseño y Construcción de un dispositivo para medir coeficientes de absorción de materiales. Tomado de: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/40929.pdf>
- [13] <https://www.certicalia.com/blog/tipos-sonometro-clase-1-clase-2>
- [14] Tomado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_subterr%C3%A1nea
- [15] Autor y editorial desconocida. Texto: teoría de condicionamiento acústico.

