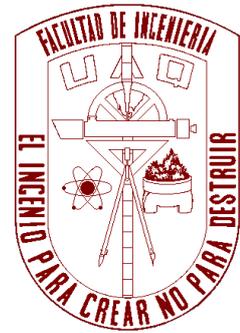


Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Licenciatura en Diseño Industrial



Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el “Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo y Recuperación Arqueoacústico”.

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL

PRESENTA:

José Antonio López Muedano

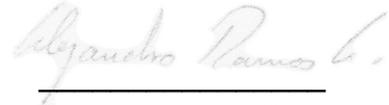
DIRIGIDO POR:

Alejandro Ramos Amézquita

SINODALES

Alejandro Ramos Amézquita

Presidente



Firma

Eduardo Blanco Bocanegra

Secretario



Firma

Ignacio Baca Lobera

Vocal



Firma

Azucena Gómez López

Suplente



Firma

Centro Universitario

Querétaro, Qro.

Febrero 2014

México

Resumen – Abstract

Siempre se ha tratado de saber más acerca de nuestros antepasados, sus costumbres, formas de vivir, aportaciones tecnológicas, desarrollo cultural, arquitectura, creencias, etc. Sin embargo, existe una característica que todas las culturas comparten, la existencia de la música, ceremonias musicales, instrumentos y escenarios musicales ya fueran por cuestiones religiosas o festividades. La Arqueoacústica, dedicada al estudio de lo relacionado a la acústica de antiguas civilizaciones, tiene participación en zonas arqueológicas de Guanajuato, y del sureste de México. Se busca estudiar las diferentes ruinas, comprender los fenómenos acústicos y conocer sus conocimientos acústicos. Dentro de las investigaciones de las antiguas culturas se encuentran sus instrumentos musicales, es importante tener un registro acerca de ellos, características, composición, funcionamiento y lo más valioso, registrar su sonido en grabaciones. El diseño de una cabina de grabación móvil utilizada para investigaciones de Arqueoacústica podrá facilitar el registro de los instrumentos musicales que se puedan ir hallando en las zonas de investigación y mejorar los registros ya existentes en los museos ya que no existe una biblioteca sonora para instrumentos musicales prehispánicos. La elaboración de una cabina por medio de dos disciplinas totalmente distintas como es el diseño industrial y la acústica genera un resultado positivo tanto en el producto final para cumplir las necesidades del equipo de investigación como para una aportación al campo de oportunidad de un diseñador. Con la ayuda de una cabina de grabación que sea móvil, se da la oportunidad de que un artefacto funcional se pueda transportar a las distintas zonas arqueológicas donde se quiera registrar alguna grabación; permite efectuar grabaciones en un ambiente aislado al entorno para obtener un registro de calidad profesional y aportar información única culturalmente. Por medio del diseño industrial y en conjunto de la acústica se logra llegar al diseño de una cabina de grabación que pueda desmontarse y establecerse donde se deseé para mejorar las condiciones de estudio de instrumentos musicales antiguos, y así favorecer la calidad de audio de lo que se necesite registrar y poder aportar a la preservación de las culturas antiguas que formaron Mesoamérica.

Abstract – Resumen

Science is always looking forward to know more about our ancestors, their customs, living forms, ancient technology, cultural developments, architecture, beliefs, etc. However, there is a characteristic in every civilization that it is shared, the music presence, musical ceremonies, ancient instruments, and religious or festivities scenarios. Archaeoacoustics, focused on the study of ancient acoustics, has interests in archaeological sites in Guanajuato and Southeast of Mexico. It is intended to study different ruins, understand acoustics phenomena's and the ancient knowledge of the acoustics in the ruins. During the investigation, several old musical instruments are found and it is important to have a record of each one of them, characteristics, sounds, technical features and the most of all, to have a recording of each instrument. The design of a mobile recording cabin will be used for archaeoacoustics to facilitate the registration of different musical instruments that can be found at the archaeological zones or that are in the museums. This way the investigation team can build a music library of the different prehispanic instruments that were used by the ancient civilizations of Mexico. The elaboration of the recording cabin through two different disciplines, such as industrial design and acoustics, generates a positive product as result of the project, making it functional fulfilling the acoustic needs and opening more fields for a designer to work in. This mobile cabin will be able to take from one place to another being able to manage at least for two people. It permits to execute good quality recordings on an isolated environment and culturally contributes unique information about instruments. Through industrial design and acoustics it's achieved an efficient design of the cabin that can be armed and disarmed and gives professional quality because of it's construction materials and techniques. Helping the preservation and registration of the old cultures that formed Mesoamerica.

Dedicatoria

A mi familia, amigos y maestros, que sin ustedes no sería la persona que soy el día de hoy. A la fortaleza, entusiasmo y dedicación que tengo por superarme y completar mis metas en la vida.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente en la Facultad de Ingeniería y siempre sentirme preparado y con orgullo al portar el nombre de mi universidad en donde quiera que me esté desarrollando.

Agradecimientos

Quiero agradecer antes que nada a mis padres, María Elena y Bernardo, por haberme dado la vida y siempre tener su apoyo incondicional ante cualquier situación que se me ha presentado a lo largo de mi formación tanto personal como académica. Por darme mis bases morales, mi educación y más importante su cariño y amor siempre. Sin ustedes no habría podido llegar hasta donde me encuentro hoy, siempre me dan ánimos de mirar con la frente en alto y aprender de mis errores y caídas, gracias por ser los mejores padres que me pudieron haber tocado, los amo y siempre los llevo en mi mente y corazón.

A mis hermanos Bernardo y Carlos Alberto, que siempre supieron darme consejos y escucharme como hermanos mayores, por que aún que han estado lejos desde hace muchos años siempre están ahí para escucharme, apoyarme y animarme. Gracias hermanos por todos los buenos momentos que hemos vivido juntos, por todas las buenas memorias de cuando vivíamos juntos y por que sé perfectamente que puedo contar con ustedes sin importar la situación, lejos físicamente pero siempre juntos en mi corazón, los amo.

A mis tíos Luce, Ernie, Irene y Homero, gracias por todo el apoyo que me brindaron durante la licenciatura. Siempre pude contar con ustedes y no tengo palabras para expresar mi agradecimiento hacia ustedes, ¡Gracias por creer en mi!

Quiero agradecer a mi maestros Azucena Gómez, Eduardo Blanco, Eduardo Pérez, Héctor Marín, José Luis Patiño y Matías Peraza, que durante mis estudios de Licenciatura en Diseño Industrial se dieron el tiempo de compartir sus conocimientos, me inspiraron a siempre querer ser mejor, a que si uno va a hacer las cosas hay que dar el máximo de esfuerzo y sentirse orgulloso de su trabajo. Estoy agradecido por haber tenido la oportunidad de que me dieran clases en mi carrera, por sus consejos, asesorías, paciencia, entrega, críticas y aportaciones a mi formación académica y personal.

Agradezco a la Maestra Carmen Sosa, a mi director de tesis Alejandro

Amézquita, y asesores Ignacio Baca, Eduardo Blanco y Azucena Gómez. Por todo su apoyo que me brindaron durante este proceso de realización de mi tesis, por su orientación, correcciones, consejos, tiempo, asesorías y por creer en mi proyecto y en mi. Formaron una parte muy importante al finalizar mis estudios profesionales y estoy agradecido de haberme podido encontrar con ustedes.

A Tania, mi mejor amiga y compañera, muchísimas gracias por tu amor, paciencia, comprensión y apoyo. Por abrirme las puertas de tu vida, tu familia y compartir tu vida conmigo durante todo este tiempo. Por tener siempre unos oídos para mi y escuchar mis alegrías, corajes, frustraciones y emociones de mi carrera. Por aguantarme cada día después de una entrega de proyecto sin haber dormido y estar en estado de post-estrés neurótico. Gracias por siempre haberme inspirado a ser mejor, superarme, a cumplir mis metas y nunca darme por vencido. Gracias por siempre estar a mi lado, Te Amo.

A todos mis colegas y amigos de la licenciatura en diseño, en especial a Badillo, Ericka, Lobo, Berna, Cristy, Moi, Pau, Betote, Freddy y Luis P, quienes siempre tuve algo que aprender de ustedes, que compartimos momentos de estrés, desvelos, fiestas, frustraciones, trabajos en equipo, horas de lijar, clases, ocio en el CEDIT, etc. ¡Gracias colegas, diseñadores que siempre confiaron, creyeron en mi y me apoyaron!

Ya sean primos, amigos de la prepa o de toda la vida, siempre son mis hermanos, quiero agradecerles por que hemos podido compartir momentos de alegría, tristeza, festejos, viajes, risas, pérdidas, por darme consejos, escucharme y por abrirme la puerta de sus vidas, por todos los buenos y malos momentos, por saber que cuento con ustedes siempre, porque no sería quien soy hoy sin haberlos conocido, gracias, Paix, Luisin, Coke, Sami, Diego, Rafa, Choky, Nico, Bernie, Julious, Andy, Samuel, Alvei, Tali, Beto, Chago, Bruni, Tortu, Shos, Andrea, Phany, Gringo, Polo, Champi, Pau, Lucy y Dani, ¡Por que sé que me faltan muchos más, gracias a todos por creer siempre en mi!

Índice general

I. CAPITULO I (Introducción)

1.1 Antecedentes	10
1.2 Descripción del problema	11
1.3 Justificación	11 - 12
1.4 Fundamentación Teórica	12 - 16
1.5 Hipótesis y objetivo	17
1.6 Propuesta general	17

II. CAPITULO II (Proyecto y cabina)

2.1 Acústica	18
2.1.1 Sonido	18
2.1.1.1 Reflexión, absorción, resonancia	19 - 21
2.1.2 Grabación de audio	21 - 23
2.1.3 Cabinas de grabación	24 - 25
2.1.3.1 Características de una cabina/sala de grabación ...	25 - 28
2.1.3.2 Comunicación e interior de la cabina	28 - 31
2.2 Arqueoacústica	31 - 33
2.2.1 Instrumentos prehispánicos	33 - 35
2.3 Materiales acústicos	35 - 43
2.3.1 Técnicas de construcción acústica	43 - 48
2.3.2 Material reciclado y ecológico para uso acústico	49 - 55
2.3.3 Sistema de construcción modular	55 - 57
2.3.3.1 Paneles acústicos modulares	57 - 59

III. CAPITULO III

3.1 Metodología	60
3.1.1 Planteamiento del problema	60
3.1.2 Elementos del problema	60
3.1.3 Investigación teórica y de mercado	60 62
3.1.4 Ergonomía en un espacio de trabajo	62
3.1.5 Requerimientos de diseño	63
3.1.6 Etapa creativa	64

3.1.6.1 Bocetaje	64 - 71
3.1.6.2 Selección de alternativa	72
3.1.6.3 Retroalimentación con el cliente	73 - 75
3.1.6.4 Alternativa final	76 - 77
3.1.7 Métodos constructivos	78 - 88
3.1.8 Desarrollo de alternativa final	88 - 95
IV. CAPITULO IV	
4.1 Pruebas	96 - 97
4.2 Resultados	97 - 104
V. CAPÍTULO V	
5.1 Conclusiones	105 - 107
Referencias Bibliográficas	108 - 114
Índice de figuras	115 - 116
Índice de tablas	117

I. CAPÍTULO I (Introducción)

1.1 ANTECEDENTES

El presente trabajo de tesis participa dentro del Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo y Recuperación Arqueoacústico. Éste proyecto de investigación nace para estudiar las zonas arqueológicas de la República Mexicana, por el momento se colabora con el estado de Guanajuato, desde un punto de vista acústico se investiga acerca de cómo los antepasados podían realizar construcciones con fenómenos acústicos, asimismo se estudian los espacios para la simulación de las posibles estructuras de los centros ceremoniales y para manifestaciones escénicas.

Uno de los objetivos del proyecto es la caracterización acústica de instrumentos musicales encontrados en o cerca de los sitios, para efectuar dicha medición acústica se implementó un laboratorio móvil para la grabación de instrumentos en las zonas arqueológicas.

El proyecto está conformado por un equipo multidisciplinario (matemáticos, físicos, musicólogos y especialistas en audio y sonido) y realizan la investigación en zonas arqueológicas desde hace aproximadamente 3 años. Se desarrolló una cabina de grabación con la reutilización de materiales pero fue destruida; es por ello que se busca un rediseño de la cabina en donde se contemplen aspectos formales de diseño en relación con el espacio de trabajo, los materiales de construcción y la eficiencia funcional de la misma.

La cabina de grabación móvil forma parte del primer proyecto de Arqueoacústica registrado en México frente al consejo nacional de arqueología, la misma es un espacio donde se grabarán instrumentos prehispánicos, se procesan los audios de las zonas arqueológicas y eventualmente se podrá utilizar para la evaluación auditiva en poblaciones en el interior de la República Mexicana.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La cabina de grabación con la que se contaba originalmente presentaba dificultades de uso, por lo que es necesario llevar a cabo un análisis específico de la interacción con los usuarios, sin embargo en conversaciones informales con los usuarios se ha podido deducir que no contempla ninguna norma como espacio de trabajo, se encuentran problemas como es la ergonomía, ya que no es cómoda al momento de interactuar con ella; no cuenta con los reglamentos que debe tener un espacio de trabajo para ser amigable con el usuario y evitar la fatiga; existe una deficiencia para poderse comunicar del interior al exterior; en cuanto a la movilidad no era viable ya que por su peso elevado dificultaba su transporte; los materiales con los que estaba construida no presentaban un excelente coeficiente de absorción por lo que no la hacía del todo funcional para aislar la contaminación de ruido, sin embargo se construyó con materiales reciclados y es un punto que debe tomarse en cuenta y lograba amortiguar 20 dB.

El diseño de la cabina de grabación móvil debe cumplir con los requerimientos del equipo para así satisfacer sus necesidades y que se pueda utilizar de manera eficiente y con óptimos resultados. Debe contener los aspectos ergonómicos que se utilizan para un espacio de trabajo, materiales con buen coeficiente de absorción para poder ser funcional, que se pueda transportar con facilidad y que pueda propiciar un buen ambiente durante su utilización.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Se requiere contar con un espacio donde se puedan grabar los sonidos de los instrumentos prehispánicos de manera que se puedan obtener buenos resultados aislando fuentes sonoras contaminantes del exterior de la cabina dentro de los museos. Es por ello que es necesario el diseño funcional de una cabina móvil de grabación para que el equipo de Arqueoacústica pueda cumplir con sus actividades de investigación.

Se busca poder satisfacer las necesidades del cliente por medio de un diseño industrial, brindando un objeto final con el que se pueda contar un óptimo funcionamiento y tener resultados de calidad acústica por medio del diseño, tomando en cuenta materiales, ergonomía, movilidad, interacción objeto-usuario, bajo costo, entre otras.

Siempre es posible seguir ampliando el campo de lo que puede cubrir un diseñador industrial, el hecho de poder juntar dos disciplinas en un proyecto de tesis y poder enfocar al diseño industrial a un tema que no es muy común pero que no deja de ser interesante e innovador.

El desarrollo de este proyecto de tesis es a nivel prototipo, sin embargo se podrá comprobar aproximadamente la eficiencia de los materiales para que posteriormente el objeto pueda estar en uso por un equipo de investigación y el diseño podrá entrar en los registros de la investigación al momento que se haga la publicación científica.

1.4 FUNDAMENTACION TEÓRICA

Es necesario contemplar especificaciones durante el proceso de realización de un diseño; materiales, coeficientes de absorción, técnicas de aislamiento, productos existentes en el mercado, tendencias de diseño tanto de interiores como exteriores, entre otras cosas.

En cuanto al diseño debemos saber que al ser un espacio de trabajo debe cumplir con ciertas normas ergonómicas al respecto en cuanto al objeto-usuario como:

- Los objetos que se manejarán estén situados de manera correcta para que el usuario pueda mantener una postura adecuada de trabajo.
- Mantener la postura de trabajo de forma correcta satisfaciendo las demandas funcionales al momento de ejecutar diversos instrumentos musicales. (Superficies de soporte: Silla, respaldo, alturas de micrófonos, etc.)

- Espacio suficiente para que el usuario pueda realizar los movimientos necesarios que pueda exigir su trabajo y cambio de posturas.
- Tener en cuenta si el usuario puede ajustar las dimensiones del espacio de trabajo y adaptar el equipo utilizado.

(Soto, Universidad de Almería, 2011)

El aislamiento de contaminación exterior de ruido es esencial, así como también debe contar con absorción interior según lo que se vaya a grabar. Así mismo la selección de materiales ya sean aislantes o absorbentes es importante para poder lograr una cabina funcional, y la incorporación de trampas para frecuencias graves.

Se define como absorción acústica a la propiedad que tienen ciertos materiales con la característica de absorber la energía acústica, dando como resultado que sólo se refleje una parte de ella. Podemos decir que la absorción acústica es mayor cuanto menor sea el sonido reflejado. Por ejemplo, al utilizar dos superficies diferentes como una pared de mármol y una cortina gruesa podemos observar como con la pared de mármol si se emite un sonido persiste mas tiempo y en el caso de la cortina gruesa éste sonido se acorta; esto es por que tienen diferentes tipos de superficie y les da diferentes grados de absorción debido a la diferencia de porosidad de cada material. Los poros se encargan de atrapar la energía sonora y disipándola en calor.

Por otro lado se tiene el aislamiento acústico, concepto que podemos definir como la propiedad que nos expresa el grado de reducción de la transmisión del sonido a través de las fronteras del espacio. Podemos inferir que estos materiales o sistemas constructivos nos dan la oportunidad de obtener un mayor confort fuera o dentro del lugar donde se esta produciendo el sonido por su característica para evitar el paso del sonido. Una cuestión importante sobre el aislamiento acústico que tenemos que tener en cuenta es que dicho aislamiento proviene de las propiedades del material y diseño, ya sea que dificulte o facilite el paso del sonido a través de sí mismo, mientras que la absorción acústica se determina por la superficie del material haciendo que

haya una mayor o menor reflexión de la onda sonora emitida hacia la superficie.

(Casadevall, 2008)

Para la construcción de la cabina de grabación se deben tomar en cuenta varios principios, estilos y métodos sobre los cuales se realiza un espacio en el cual se llevan a cabo grabaciones.

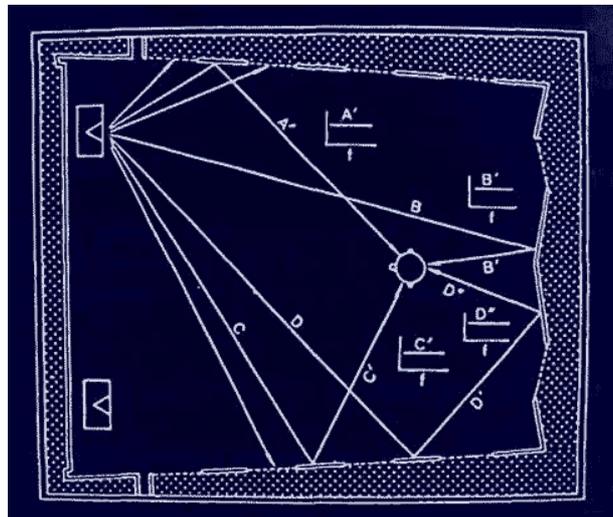
El estilo de cámara anecoica, que consiste en un espacio que es diseñado especialmente para la absorción “total” del sonido por medio de paredes recubiertas con cuñas y pirámides que están construidas con materiales absorbentes al sonido como espumas, madera y fibra de vidrio. Un problema frecuente con este tipo de cámaras es que no se logran absorber las frecuencias más graves, lo que hace no poder controlar ondas estacionarias. Sin embargo son muy útiles para cabinas de voz en donde se graban locuciones y doblajes en los cuales el ambiente de cualquier forma será editado en postproducción.

(Casadevall, 2008)

También se puede encontrar un concepto llamado LEDE (Live End – Dead End) el cual consiste en prácticamente “apagar” la zona frontal del cuarto de mezcla al mismo tiempo que la parte trasera al estar activa se encarga de reflejar el sonido teniendo en cuenta que exista suficiente distancia entre ambas para así poder atenuar los rebotes y no distraer la atención del cerebro al momento de poner atención en los monitores (bocinas principales dirigidas al productor que se encuentra en la consola). Este diseño que se puede considerar como bastante sencillo y económico formó parte de numerosas grabaciones exitosas en los años 70's, se logran eliminar ondas estacionarias pero es importante que el operador acostumbre su oído ya que se verá restringido en la zona dulce (punto entre dos bocinas). Hoy en día se utilizan comúnmente en cuartos de masterización y home studios.

(Castañón O., Spickatto, 2012)

Así como se observan diferentes técnicas o diseños para poder obtener mejores resultados en la calidad de audio al momento de realizar una grabación, debemos de tener en cuenta tratamientos que se les dan a las paredes como estructuración del espacio. Un ejemplo es el “SLATS” que consiste en que las paredes del cuarto son cubiertas con material absorbente y por encima del mismo material se colocan tablas espaciadas para que de esta manera se obtenga un cuarto uniforme en cuanto a lo reflejante y absorbente, mejorar el espacio para absorber ciertas frecuencias específicas por medio de tablas giratorias, modificando las distancias entre tablas, grosor de la madera, el espacio entre los recubrimientos y la pared sólida. Básicamente se juega con el espacio que existe entre la pared del cuarto y las tablas delante de las paredes.



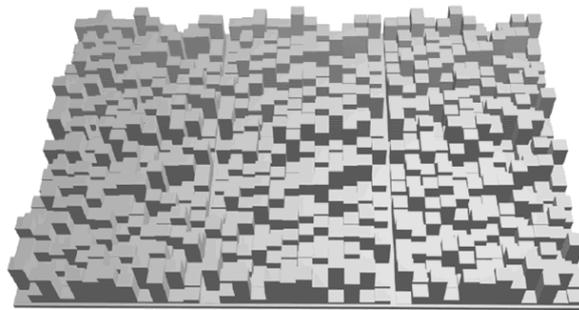
(Castañón O., Spickatto, 2012) (a)

Una cuestión esencial para la construcción de estos espacios es la incorporación de trampas de graves, que son dispositivos utilizados especialmente para tratar las bajas frecuencias; se enfocan a este tipo de frecuencias ya que por tener longitudes de onda más grandes se convierten en las más difíciles de combatir. Es posible transformar las ondas en movimiento con las trampas para graves. Dentro de estas trampas de graves nos encontramos con trampas activas y pasivas. Basando su funcionamiento en paneles rígidos y flexibles para transformar la energía acústica en movimiento para las trampas activas, y construidas con espumas muy densas para actuar conforme a su tamaño y ubicación en las trampas pasivas. Es importante tener

en cuenta que siempre hay que buscar la eliminación de las esquinas para evitar coloración.

(Montejano, 2006)

Otro método que también es importante tener en cuenta como posible opción de utilización es el de la “Difusión”, sirve para eliminar las reflexiones indeseadas que puedan aumentar la concentración de energía y previniendo focalizaciones de sonido dispersando las ondas en múltiples direcciones al chocar contra los paneles o paredes. Éstos difusores se construyen a base de figuras geométricas de varios tamaños y profundidades, incluso haciéndolo ver como si fuera desordenado. Ello sirve para que la onda se vaya reflejando de distintas maneras y así pueda disiparse. En home studios podemos ver difusores caseros al poner un librero con diferentes tamaños de libros y dejando espacios entre ellos, una técnica bastante casera pero que puede tener funcionamiento.



(Montejano, 2006) (b)

Junto con la “difusión” viene también lo que es un “campo difuso”, uno de los campos acústicos cuya característica es que las direcciones de propagación del sonido originan la misma intensidad sonora, es decir que se tiene una energía homogénea en todo el espacio. Lo que nos lleva a la relación entre difusión y reverberación, pues a mayor difusión mayor reverberación y viceversa. Cuanto menor sea la absorción mayor será la difusión.

(Marín, 2011)

1.5 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

Por medio del diseño de la cabina de grabación móvil de sonido, las grabaciones para la investigación de zonas arqueológicas tendrán una mejora de calidad de audio para la grabación de instrumentos prehispánicos, eliminando del campo acústica cualquier contaminación y obteniendo la fuente sonora pura de los instrumentos.

OBJETIVO

Diseñar una cabina de grabación móvil para mejorar las grabaciones de instrumentos prehispánicos que se encuentren durante las investigaciones y para los ya existentes dentro de los museos.

1.6 PROPUESTA GENERAL

Resultados esperados – Cumplir con los requerimientos del proyecto para que la cabina de grabación móvil pueda ser utilizada en las zonas arqueológicas y museos de sitio, dando buenos resultados durante las grabaciones requeridas.

Posibles aplicaciones y uso del proyecto – Grabación de instrumentos prehispánicos para así brindar un mejor documentación acerca de ellos. Aprovechar sus cualidades de movilidad y transporte para documentar música étnica para preservar la música tradicional de algunas regiones del país. Adaptación de la cabina para estudios de audiometría en zonas rurales durante caravanas de la salud organizadas por el sector de la salud.

CAPÍTULO II

2.1 ACÚSTICA

2.1.1 SONIDO

La acústica pertenece a una rama de la física ocupada a estudiar algunos tipos de ondas mecánicas propagadas a través de un medio ya sea líquido, sólido o gaseoso, logra resultados a través de modelos físicos y matemáticos. Le concierne la producción, control, transmisión, recepción y efectos del sonido. Es decir, que estudia todo lo relacionado al sonido, infrasonido y ultrasonido. Su estudio se puede emplear para muchos campos laborales desde las artes hasta la arquitectura, que por medio de teoría científica se logran mejores resultados.

(Encyclopedia Britannica, 2013)

Se encuentra la definición de sonido en la Real Academia Española como, “Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico como el aire”. (Española, 2013)

Sin embargo, físicamente hablando el sonido involucra un fenómeno que se relaciona con la difusión de una onda con características elásticas que se reproducen al hacer vibrar un cuerpo, incluso cuando estas ondas no sean audibles para el oído humano. El sonido transporta energía pero no materia, estas vibraciones tendrán una dirección de propagación idéntica del que se este difundiendo, es por ello que también se consideran como ondas longitudinales.

(Encyclopedia Britannica, 2013)

La potencia acústica es una de las propiedades del sonido que depende de la amplitud de la misma, que es la variación máxima del desplazamiento que pueda producir una onda al momento de oscilar, es decir que a mayor amplitud de la onda mayor será la cantidad de energía que generará; en otras palabras,

la potencia acústica es lo que se conoce como el volumen mismo que se define por su nivel de potencia dado en decibeles (dB). Cabe mencionar que al momento de reproducirlo a una temperatura de 20°C alcanza una velocidad en el aire de 340 m/s. Varía dependiendo del medio por el cual se este propagando, el más rápido por el que viaja el sonido es por medio de los sólidos al ser la materia la que transporta y propaga las ondas, en comparación de un medio gaseoso o uno líquido.

(Nave, 2010)

El sonido tiene cuatro cualidades irrefutables: altura, duración, timbre e intensidad.

- Altura – grave, agudo o medio (relación con la frecuencia de onda).
- Duración – tiempo que puede mantenerse un sonido.
- Timbre – color característico de un sonido.
- Intensidad – cantidad de energía que contiene la onda.

2.1.1.1 REFLEXIÓN, ABSORCIÓN Y RESONANCIA

Dentro del estudio del sonido se encuentran varios términos que es importante conocer para poder comprender mejor el tema, uno de ellos es la reflexión. La reflexión es una característica de una onda en relación al medio y define si ésta se absorbe o se regresa.

Si una onda al momento de transmitirse se encuentra con algún tipo de obstáculo que no logra traspasarla o rodearla se ve en la necesidad de reflejarse o rebotarse en el sentido del que proviene. Lo que va a definir si la onda va a rodear el obstáculo o no será la relación entre la longitud de onda y el tamaño del obstáculo. Si la onda rodea al obstáculo se le llama difracción, si se refleja y regresa de donde proviene se produce lo que se conoce como reflexión, sin embargo la misma reflexión también depende de que la onda sea de alta o baja frecuencia debido a que si presenta una baja frecuencia puede

llegar a ser sumamente grande y logra pasar la mayoría de obstáculos, en comparación con las de altas frecuencias que producen rebotes.

La reflexión es una de las propiedades mejor aprovechada en la acústica, ya que se utiliza para aislamiento o para dirigir hacia un punto deseado el sonido por medio de paneles reflectores ya sea reflejando el sonido o esparciéndolo de la manera que mejor convenga para obtener mejores resultados sonoros. Pero la reflexión así como puede utilizarse puede ser causa de otros fenómenos que se le relacionan como lo son las ondas estacionarias, producidas por la suma de una onda y su reflejo sobre el mismo eje, estas ondas estacionarias modifican el sonido en su amplitud por lo que se puede obtener un resultado no deseado. Otro fenómeno que se puede relacionar con la reflexión es la reverberación que se produce cuando una onda reflejada llega al receptor antes de que la fuente emisora se haya extinguido, cuando esto pasa al contrario se produce el eco, es decir cuando la onda directa se extingue primero y aún no se recibe la onda reflejada.

(Cádiz, 2008)

Se le denomina absorción cuando la propagación de una onda no es reflejada sino más bien es absorbida por el nuevo medio. Normalmente cuando un sonido choca contra un material se produce una pérdida de energía al dispersarse por el medio que se tiene contacto, lo que produce una decaída de la intensidad del movimiento ondulatorio debido a que el medio no es capaz de transmitir la vibración, las moléculas de movimiento de la onda se desordenan determinando una transformación mayor o menor de energía interna del medio. Al momento de querer calcular las propiedades absorbentes de algún material se expresan como un coeficiente de absorción de sonido α (alfa) en función de su frecuencia. Si el coeficiente oscila a 0 se refiere a una reflexión total y si es 1 se refiere a absorción total. Otro término denominado frecuencia crítica se refiere a la frecuencia a partir de la cual un material sólido comienza a presentar absorción de energía de onda.

(Saint-Gobain, 2012)

Existen diferentes tipos de materiales que se relacionan con la propiedad de absorción del sonido:

- Materiales absorbentes en forma de membrana: estos materiales se caracterizan por absorber eficientemente las bajas frecuencias, es decir los graves.
- Materiales resonantes: este tipo de materiales son aquellos que presentan una máxima absorción pero a una frecuencia determinada, misma que es la propia frecuencia de dicho material.
- Materiales porosos: Son aquellos que aumentan su capacidad de absorción conforme la onda va aumentando de frecuencia, es decir que son los adecuados para absorber los agudos.

Existe otro término relacionado con el sonido, que se identifica con la capacidad que puede mostrar un objeto por vibrar, se le denomina resonancia. Todo tipo de materia física tiene lo que se llama frecuencia de resonancia, se refiere al grado máximo de oscilación que puede llegar a soportar antes de que pueda romperse su estructura. Un ejemplo de la frecuencia de resonancia es cuando una persona por medio de su voz puede llegar a destruir una copa de vino, ya que el tono que ejerce de su voz lo hace coincidir con la frecuencia de resonancia del material de la copa y al superar su grado máximo de oscilación ésta se quiebra.

(SINAIS, 2013)

2.1.2 GRABACIÓN DE AUDIO

Formalmente a la grabación de audio se le denomina como magnetización del sonido, que se refiere a la captura eléctrica o mecánica y reproducción de las ondas de sonido. Existen dos principales tipos de grabación, la analógica y la digital.

La grabación analógica también conocida como grabación electromagnética se lleva a cabo por medio de micrófonos de diafragma los cuales detectan las ondas sonoras acústicas para transformarlas en variaciones de voltaje, intensidad, amplitud y frecuencia. Posteriormente las variaciones de voltaje son destinadas al electroimán que se encuentra en la cabeza grabadora que se encarga de transformar corriente eléctrica en una señal magnética, lo que hace la señal transformada es reordenar las partículas ferromagnéticas que se encuentran en la cinta magnética donde se registra lo que se va captando de las ondas sonoras. La calidad de este tipo de método de grabación va a depender en gran cantidad del tipo de cinta magnética que se emplee, así como también sus características como es su anchura y velocidad de arrastre. Sin embargo, existen algunos aspectos en contra de la grabación electromagnética, ya que al presentarse un constante roce entre el soporte del electroimán y la cabeza grabadora a largo plazo la constante fricción da como producto una pérdida en la calidad del sonido. También, en dado caso de que llegue a desmagnetizarse la cinta debido a una corriente eléctrica o que se llegue a magnetizar con otros imanes el resultado sería la pérdida de información sin opción a ser recuperada. Y por último, quizá el inconveniente más importante es que no se puede lograr hacer múltiples copias, cada que se realiza una nueva copia se produce una pequeña pérdida en la calidad de la grabación, por lo tanto a partir de la cuarta generación los defectos en el audio son totalmente audibles. Para este tipo de problemas que presenta la grabación electromagnética se han empleado algunos sistemas de reducción de ruido para mejorar la calidad de la grabación.

(Jordà, 2003)

La grabación digital del sonido ofrece una calidad de audio digital, en el cual se debe pasar por un proceso de conversión A/D para posteriormente poderlo registrar en un medio. Sin embargo el medio no es lo que define si una grabación es analógica o digital, si no que es el tipo de señal que se graba en el medio, un ejemplo son las grabaciones digitales que eran grabadas sobre cintas magnéticas tales como las Cintas de Audio Digital (DAT). Es por ello que

al hacer grabaciones digitales ofrecen una mayor variedad para ser tanto almacenados como transmitidos en distintos tipos de medios.

A diferencia de la señal analógica en la que la señal grabada era de forma equivalente a la originaria, se tiene que para la señal digital es totalmente distinta, la información es traducida en códigos binarios sin forma a la originaria, tomará forma de una serie de ceros y unos como valores. Lo que antes se mencionaba sobre la conversión A/D se le define al proceso de cuando la señal analógica pasa a ser digital, este proceso consta de tres etapas para poder ser completada; muestreo, cuantificación y codificación. Existen tres métodos diferentes para llevar a cabo una grabación digital, así como también cada método tiene sus diferentes opciones para su formato digital:

- Grabación magnética digital: Este método se basa utilizando como medio una banda magnética, ej. DAT, disco flexible Floppy.
- Grabación óptica digital: La grabación es por medio de un láser óptico, ej. CD.
- Grabación magneto-óptica digital: Este método se conforma por una combinación la cual se graba por el método magnético pero se reproduce de manera óptica, ej. Disco duro, CD regrabables.
 - Formatos digitales:
 - Magnéticos:
 - DASH
 - ProDigi
 - ADAT
 - DA-88
 - DTRS
 - DAT
 - DCC
 - Ópticos:
 - CD-Audio
 - Minidisc
 - DVD-Audio

(Martín A. L., 2010)

2.1.3 CABINAS DE GRABACIÓN

Se le denomina cabina de grabación o estudio de grabación a un espacio el cual ha sido insonorizado y modificado acústicamente para poder llevar a cabo actividades de grabación de sonidos. Sin embargo, se pueden considerar como dos cosas diferentes, ya que el estudio de grabación es el conjunto del espacio donde se encuentra la sala de controles, la sala de grabación, incluso pueden contener un área de descanso para los usuarios mientras se graba y edita. Por otro lado la cabina de grabación puede trasladarse a algún lugar si se desea, y es meramente la sala de grabación para posteriormente llevar la información a edición.

Para que se pueda considerar un espacio adecuado para grabación debe contar con dos salas con la característica de aislamiento acústico entre ellas, una es la sala de grabación la cual está diseñada para captar el sonido. Debe estar equipada con materiales para aislar el espacio de contaminación exterior sonora y para poder mantener el sonido dentro de ella sin que sufra deformaciones que puedan afectar el resultado al momento de reproducir la grabación. Contar con los micrófonos adecuados y necesarios y así mismo tener sus respectivas líneas de salida a la sala de control. La otra sala se le denomina como sala de control o de mandos, misma en la cual se ubican los equipos para grabación y edición del sonido, tales como mesas de mezcla, monitores, software, entre otros.

La cabina de grabación se puede considerar como la sala de captación ya que es donde se realiza la grabación, es decir, en su interior es donde se emite el sonido deseado a captar. Este espacio debe tener todos los aspectos necesarios en cuanto a aislamiento y equipo de grabación, pero también es importante mantener un buen ambiente como espacio de trabajo, debido a que

también se puede considerar como un área donde se labora, y debe tener cierto confort y entorno amigable para el usuario. La cabina puede ser construida de manera fija para ser parte de un estudio de grabación en conjunto con la otra sala que la compone. No obstante puede ser ideada para funcionar independientemente de la sala de mandos, éste tipo de cabinas generalmente se utilizan por las compañías radiodifusoras para poder trasladarse a diferentes eventos donde se encuentra un gran número de público y puedan llevar su difusión al evento con la opción de que la audiencia forme parte participando dentro de la cabina móvil.

(Barajas, 1993)

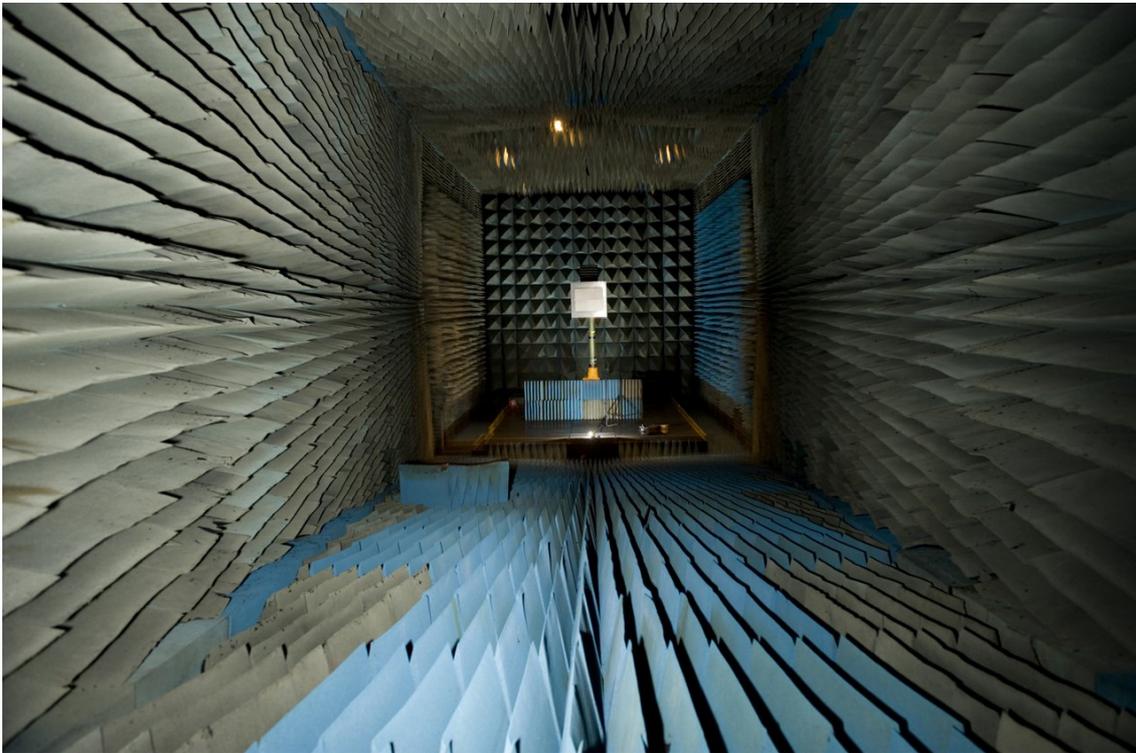
2.1.3.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA CABINA / SALA DE GRABACIÓN

Cabe mencionar que un estudio o cabina de grabación para que pueda considerarse funcional, de calidad y gane distinción, debe conjuntar tres características esenciales para lograr su excelencia: la acústica, estética y electrónica.

Se debe tener en cuenta que una de las principales características que debe cumplir una cabina de grabación es contar con un diseño de insonorización que funcione perfectamente. De manera que no pueda filtrarse algún tipo de sonido externo que pueda contaminar la grabación y así mismo que el sonido interior no se propague al exterior. Con la ayuda de materiales ya sean absorbentes, aislante y cámaras de aire para poder conseguir buenas condiciones acústicas y poder determinar tiempos de reverberación, eliminación de ondas estacionarias, difusión sonora, reflexión, etc. Así como realizar un estudio sobre donde podría ser el entorno futuro de uso de la cabina para poder tener en cuenta niveles de ruido externos a los que se podría exponer.

Existen diferentes métodos de construcción para una cabina o sala de grabación en los que dependiente de sus características brindan diferentes

atributos para una mejor calidad de grabación. La manera de construcción de una cámara anecoica es una de las más efectivas, está totalmente diseñada para absorber por completo las reflexiones que se produzcan en cualquiera de las superficies del cuarto. Así mismo su funcional aislamiento con las fuentes sonoras externas y diseño interior simulan las condiciones acústicas de un espacio libre de cualquier influencia ajena a la sala, por lo que permite llevar acabo grabaciones de calidad pura. El diseño que adopta este tipo de cámaras es para reducir lo más que se pueda cualquier tipo de reflexión del sonido en el interior, y se encuentran totalmente aisladas del exterior. Las paredes de la habitación constan de un recubrimiento de material generalmente en forma de cuña para optimizar la absorción y aumentar la dispersión del sonido dentro del mismo.



(NASA, 2008) (c)

Se encuentran una gran variedad de diseños para construir un espacio o habitación para grabación de audio, sin embargo se ha encontrado que muchos de los estudios en donde se realizan grabaciones no tienen una fundamentación teórica en cuanto a las ciencias relacionadas. Generalmente los estudios se construyen en base a las ideas de otras ya construidos anteriormente o también se da el caso de que se hacen por músicos y lo

adaptan a como mejor les convenga por medio de su oído. Pero es claro que la diferencia entre construir un espacio bien justificado a uno que no tiene las bases necesarias eventualmente tendrá malos resultados en la calidad de audio. Crear un espacio adecuado para grabación de audio no consta solamente de crear paredes gruesas y tapizar las mismas, existen diferentes características que deben cumplir las habitaciones dependiendo lo que se quiere grabar dentro de ellas. En el caso de una sala para grabar percusiones se debe contar con una mayor absorción y el tiempo de reverberación debe estar controlado ya que las frecuencias de resonancia no son las mismas a las de un instrumento de aire, cuerdas o al cantar una persona. Se puede tener una habitación más general en la que se puedan grabar instrumentos de cuerda, aire, voces u otro tipo de instrumentos pero debe tener un tiempo de reverberación y absorción media. Sin embargo, se puede realizar una específicamente con un tiempo de reverberación corto para voces exclusivamente.

Las paredes que van a rodear el espacio de grabación deben de ser dobles y utilizar el mejor aislante natural, es altamente recomendable que tengan aproximadamente 2 cm. de espacio de aire entre ellos, posteriormente se pueden revestir con materiales absorbentes / aislantes como fibra de vidrio.

El aislamiento sonoro se basa en dividir mediante barreras físicas el punto donde se encuentra la fuente sonora que se desea proteger, ya sea para aislar el exterior para obtener una fuente pura o para aislar el interior para que no se escuche en el exterior.

Tabla I - Valores de aislamiento (adentro hacia afuera) y molestia

AISLAMIENTO (dB)	GRADO DE MOLESTIA
30	Se oye claramente
35	Se oye y se entiende

40	Se oye pero no se entiende
45	Se oye ligeramente
>50	No se oye

(Galicia, 2013)

2.1.3.2 COMUNICACIÓN DE LA CABINA

Se considera importante que pueda existir una buena comunicación tanto verbal como visual entre el músico que se encuentra dentro de la habitación de grabación y el ingeniero de grabación que se encuentra en la sala de controles. El contacto visual entre ambos es importante ya que al ser un espacio de trabajo como tal a parte de que se debe poder tener cierto intercambio de comunicación entre ambos, los usuarios pueden llegar a sentir cierto aislamiento y podría tener repercusiones en los resultado de su trabajo. Este problema es muy sencillo de solucionar, se coloca un espacio para poder insertar ventanas y así poder mirar tanto interior como al exterior, éstas ventanas son de cristal aislante y se debe dejar una cámara de aire entre ellas para poder aislar mejor el sonido, es muy importante tener en cuenta que las ventanas no puedes ser paralelas entre ellas; deben estar inclinadas hacia algún sentido para que no se generen ondas estacionarias y ecos batidos.

(Sonido, Técnico de Sonido, 2011)

No solamente la comunicación visual es requerida, si no también es necesario tener un lugar por donde comunicar todo el equipo de micrófonos con su respectiva mesa de mezclas, así como también los micrófonos que se utilicen para comunicación verbal entre el interior y exterior. Para poder tener transferencia de información lo más común es hacerlo con cajas de conexionado (bahías de parcheo), mismas que se componen por conectores de tipo XLR que pueden ir desde 3 a 8 pines. Los XLR son un tipo de conector balanceado, que puede considerarse como el más utilizado en el ámbito del audio profesional, sus siglas significan Xternal Live Return (Retorno Externo Activo) dependiendo su número de pines se les nombra (Ej. XLR-3), éstos conectores se componen por sus conectores hembra y macho. Se les considera como los más utilizados en este tipo de aplicaciones debido a que sirven para transmitir las señales de micrófonos, líneas, auriculares, entre otros. Se debe tener cuidado de no dejar fuga en los bordes al colocar las cajas de conexionado en los muros.



(Capo, 2010) (d)

Así como la comunicación dentro de la habitación tiene un papel importante, se encuentra la parte en la que se busca que el individuo que esté realizando la grabación también se encuentre cómodo en su espacio de trabajo. Un aspecto importante es la temperatura interior de la cabina, ya que si ésta se encuentra muy fría va a entorpecer el trabajo del músico debido a que finalmente está realizando un ejercicio físico. La temperatura que se considera como la más adecuada es que se encuentre entre los 24 y 28°C para que de esta manera su cuerpo no tenga que buscar un recurso interno para subir su temperatura y al no ser muy alta la temperatura su cuerpo no tenga que buscar liberación de calor como lo sería sudar excesivamente.

(Sonido, Técnico de Sonido, 2011)

La habitación de grabación debe contar con un sistema de ventilación tanto para mantener un ambiente agradable que aire fresco, como para poder ventilar el mismo ambiente ya que se puede llegar a estar grabando durante 8 horas seguidas y el estar encerrado en una habitación aislada realizando actividades puede llegar a ser muy sofocante para el usuario, es necesario considerar el bienestar del músico además de la funcionalidad del espacio, ya que no servirá de nada que la habitación sea perfecta pero que no sea utilizable para la persona, si un individuo no se siente cómodo en su espacio de trabajo no podrá dar buenos resultados.

Otro factor que es muy importante como equipamiento de la cabina para el usuario, es la iluminación interior con la que pueda contar. Este aspecto de la iluminación no solamente es por cuestión funcional para el músico, es meramente para mejorar su confort dentro del espacio de trabajo, lo que más se recomienda es poder contar con una instalación de iluminación que pueda ser gradual colocando reguladores o dimmers, de esta manera la persona que se encuentre dentro de ella laborando pueda regular la iluminación a su mejor manera que prefiera, así como puede tenerla intensa se le debe dar la opción poder tener iluminación tenue por cuestiones de confianza y timidez, ya que el simple hecho de estar allí dentro ya es un factor de centro de atención de todo

el equipo y puede llegar a afectar la comodidad del individuo y no va a tener nada que ver con sus habilidades de tocar un instrumento, sino que es cuestión psicológica para poder hacer un espacio de trabajo más cómodo y que pueda acoplarse a las diferentes personalidades que lo puedan ocupar.

(Sonido, Técnico de Sonido, 2011)

Los componentes antes mencionados tienen un peso considerable de importancia en la construcción de una cabina de grabación debido a que son meramente para poder darle un mayor confort a la persona que se encuentre dentro de ella utilizándola.

2.2 ARQUEOACÚSTICA

Se denomina Arqueoacústica al estudio arqueológico desde una perspectiva de investigación acústica. Ésta rama científica se involucra principalmente al análisis de cómo actúa y que papel juega el sonido en sitios arqueológicos, así como también estudia posibles artefactos o instrumentos antiguos que se descubran. El estudio acústico con el pasar del tiempo se ha ido convirtiendo en algo más fuerte debido a que se ha descubierto que muchas civilizaciones antiguas experimentaban muchos rituales y tradiciones con música, por ello este tipo de investigaciones han podido que hoy en día se pueda tener mejor comprensión de los ancestros de cada civilización. La Arqueoacústica se puede considerar como una ciencia interdisciplinaria, debido a que para poder llevar a cabo sus investigaciones se requiere la participación de arqueólogos, musicólogos, museólogos, modeladores digitales, entre otros. Siempre con el interés mutuo por estudiar la acústica prehistórica.

(Amézquita, 2013)

Los primeros artículos que oficialmente se dedicaron a la Arqueoacústica se publicaron como "Acheoacoustics, Christopher Scarre, Graeme Lawson", el cual habla de un estudio a profundidad acerca del rol que juega la acústica en

nuestras vidas como seres humanos y en nuestras conductas. Registrando información desde los primeros antecedentes que se conocen acerca de la música y su reproducción hasta los artefactos reproductores y grabaciones del siglo XIX, denominando términos como la arqueología de los sentidos haciendo referencia a como la música puede cambiar totalmente la percepción de las cosas, y como incluso nuestro pasado se puede experimentar multisensorialmente incorporando los recuerdos de vista, tacto, olfato y oído. Se profundiza en los estudios de cavernas antiguas, templos, senderos, paredes aislantes o absorbentes y piedras que presentan características físicas de sonidos específicos, mismos que hacen su investigación inminente para tratar de descubrir cual era su propósito principal y función de dichas construcciones y modificaciones hechas por el hombre.

(Scarre, 2006)

Un campo que va relacionado con la Arqueoacústica es la arqueología musical, encargada de estudiar la música de todo tipo de culturas y su relación con la arqueología. Gracias a este tipo de ciencias se puede tener registro de investigaciones acerca de la música prehistórica, como es que ha ido evolucionando desde tiempos ancestrales hasta la actualidad, como se diferencia y como puede afectar su evolución dependiendo la cultura y ubicación de la misma.

Siempre ha causado cierto problema el estudio de la música en tiempos prehistóricos debido a que difícilmente existen registros sobre ella y mucho menos grabaciones que las respalden. La música no solamente puede ser entretenimiento, formaba parte de rituales, sacrificios, religión, culto, danzas, etc. no se puede considerar como quizá la mayoría de la gente considera el tema al momento de escuchar la palabra “música”, sin embargo es como un lenguaje universal el cual se encuentra registrado en todo el mundo. Derivando de todas las variables que puede sufrir el término de la música, surge la necesidad de estudio de la misma junto con su contexto histórico, la Arqueoacústica utiliza las técnicas acústicas para poder descifrar y estudiar los

sonidos prehistóricos, fenómenos acústicos en rocas y templos, instrumentos antiguos siendo probados con tecnología actual y posibles escenarios que hayan podido ser utilizados en aquella época con los mismos fines que se utilizan los escenarios hoy en día.

(Scarre, 2006)

2.2.1 INSTRUMENTOS PREHISPÁNICOS

La presencia de los instrumentos musicales en la vida del ser humano ha sido prácticamente elemental en todo tipo de cultura, desde tiempos prehistóricos los instrumentos fueron creados con distintos propósitos. Se piensa que el hombre comenzó su descubrimiento musical con instrumentos de aire y percusión debido a las herramientas de la época, los instrumentos de aire se pudieron haber utilizado para llamados de auxilio entre las tribus o para convocación de la misma. Por otro lado los instrumentos de percusión se utilizaban en bailes religiosos o rituales que comúnmente le brindaban a la madre naturaleza o para sus dioses. Se tiene registro que aunque el hombre carecía de herramientas en comparación con las existentes en la actualidad, el ser humano primitivo utilizaba todo tipo de materiales como madera, piedra, huesos, caracoles, fibras naturales, semillas y palos. Se cree que los primeros instrumentos implementados fueron idiófonos y membranófonos. Al pasar el tiempo la evolución de los instrumentos fue inevitable dando paso a los cordófonos y aerófonos.

(Cánepa, 1993)

Los instrumentos prehispánicos jugaron un gran papel en la cultura Mexicana debido a que en éste país la variedad de culturas que lo constituyeron fueron de gran importancia para que pudiera formarse en lo que es hoy en día. Las civilizaciones antiguas de México se reconocían por su conocimiento sobre naturaleza y las artes, por lo tanto los instrumentos musicales siempre fueron algo elemental y característico de las culturas, mismos instrumentos se

consideraban como lenguaje entre ellos para poder darle una ampliación a sus formas de expresión y filosofías.

A través del tiempo se han ido descubriendo un sin fin de instrumentos musicales prehispánicos como membranófonos hechos con un trozo de árbol ahuecado y de un solo parche hecho a base de fibras vegetales tensadas. Así como también se tiene registro de aerófonos como ocarinas y flautas hechas de caña con o sin agujeros, caracoles, conchas de tortuga. Entre ellos otro tipo de instrumentos que se ponían en el cuerpo tanto como accesorio como para tocar como eran los cascabeles, maracas hechas de semillas, etc. en definitiva es irrefutable la creatividad que se tuvo para ir creando todo tipo de instrumentos aprovechando los materiales de la naturaleza. Conforme fue evolucionando la humanidad llegó el metal y consigo vinieron los instrumentos hechos de este material, que es muy común encontrar imitaciones de los instrumentos ya existentes pero ahora hechos de aluminio, bronce o aleaciones y perfeccionados para tener mejor sonido.

(Both, 2008)

Algunos de los instrumentos prehispánicos más característicos que se apreciaron en la cultura mexicana de viento y percusión, fueron:

- Instrumentos de viento.
 - Tlapitzalli: Flautas de materiales como barro, hueso, madera.
 - Huilacapitzli: Ocarinas y silbadores de barro.
 - Atecocolli: Trompetas de sonido grave de caracoles marinos.
 - Toxacatl: Consistía en una vara delgada que se aspiraba.
 - Incus: Consistía en un aerófono hecho del quiote de maguey.
 - Hom: Aerófono de madera que simulaba el sonido de viento.

- Instrumentos de percusión.
 - Tetzilacatl: Gong metálico.

- Huehuetl: Tambor hecho de madera, piel de venado como la membrana y decoración tradicional a los costados.
- Tlalpanhuehuetl: Tambor de 2,4 m que se utilizaba para dar el llamado de guerra.
- Teponaztly: Tambor horizontal de madera para tocar por ambos lados, generalmente se utilizaba en ceremonias religiosas y señales de guerra.
- Omichitzicahuaztli: Raspador hecho de huesos.
- Tenabaris: Accesorio e instrumento de danzantes que consistían en capullos de mariposa secos con pequeñas piedras en su interior.

(Mendoza, 1990)

Todos los fines principales de la creación de los instrumentos musicales siguen vigentes en la actualidad, la evolución de la raza humana nunca dejó a un lado la evolución de la música. Hoy en día los instrumentos siguen siendo utilizados como entretenimiento, actos religiosos, fines militares, sociales, eventos deportivos e incluso domésticos como simple ambientación. Forma parte de la vida cotidiana de cada uno de las personas por ser un medio tan efectivo en cuanto a expresión de las personas.

2.3 MATERIALES ACÚSTICOS

Al momento de querer deshacerse de reflexiones indeseadas dentro de un espacio para grabación existen dos métodos para lograrlo, es por ello que es necesario contar con materiales especialmente diseñados para el tratamiento acústico. El primer método es por medio de absorción en el cual el material actúa como reductor de las reflexiones, y el segundo método es el de difusión en el que el material acústico se encarga de dirigir las ondas en diferentes direcciones. La manera en que se emplean los materiales son para resolver problemas específicos y se combinan para lograr mejores resultados.

Los materiales acústicos básicamente se encargan de mejorar la acústica de un espacio debido a sus características físicas y por como se comportan al momento de recibir una onda de sonido. Éstos materiales pueden ayudar para aislar al evitar la penetración de ruido exterior, pero también para absorber en el interior de una cabina permitiendo controlar los tiempos de reverberación, eliminando reflexiones, etc. Sin embargo, también pueden emplearse individualmente como decoración de espacio de interiores en casas, oficinas, etc.

Los materiales acústicos se pueden clasificar en cuatro grupos principales:

- Porosos.
- Resonadores.
- Mixtos.
- De variación gradual.

(Sánchez, Laboratorio de Proceso de Imagen, 2003)

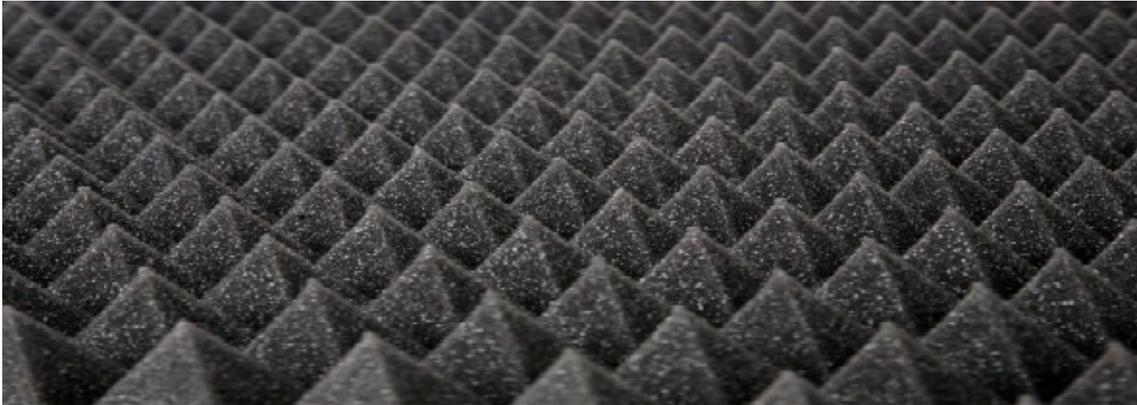
Los materiales que se consideran como porosos cuentan con la característica de ser flexibles o no flexibles, sin embargo contienen un esqueleto el cual es sólido. Éste tipo de materiales se utilizan especialmente para altas frecuencias debido a sus propiedades absorbentes conforme el sonido se torna agudo. Entre más poroso y denso sea el material, puede llegar al límite en el que pueda convertirse en material reflexivo, el espesor que debe emplearse en este tipo de materiales debe ser de acuerdo a las frecuencias que se desean absorber ya que la porosidad comienza a absorber efectivamente al coincidir el espesor con $\frac{1}{4}$ de la frecuencia de la onda. Y también se debe tomar en cuenta que mejorará su absorción en bajas frecuencias si se le separa un poco de la superficie de colocación.

(Contini, 2008)

Los materiales porosos o absorbentes funcionan al momento en el que la onda choca y se introduce en la porosidad se genera una transformación en la

energía sonora convirtiéndola a energía de movimiento. Una ventaja que presentan este tipo de materiales es que generalmente su presentación es en paneles, por lo tanto son fáciles de adaptarlos a un espacio e incluso a techos. Los más conocidos son la lana de roca y fibra de vidrio.

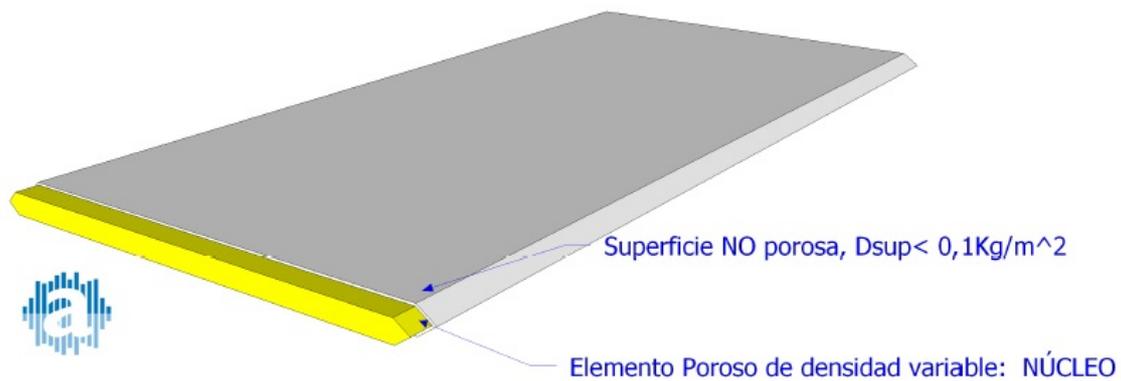
(Waes, 2012)



(Acústica, 2012) (e)

Dentro de los materiales absorbentes porosos se tienen los que se caracterizan solamente por ser flexibles y que se componen por dos capas distintas. La primer capa esta compuesta por una no porosa, un tanto rígida y ligera, y la segunda capa que actúa como núcleo o centro del material, es porosa para poder brindar la característica absorbente. Éste tipo de materiales funciona en base al esqueleto elástico junto con la fricción del aire interior y el cambio de temperatura entre ambas capas. Cabe mencionar que es utilizado cuando se requiere de cierta higiene o el ambiente es húmedo, es mejor que los que son totalmente porosos en el exterior porosos debido a que su superficie es completamente lisa. Por lo general la capa no porosa es de materiales vinílicos para actuar como impermeable al agua y facilita el lavado de la misma.

(Santalla, 2012)



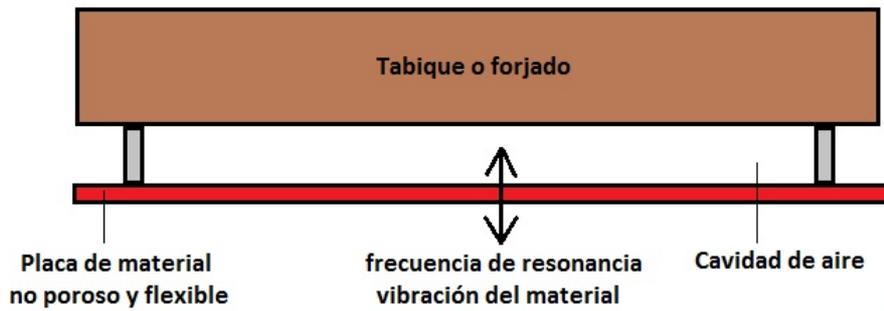
(Santalla, 2012) (f)

El grupo de los resonadores son aquellos que se utilizan más comúnmente en teatros y salas de conciertos, ya que funcionan al proporcionar absorción acústica extrayendo la energía a frecuencias determinadas que por lo general es inferior a los 500 Hz. Dentro del grupo de los resonadores se encuentran tres tipos diferentes, los resonadores de membrana, resonador simple de cavidad o de Helmholtz y el resonador múltiple de cavidad (Helmholtz).

(Ojer, 2013)

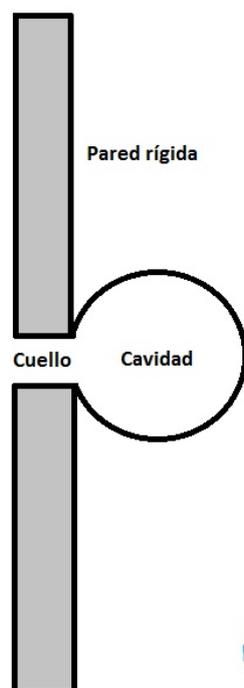
Los resonadores de membrana se caracterizan por estar formados con un panel no poroso y flexible que es colocado a una determinada distancia del tablero absorbente. Cuando la onda acústica choca sobre el panel, éste mismo comienza a vibrar causando una pérdida de energía incidente al momento de pasar a la cavidad de aire, para que finalmente llegué la onda a la placa, misma que terminará absorbiendo las frecuencias que se igualen a la frecuencia de resonancia del material. Por lo tanto, el tablero absorbente actúa solamente con ciertas frecuencias como se mencionaba anteriormente, si la onda se encuentra dentro de su rango será muy efectivo, de lo contrario prácticamente será inservible.

(Ojer, 2013)



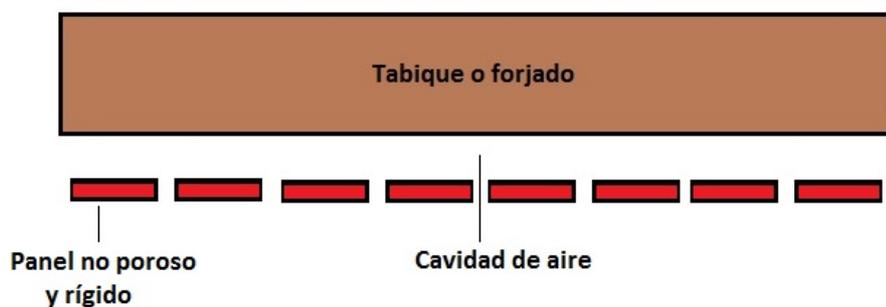
(Ojer, 2013)

El resonador simple de cavidad o Helmholtz basa su principio absorbente en una cavidad con un volumen de aire en el interior, misma que se conecta a la pared de la habitación por medio de un cuello. Su funcionamiento consiste en el aire del cuello comportándose como una masa y el que contiene en su interior haciendo el muelle. Al momento de incidir la onda dependiendo de la abertura del cuello, es absorbida por el interior de la cavidad.



(Acústica, 2012) (g)

Por otro lado, el resonador múltiple de cavidad o Helmholtz está compuesto por un tablero rígido y un panel no poroso que tiene perforaciones o ranuras. El panel no poroso se coloca a cierta distancia del tablero para lograr cierta cavidad de aire. Su funcionamiento se basa en las múltiples ranuras que contiene, así mismo cuando una onda incidente llega al panel entra por las cavidades haciendo vibrar el panel y actuando como un conjunto de resonadores simples pero en conjunto y así finalmente logra la absorción con el tablero rígido.



(Acústica, 2012) (h)

El grupo de materiales acústicos definido como mixto, es en realidad cuando se implementan los dos grupos anteriores dentro de un mismo espacio o en conjunto con el fin de obtener mejores resultados al momento de reproducir el sonido; ya sea que se requiera absorber frecuencias determinadas con resonadores, o para capturar frecuencias altas con los porosos. Su uso no es perjudicial ya que cuando no logran absorber las frecuencias para las que están fabricados prácticamente no actúan como obstáculo para las ondas. Dentro de los mixtos se encuentran los llamados materiales para argamasa, materiales acústicos a los cuales se les aplica en estado húmedo una superficie para crear un espesor según se deseé para que éste se vuelva en un material acústico o para que pueda mejorar su funcionamiento como tal, ésta

aplicación puede conformar dos o más capas. A las capas aplicadas se les denomina como morteros acústicos, compuestos por una mezcla de ingredientes como la perlita o vermiculita y un aglutinante como el yeso y se le añade agua para su aplicación. Dependiendo cuanta porosidad se requiera se le puede añadir algún agente espumante.

(Sánchez, Materiales Acústicos, 2005)

Es importante tener conocimiento sobre los diferentes grupos de materiales para acondicionamiento acústico para poder obtener mejores resultados al momento de trabajar con ciertas frecuencias. Sería totalmente inútil implementar materiales porosos si se va a estar trabajando con frecuencias bajas, y conversamente sería ineficaz utilizar materiales resonantes cuando se va a trabajar mayoritariamente con frecuencias altas.

Todo tipo de materiales cuenta con algo llamado el coeficiente de absorción, se refiere a la relación sobre la energía que es absorbida por el material y la que energía que es reflejada por el mismo. Los valores del coeficiente de absorción se comprenden entre 0 y 1, donde 1 indica el máximo que puede absorber el material de la energía incidente, y el 0 es el mínimo donde toda la energía es reflejada por el material.

(Azpiroz, 2010)

A continuación se muestran algunas tablas sobre los diferentes coeficientes de absorción de diferentes materiales y situaciones a los que se puede exponer el sonido.

Tabla de Coeficientes de Absorción.

Nombre del material	Frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Pared de Ladrillo, sin pintar	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Pared de Ladrillo, pintada	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Revoque, yeso sobre ladrillos huecos, pintado o sin pintar	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
Enlucido de yeso sobre pared	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
Revoque de cal	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.07

Enlucido rugoso de cemento	0.02	0.02	0.06	0.08	0.04	0.05
Hormigón enlucido con cemento	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
Mármol	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Hormigón, sin pintar	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Hormigón pintado	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Vidrio de ventanas normal	0.035	0.04	0.027	0.03	0.02	0.02
Vidrio de Láminas de 0,3 a 0,5 cm de espesor	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Vidrio de Espejo	0.035	0.025	0.019	0.012	0.07	0.04
Ventana abierta	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Rejilla de Ventilación	0.50	0.50	0.40	0.35	0.30	0.25
Madera Maciza y pulida de 5cm	0.10	---	0.05	---	0.04	0.04
Madera Barnizada	0.05	---	0.03	---	0.03	---
Madera, plataforma con gran espacio de aire debajo	0.40	0.30	0.20	0.17	0.15	0.10
Enablado de madera de 2,5cm	0.19	0.16	0.13	0.10	0.06	0.06
Madera de 1,5cm barnizada con 5cm de cámara	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.01
Madera de 0,3cm con 5cm de cámara	0.25	0.34	0.18	0.10	0.10	0.06
Madera de 0,3cm con 5cm de cámara rellena de fibra de vidrio	0.61	0.65	0.24	0.12	0.10	0.06
Placa de madera de 1,6cm sobre listones de 4cm	0.18	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07
Panel perforado de fibra-yeso	0.40	0.80	0.62	0.92	0.81	---
Panel de fibra de madera	0.47	0.52	0.50	0.55	0.58	0.63
Corcho sobre cemento	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
Corcho en General	0.12	0.27	0.72	0.79	0.76	0.77
Contrachapado de madera sobre pared	0.05	0.06	0.06	0.10	0.10	0.10
Papel mural grueso	0.02	---	0.04	---	0.07	---
Lana mineral de 2,5cm	0.06	0.19	0.39	0.54	0.59	0.75
Lana mineral de 10cm	0.42	0.66	0.73	0.74	0.76	0.79
Lana de vidrio de 6cm	0.09	0.39	0.61	0.74	0.83	0.87
Lana de vidrio de 9cm	0.32	0.40	0.51	0.60	0.65	0.60
Lana de vidrio con Papel, 9cm	0.20	0.43	0.62	0.53	0.30	0.12
Lana mineral a granel de 10cm	0.42	0.66	0.73	0.74	0.76	0.80
Lana Mineral con cubierta de metal perforado con 10 aberturas de 1.5mm de diámetro a 1cm3	0.09	0.25	0.48	0.66	0.57	0.47
Fibra de Vidrio 4cm	0.20	0.35	0.65	0.80	0.75	0.65
Fibra de Vidrio 10cm	0.75	0.96	0.96	0.90	0.84	0.74
Tela algodón, 0,5 Kg/m2, colgando sobre la pared	0.04	---	0.35	---	0.32	---
Tela algodón, plegada a un 50%	0.04	0.23	0.40	0.57	0.53	0.40
Tela algodón, plegada a un 75%	0.07	0.31	0.49	0.81	0.66	0.54
Tela aterciopelada extendida 0,35 Kg/m2	0.04	0.05	0.11	0.18	0.30	0.35
Tela aterciopelada extendida 0,45 Kg/m2	0.05	0.07	0.13	0.22	0.32	0.35
Tela aterciopelada extendida 0,6 Kg/m2	0.05	0.12	0.35	0.48	0.38	0.36
Tela aterciopelada plegada a la mitad 0,45 Kg/m2	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60
Tela aterciopelada plegada a la mitad 0,6 Kg/m2	0.14	0.35	0.55	0.75	0.70	0.60
Fieltro 2.5cm	0.13	0.41	0.56	0.69	0.65	0.49
Alfombra 0.5cm	0.04	---	0.15	---	0.52	---
Alfombra de lana sobre hormigón 1cm	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37
Alfombra de lana acolchada 1,5cm	0.20	0.25	0.35	0.40	0.50	0.75
Alfombra de fibra vegetal	0.08	---	0.17	---	0.30	---
Parquet	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Goma de 0.5cm sobre cemento	0.04	0.04	0.08	0.12	0.03	0.10
Linóleo sobre cemento	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

Parquet 2cm puesto sobre asfalto	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
Arena seca	0.15	0.35	0.40	0.50	0.55	0.80
Arena húmeda	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.15
Capa de nieve recién caída 6cm	---	0.95	---	0.95	---	0.98
Agua quieta	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Absorción de Personas y Mobiliario.

Persona u objeto	Frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Músico con Instrumento Incluido	0.40	0.85	1.15	1.40	1.20	1.20
Persona adulta	0.23	0.33	0.39	0.42	0.47	0.47
Muchacho	0.18	0.20	0.27	0.30	0.36	0.36
Espectador	0.36	0.43	0.47	0.44	0.49	0.49
Feligreses en banco de una Iglesia	0.20	0.25	0.31	0.35	0.33	0.30
Público Mixto Sentado	0.30	0.32	0.37	0.44	0.36	0.36
Pupitre de madera	0.04	---	0.04	---	0.04	---
Pupitre y silla con alumno	0.24	---	0.39	---	0.43	---
Público de Pie	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
Butaca tapizada con fieltro o terciopelo	0.30	0.32	0.27	0.30	0.33	0.33
Butaca tapizada con plástico	0.20	0.20	0.25	0.30	0.30	0.30
Butaca de madera	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Butaca de madera con asiento tapizado	0.06	0.08	0.10	0.12	0.12	0.12
Público en asiento de madera	0.15	0.25	0.35	0.38	0.38	0.35
Público en asiento tapizado	0.30	0.35	0.42	0.45	0.48	0.40
Jóvenes sentados en escuela	0.22	0.30	0.33	0.40	0.44	0.45
Niños sentados en escuela	0.18	0.23	0.28	0.32	0.35	0.40

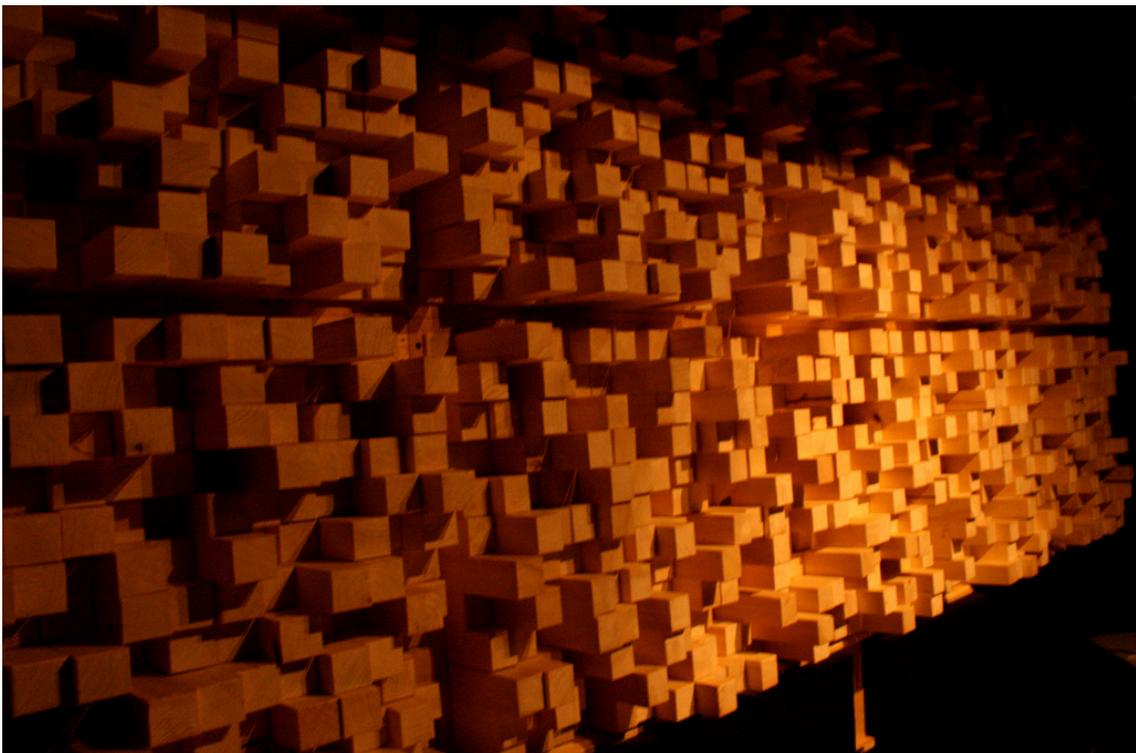
(Torio, 2010)

2.3.1 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN ACÚSTICA

Existen diversas técnicas de construcción para que se pueda adaptar un espacio adecuadamente para tener mejores resultados al momento de realizar grabaciones. Es importante tener en cuenta al construir o adaptar un espacio para su insonorización acústica, que el sonido dentro de éstos espacios es mucho más natural a los que normalmente se escuchan fuera de ellos, es por ello que hay que tener cuidado al momento de querer eliminar reverberaciones y reflexiones para no exceder los límites y crear ecos que se puedan percibir como sonidos anormales para el oído humano.

Si se requiere construir un espacio pequeño para grabación lo mejor que se puede tomar en cuenta son los principios de construcción de una cabina para grabación vocal, sin embargo no es muy recomendable si se necesita grabar instrumentos musicales, en dado caso que sea inevitable se debe hacer la cabina con propiedades de difusión en lugar de absorción. Esto se puede lograr por medio del RPG (Reflection Phase Grating en inglés) ésta técnica nace como parte de investigación militar al querer hacer imperceptibles los aviones ante los radares por medio de la difusión de las ondas, con el mismo principio es como funciona ésta técnica, al momento de tener la difusión los paneles difusores actúan a medida como si las paredes no existieran y así evitan afectar el sonido al querer ser grabado y dando como resultado una calidad de grabación en espacio abierto, logrando que las reflexiones tempranas se minimicen y dispersen que son las que el oído humano reconoce para definir el tamaño de un espacio.

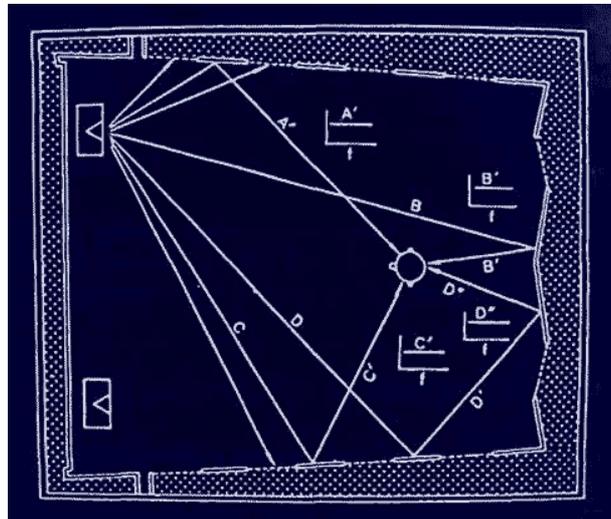
(Castañón O., Spickatto, 2012)



(Sound, 2009) (i)

Utilizando la técnica de RPG se puede lograr difusión en prácticamente cualquier superficie y en las que se tenga algún problema se pueden implementar los SLATS, prácticamente son resonadores basados en los de cavidades de Helmholtz, esta técnica se utiliza para cubrir en un cuarto superficies absorbentes para lograr en ciertos puntos de la habitación zonas difusoras y otras absorbentes. Los SLATS pueden ser colocados a diferentes distancias y direcciones para lograr un espacio más uniforme. La ventaja de implementar los SLATS es que puede haber tablas o paneles giratorios y así se puede modificar el ángulo en el que se quiera lograr la difusión, reflejar o absorber las ondas acústicas.

(Castañón O., Spickatto, 2012)

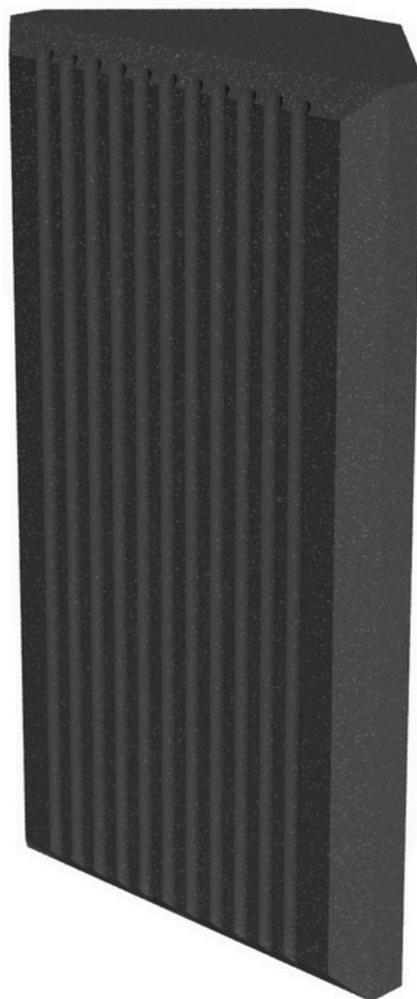


(Castañón O.) (j)

Aunque existan técnicas para construir un espacio adecuado acústicamente, también ha surgido que podría considerarse como ridículas, sin embargo se implementó una conocida como CAOS, la cual se basa en llenar el techo con trampas de graves pareciendo una decoración caótica pero ha funcionado en varios casos siempre y cuando sea bien monitoreado y comprobado mediante prueba y error, pero con resultados muy positivos para lograr difusión en el cuarto (Castañón O., Spickatto, 2012) . Se conforman por trampas de graves, dichos paneles son diseñados para absorber la energía de la onda de bajas frecuencias, están diseñados especialmente para sonidos graves como lo dice su nombre. Dentro de las trampas de graves se encuentran las resonadoras

que absorben solamente un rango de bajas frecuencias, y también existen las porosas que permiten atrapar las ondas audibles ya sean bajas, medias o de alta frecuencia. Para su ubicación dentro de la habitación por ser especiales para atrapar las resonancias de baja frecuencia deben colocarse en las esquinas, ya que esos son los puntos donde dichas frecuencias pueden llegar a su máxima o mínima presión. También está permitido utilizar las trampas ocultas al momento de la construcción para lograr aún mejores resultados para eliminar cualquier tipo de ruido que pueda modificar la grabación.

(Acústicos I. , 2013)



(247, 2013) (k)

El ruido es el peor enemigo al momento de querer aislar la habitación de cualquier tipo de contaminación sonora exterior, es por ello que lo mejor que se puede implementar son pisos y techos volados, se les denomina así porque se

les agregan una especie de soportes para separar los muros del posible contacto con otros muros ambiguos, y para el caso de las paredes es sumamente recomendable incorporar cavidades de aire ya que podría ser el mejor material aislante que pueda haber entre un sólido y otro. En caso de colocar luminarias y aire acondicionado u otros factores que puedan afectar al la insonorización del espacio, se pueden utilizar lo que se le llama como techos de expansión, éstos funcionan de manera que se les colocan trampas difusoras en su interior y así se logra eliminar un ruido externo a la grabación pero que deba estar dentro de la habitación.

(Amézquita, 2013)

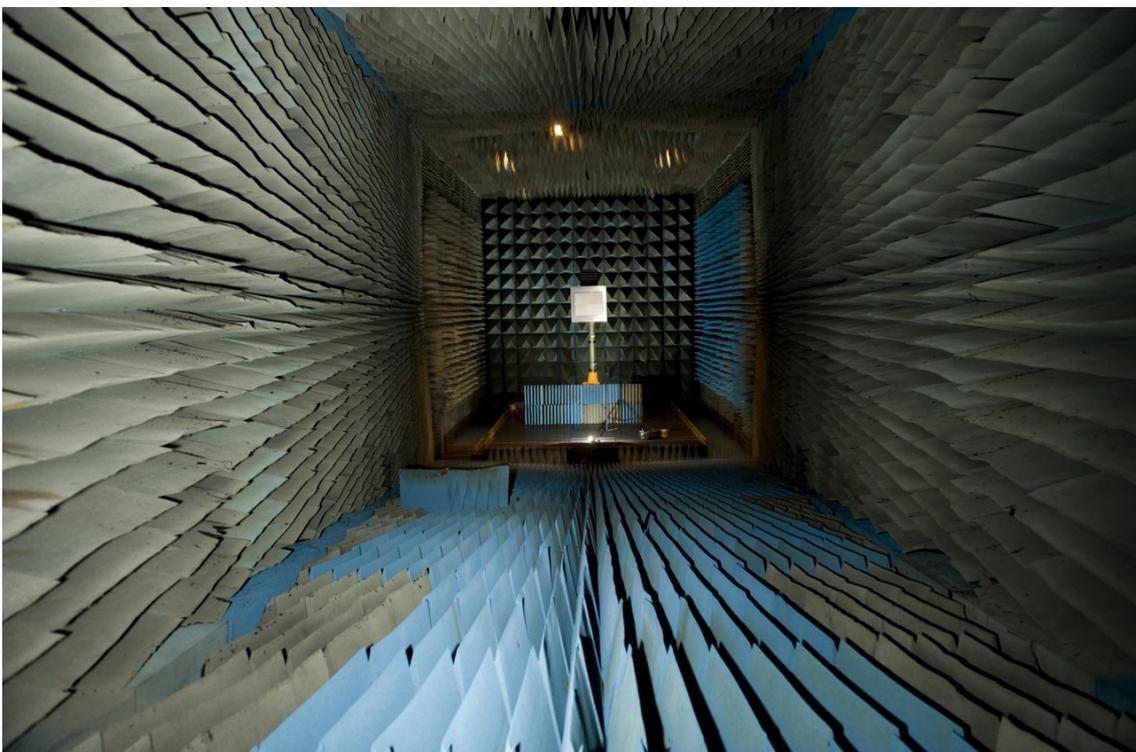
Un aspecto importante que se puede tomar en cuenta con todas las técnicas antes mencionadas es dejar el paralelismo a un lado, el paralelismo ocasiona que se puedan propagar las ondas estacionarias, es por ello que al construir una ventana debe colocarse no paralela a la otra y dejando su respectivo espacio de aire entre ambas, también aplica en paneles que se quieran colocar en el techo para poder eliminar los rebotes de las ondas aún más al momento impactar contra dichos paneles.



(Galicia, 2013) (l)

Sin duda una de las mejores técnicas de construcción para obtener resultados óptimo es el de una cámara anecoica, misma que está diseñada en su totalidad para absorber todas las reflexiones que puedan producirse tanto en paredes, techo y suelo. Se considera como un espacio completamente insonoro debido a que también se encuentra completamente aislada al exterior, por lo tanto crea unas condiciones acústicas de campo libre. En sí el diseño de las superficies en forma de cuña es el responsable de eliminar todo tipo de onda indeseada y reflexiones, es por ello que al momento de entrar a una cámara anecoica se puede experimentar un silencio absoluto que incluso puede llegar a parecer perturbador para una persona que nunca lo ha experimentado. La cámara en sí, se encuentra aislada al exterior por medio de resortes por lo que la convierte en un cuarto flotante dentro de otro cuarto y utiliza el aire como aislante en todos los lados que la conforman.

(Manchester, 2012)



(NASA, 2008) (c)

2.3.2 MATERIAL RECICLADO Y ECOLÓGICO PARA USO ACÚSTICO

Actualmente el planeta ya no puede tolerar tanto desperdicio que se produce día a día gracias al consumismo que se ha creado con la globalización de productos en el mercado. La raza humana está acabando con todo tipo de recursos por su propia ambición por el poder mundial y económico, dadas las circunstancias hoy en día se busca la utilización de materiales que sean reciclados o la manera de reutilizar materiales que ya eran considerados como basura y así poder alargar la el ciclo de vida de algún producto.

En el caso de la reutilización de materiales es más sencillo emplearlos debido a que por lo general no se tiene que pasar por algún tipo de proceso de manufactura complicado ya que se esta reutilizando el producto y no se esta modificando para poderle dar un uso efectivo. Un caso de éste tipo podrían ser mobiliario de madera que ya fuera considerado como basura, se puede tomar el material por separado y utilizarlo como más convenga y así se puede contribuir a la reutilización de material y también podrá significar un ahorro económico en materiales.

(Ambiental, 2004)

Para que un material se recicle y posteriormente se pueda utilizar debe pasar por algún tipo de proceso o transformación, he ahí donde radica la diferencia entre la reutilización de materiales. Hoy en día el hecho de poder reciclar los materiales y ofrecer un segundo uso a la basura esta muy valuada en el mercado por el mismo hecho de que existen muchas campañas sobre la ecología y consigo se incorporan las empresas que integran la ecología en sus productos aunque sea meramente publicidad para vender más.

(Ambiental, 2004)

Audiotec es un centro tecnológico de Valladolid que desarrolló un material aislante para colocar ya sea en las paredes, techo o suelo de una habitación para actuar como aislante acústico. Dichos paneles están hechas del reciclaje del caucho de los neumáticos debido a que el caucho tiene buenas aportaciones acústicas dentro de sus propiedades. Dentro de lo que buscaron

desarrollar era una solución exclusivamente para el suelo, el cual se conformaría por una capa de dicho material en el interior de la estructura del suelo para evitar la transmisión de ruido como pasos, movimiento de mobiliario, etc. En el caso para las paredes lo que se buscó implementar fue que el panel debía incorporarse en la pared haciendo contacto con el del suelo para así formar una unión de aislante entre los dos componentes. El nuevo desarrollo realizado por la empresa Audiotec ha cumplido una gran demanda en el sector de construcción para edificios, el proyecto se da por querer hacer algo ecológico y por buscar un beneficio comunal, tanto para ellos al vender, como para las compañías constructoras al ofrecer mejores productos reciclables como finalmente para los usuarios que tendrán mayores beneficios de privacidad acústica en sus viviendas.

(Audiotec, 2012)



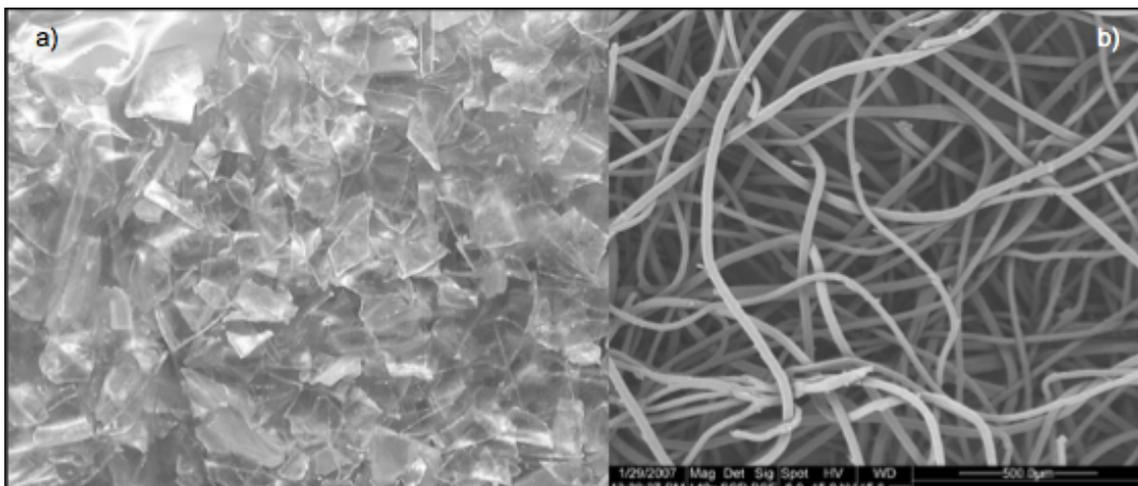
(Audiotec, 2012) (m)

Existen otros materiales absorbentes fibrosos que son muy utilizados para la insonorización de salas, la lana de poliéster es uno de los más utilizados para los paneles fibrosos, sin embargo su origen proviene del petróleo. Todo material que provenga del petróleo automáticamente se puede considerar como un alto contaminante por el proceso de producción sin mencionar que debido a su origen su precio puede subir como se desee. Por éste motivo se comenzó a desarrollar una lana de poliéster alternativa que a diferencia de que provenga del petróleo se obtiene del reciclado del PET, lo cual lo hace algo

muy interesante ya que el PET es uno de los mayores contaminantes en el mundo debido a sus niveles de producción que alcanza anualmente y la vida tan corta que tiene como producto.

(Rey, 2011)

Un aspecto positivo del desarrollo de éste material a base de PET es que la misma maquinaria utilizada para fabricar las lanas de poliéster se puede utilizar sin ninguna modificación necesaria para procesar los copos de reciclado de botellas de plástico. El proceso que se requiere para las lanas de poliéster es por medio de termo-fusión, misma que se requiere para los copos de PET reciclado, ambas materias primas deben pasar por un lavado y posteriormente es introducido a un horno para realizar la termo-fusión, realmente la diferencia es a nivel microscópico en su estructura:



(Rey, 2011) (n)

Después de haber realizado estudios en cámaras de reverberación se pudo probar que sus coeficientes de absorción son aptos para considerarse un material absorbente acústico sin mencionar que se logró hacer una igualación de producto con el mismo fin y mismos resultados llevándolo a cabo con el mismo proceso de fabricación, la pequeña diferencia es que uno proviene del petróleo y se convertirá en basura y el otro la materia prima ya era considerada como basura y se recicló para su nueva utilización.

(Rey, 2011)

Se desarrolló otro material reciclado para fines acústicos pero a base de fibras textiles, sin embargo está también enfocado a usarse para aislante térmico por sus propiedades físicas. Éste material llamado FiberTex Pan, no contiene ningún tipo de aditivos que puedan considerarse contaminantes lo cual lo hace que se pueda reutilizar de manera sencilla. Se puede llegar a describir literalmente como un aglomerado de fibras textiles que se componen principalmente de fibras naturales de cáñamo y kenaf.

(Building, 2013)

Paralelamente a la reutilización y reciclaje de materiales para fines acústicos, también existe un campo que se ha tenido mucha difusión debido a la situación actual del planeta, la investigación para acoplar materiales ecológicos a dichos fines ha tenido un gran apogeo. El Celenit se compone por 65% de fibras provenientes de madera y 35% de aglomerantes minerales. Para que se pueda producir sin perder las propiedades naturales de la madera es trabajo por un proceso de mineralización para reducir el deterioro biológico del material y volverlo más duradero y se le da la característica de tener cierta resistencia al fuego, debido a que al final del proceso tiene cierta porosidad en la superficie es la que actúa como absorbente acústico. Sus distintas propiedades como material lo hace que se pueda considerar como 100% natural y formando parte de los materiales sustentables.

(CELENIT, 2012)



(CELENIT, 2012) (o)

Se han desarrollado una variedad de productos con el fin de proporcionar mejores y más agradables espacios para los usuarios, por lo tanto en uno de los campos donde ha habido una amplia expansión es en la absorción acústica, otro de los materiales ecológicos es el Heraklith. Con sus propiedades de tener un peso ligero se compone de fibras de madera provenientes de bosques certificados por programas de reforestación para que pueda considerarse como sustentable, las fibras son mezcladas con magnesita para poder terminar el producto. Su estructura de característica fibrosa permite que los paneles de madera tengan buenas prestaciones absorbentes acústicas proporcionando buena absorción en el interior de una habitación y buena aislación al exterior.

(Heraklith, 2013)



(Heraklith, 2013) (p)

Sin embargo los materiales ecológicos a base de fibras de madera no lo es todo, también se ha desarrollado producto llamado Diathonite que es a base de corcho debido a que cuenta con propiedades de larga durabilidad como producto ante la biodegradación, también el corcho es un material atóxico, naturalmente puro, no tiende a deformarse, es totalmente neutro eléctricamente y sus características acústicas son excelentes. Para que pueda completarse la fabricación de este material compuesto es necesaria una mezcla de arcilla, corcho, polvos de diatomeas y un conglomerado hidráulico. Como todo material absorbente utiliza su acabado poroso especialmente para poder eliminar la reverberación y eco. Debido a sus propiedades físicas además de proporcionar un aislamiento acústico también se puede utilizar como aislante térmico.

(Building, 2013)



(Building, 2013) (q)

La amenaza por desastres naturales ocasionados por tanta contaminación es una realidad que se vive en la actualidad y no se le puede evitar solamente por voltear la mirada a otro lado. Es un problema ambiental que debe incumbirle a todo habitante de la tierra, es por ello que si existe un desarrollo de materiales reciclados, ecológicos o se tenga la oportunidad de reutilizar materiales, se debe aprovechar para poder aportar a tener un futuro mejor.

2.3.3 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN MODULAR

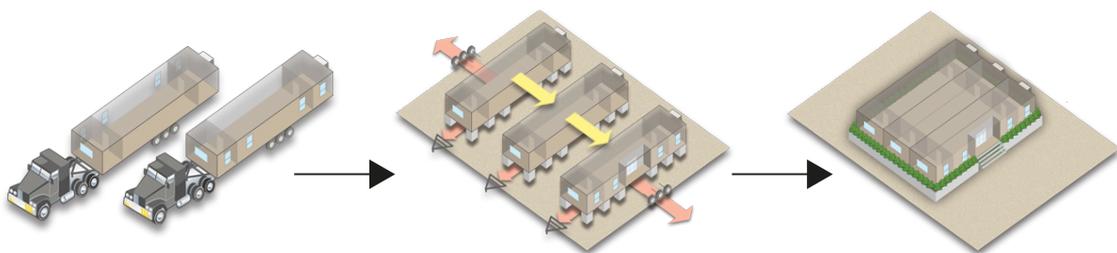
En comparación de hace unas cuántas décadas el mundo de hoy es mucho más exigente, demanda velocidad al hacer las cosas, menor costo para todo y cuanto menos trabaje el hombre y los procesos se automaticen, mejor. Se podría plantear que a partir de estas imposiciones que pone la vida cotidiana actualmente nace el diseño modular. El diseño modular se basa principalmente en la optimización del tiempo al momento de construir algo por medio de modulación reticular, se busca una prefabricación para que al momento de querer armar la construcción solo se deban añadir o retirar las piezas, agrandar o achicar los espacios, desarmar o armar los componentes, por consiguiente se obtiene una reducción de costos tanto de fabricación como de mano de obra y se obtiene el mayor beneficio, el tiempo.

Se puede considerar modular un sistema cuando cuenta con la funcionalidad de poder ser un conjunto y si se decide partir éste debe funcionar como si se estuviera escalando y cada módulo retirado se convierte en uno individual. Sin

duda alguna una de las mejores ventajas de un sistema modular es la facilidad con la que una personas puede resolver un problema con solo añadir una pieza más al conjunto y poderlo acoplar a sus necesidades dependiendo su situación. Básicamente un sistema modular busca poder satisfacer necesidades al fusionar los pros que le puede otorgar la estandarización al reducir costos de fabricación por ser una producción en serie, junto con la ventaja de la personalización que le puede dar el cliente propio lo cual le da un valor agregado por el hecho de que el mismo usuario puede modificar el objeto. (Serrentino, 2008)

Un sistema modular al contar con una prefabricación de los componentes hace aumentar drásticamente la optimización del tiempo de construcción debido a que las instalaciones pueden hacerse solamente juntando las piezas. Por tanto un sistema de construcción modular puede ofrecer una gran comodidad al momento de tener que transportar los que se desea construir, los dispositivos modulares pueden ser desmontados para su transportación y una vez que hayan alcanzado su destino se vuelven a unir para concluir con el conjunto deseado. Sin embargo debe contarse con una gran calidad en el producto ya que si se le ofrece al cliente la opción de hacer y deshacer el conjunto, debe poder soportar múltiples armadas de otra manera sería una muy mala compra, en caso de que se rompa una pieza podría comprometer al sistema con poder completar el compuesto.

(COMMOSA, 2013)



(COMMOSA, 2013) (r)

Generalmente un sistema de construcción modular se basa en la perfección de la geometría para poder llevar acabo sus diseños y que pueda ofrecer mayor versatilidad al usuario al momento de querer jugar con el sistema. Se pueden

en utilizar en un sin fin de aplicaciones como mobiliario, construcción de edificios, viviendas, oficinas, cubículos de trabajo, laboratorios, automóviles, trenes, computadores, etc. Sus características de fácil ensamble le dan tan amplia gama de funcionamiento en el mercado.



(Diseño, 2008) (s)



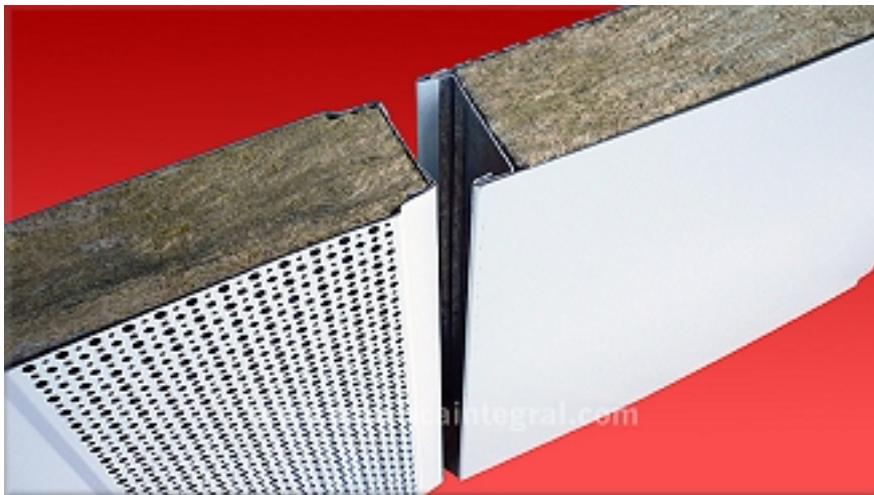
(modulares, 2012) (t)

2.3.3.1 PANELES ACÚSTICOS MODULARES

Una aplicación muy eficiente del sistema modular es en los paneles acústicos, éstos paneles son los que se utilizan dentro de los espacios que se desean insonorizar para poder realizar grabaciones acústicas. Se considera muy útil

debido a su fácil instalación y también al quererlo desmontar dando resultados de uso muy cómodo. Los paneles se unen entre sí con sistemas de macho y hembra para garantizar la menor de fugas de ruido posible para lograr un mayor aislamiento. Éste tipo de sistema utilizado en los paneles acústicos puede asegurar una mejor unión entre ellos que si solamente se unieran contra superficies, además el hecho de poder cambiarlos puede facilitar el cumplimiento de las necesidades del usuario dependiendo que tipo de paneles quiera utilizar o si quiere mezclar algunos flexibles con rígidos, etc.

(Acústica, 2012)



(Acústica, 2012) (u)

Los paneles acústicos modulares que cuentan con la opción de ser móviles son otro tipo de sistema modular que se le agrega la opción de poderlos cambiar de lugar con un sencillo mecanismo de movilidad sin la necesidad de desmontarlos, pero el movimiento siempre es hacia la misma dirección. La principal ventaja de este tipo de sistema es que el almacenamiento de los mismos se puede facilitar en gran medida para el ahorro de espacio ya que como puede ocupar toda una pared de una habitación se puede almacenar en un pequeño closet oculto en el mismo muro acústico en el que se desee emplear.

(Labarca, 2013)



(Labarca, 2013) (v)

III. CAPÍTULO III

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere grabar instrumentos prehispánicos hallados en la zonas arqueológicas que se estudian actualmente por el equipo de investigación, por lo tanto es necesario el diseño de una cabina de grabación de sonido que pueda transportarse fácilmente para su uso, que sea funcional y estética.

3.1.2 ELEMENTOS DEL PROBLEMA

La cabina para grabación de sonido debe ser funcional al 100% para lograr los resultados esperados de las grabaciones, con esto se garantiza una aportación de calidad sobre los instrumentos prehispánicos. Así como también contar con una buena movilidad de transporte es elemental para que se pueda utilizar en distintos lugares sin que el terreno o distancia sea un impedimento. La cabina no podrá utilizarse sola, el usuario tiene un gran papel dentro del diseño de un objeto, debe sentirse cómodo en su espacio de trabajo para que pueda desempeñar bien sus tareas y no caer en la fatiga, experimentar el furor de entrar a trabajar tan solo al verla , imaginar la experiencia de uso..

3.1.3 INVESTIGACIÓN TEÓRICA Y DE MERCADO

La construcción de un espacio insonorizado utilizado para la grabación de sonido se logra por medio de una serie de factores que actúan en conjunto para lograr tal objetivo, desde las distintas maneras de grabar audio hasta los diferentes materiales para absorber las ondas acústicas.

Para poder llevar acabo exitosamente el montaje de una cabina de grabación primero esta la cuestión de los efectos que pueden causar las ondas acústicas, tener en cuenta como y que se va a utilizar para la absorción de los sonidos no deseados, evitar la reverberación y saber como evitar la reflexión no deseada

durante una sesión de grabación. Es controlable con diferentes métodos tanto de construcción de espacios insonoros como de materiales, el mejor método que se puede llegar a utilizar sería construir una habitación de manera de cámara anecoica para lograr un sonido totalmente puro. Si se quiere tener la mayor absorción posible se deben utilizar los materiales porosos pero siempre y cuando se mantenga frecuencias altas, de otra modo no servirán como obstáculo para las ondas, sin embargo si se va a trabajar con frecuencias bajas lo mejor que se puede emplear serían resonadores, mismos que se enfocan a eliminar frecuencias determinadas al concordar con la frecuencia de sus materiales. Si es necesario trabajar con ambas frecuencias se pueden implementar los dos tipos de materiales para poder ajustarlos como más le acomode al productor y lograr los resultados deseados.

El enfoque de usuario-objeto en una cabina de grabación es mucho más importante de lo que uno puede imaginarse. Es vital no dejar a un lado al usuario principal de la cabina, que en este caso es el individuo que ingresa para realizar grabaciones. El bienestar psicológico debe ser óptimo para que el músico de los mejores resultados, la comunicación entre operador y músico es esencial, con la simple comunicación visual entre ambos contrarresta la idea subconsciente de estar en un cuarto totalmente aislado de los demás. La iluminación dentro del espacio debe ser tenue para darle más tranquilidad al intérprete y no sentir más presión de la que puede llegar a experimentar durante una sesión de grabación. El aspecto de la cabina debe ser agradable e invitar al usuario a simple vista, así como también la ventilación la adecuada ya que una sesión puede llegar a ser muy larga y sin ofrecerle una buenas condiciones al usuario la fatiga tanto mental como física será inevitable.

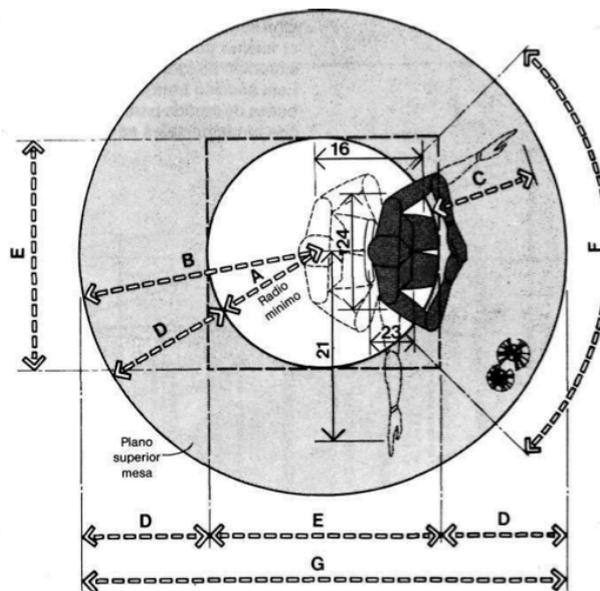
En cuanto a la manera de construcción, la opción de que sea modular puede ser la mejor que se pueda ofrecer debido a que ofrece una eficiencia mayor para poderla llevar de un lugar a otro, tanto para que pueda ser armable como para que pueda ajustarse a las necesidades del usuario. También el hecho de poder utilizar paneles acústicos que sean modulares le da un valor agregado al darle la oportunidad al cliente de poder personalizar a su gusto su espacio de trabajo, el hecho de darle una pequeña variación y facilitar el término "hazlo tu

mismo”, psicológicamente es más satisfactorio por el hecho de que se siente más capaz el usuario.

Para el estudio de mercado se realizó una investigación sobre diferentes tipos de estudios, cabinas de grabación, paneles, métodos de construcción, sistemas modulares, entre otros:

3.1.4 ERGONOMÍA EN UN ESPACIO DE TRABAJO

El usuario final que va a darle uso al objeto es lo más importante, él será quien lo califique y experimente, y de él va a depender si le da más difusión al producto como cliente satisfecho o mala reputación por no cumplir sus expectativas de uso y no saciar sus necesidades. Es pero ello que es vital no dejar a un lado al usuario al estar diseñando una cabina de grabación, así como va a ser un producto también será un espacio de trabajo y por lo tanto la ergonomía juega un papel muy importante en el diseño. Gracias a un buen desarrollo ergonómico se puede satisfacer al cliente en sus necesidades como humano, posturas, espacios, ambiente, experiencias, etc.



(Julius Panero, 1996)

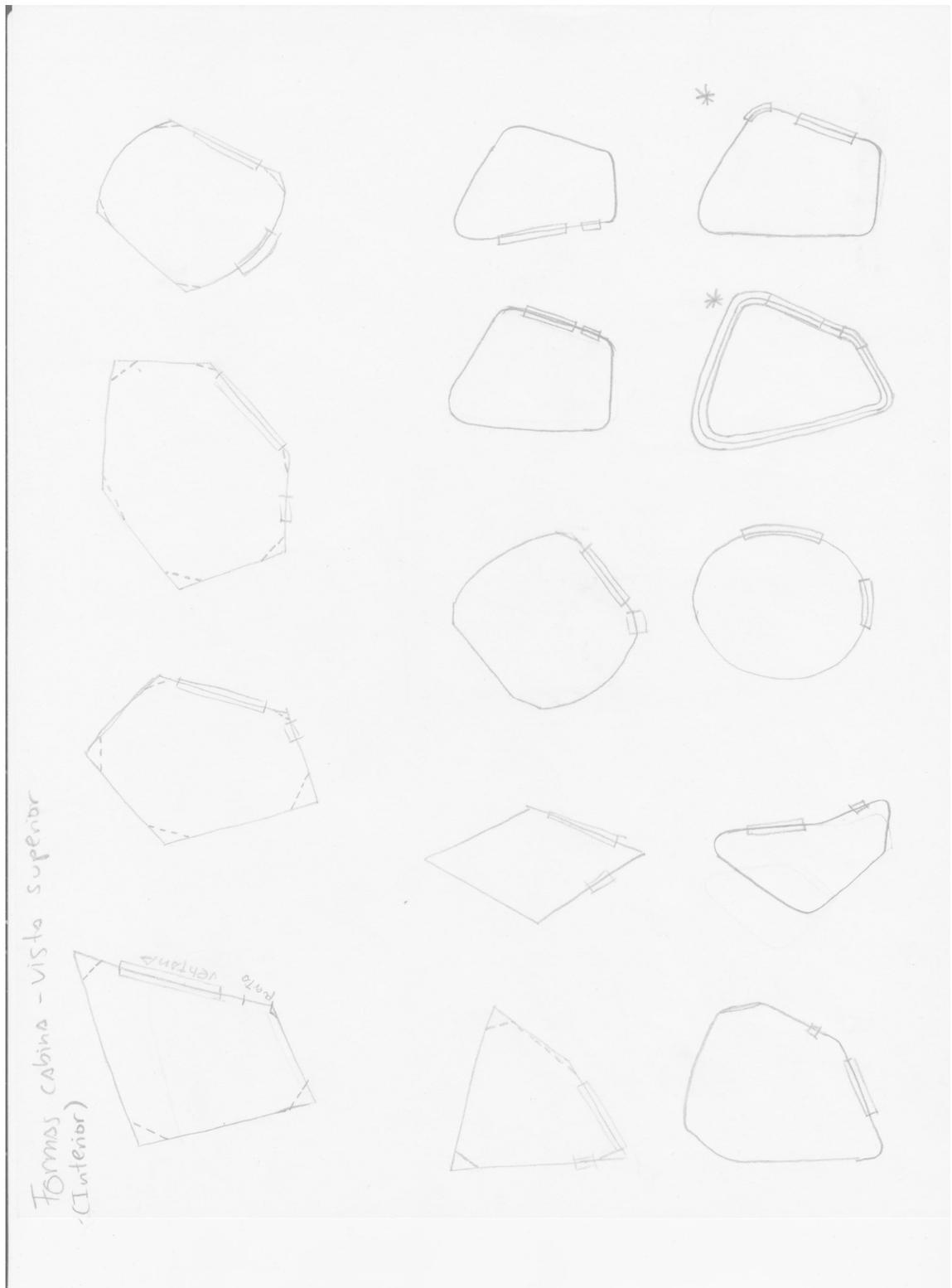
3.1.5 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

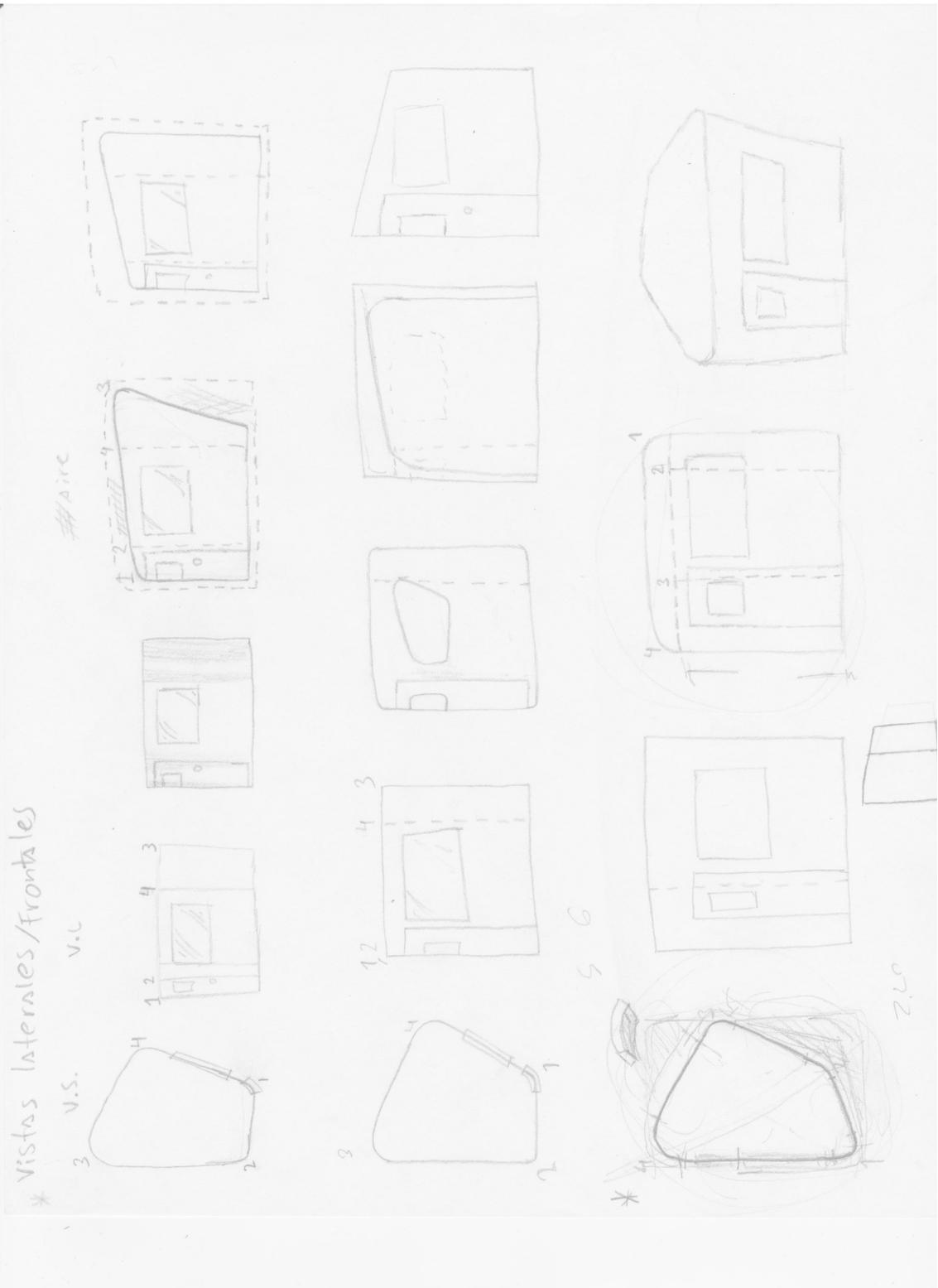
Al diseñar un producto se deben establecer una serie de demandas a cumplir derivadas a la investigación, tomando en cuenta que son elementales para poder lograr el objetivo deseado del diseño.

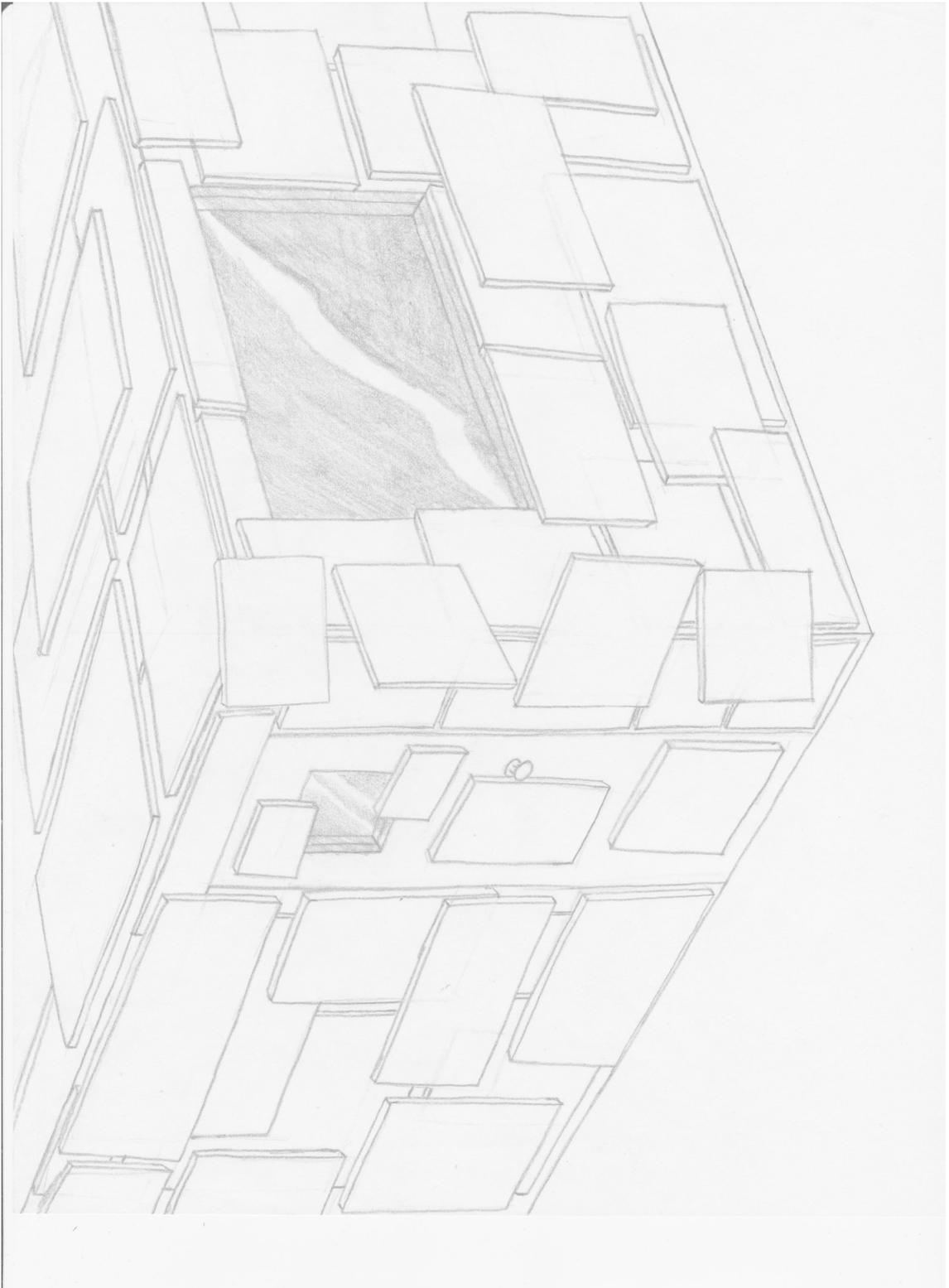
- La cabina de grabación de audio una vez que sea construida a escala 1:1 debe de ser completamente funcional y contar con todas las especificaciones de diseño, materiales, ergonomía y construcción. Por lo tanto el requerimiento de diseño más primordial es que la cabina una vez terminada sea completamente funcional.
- Un objetivo a cumplir es proveerle una experiencia única al usuario al darle la oportunidad de personalizarla con secciones modulares, que pueda adaptarse dependiendo las necesidades del cliente en cuanto a paneles acústicos.
- La estética es algo que será notable, capaz de crear expectativa a la audiencia, sobresalir sobre las demás cabinas que puedan ser adquiridas en el mercado. El diseño estético no debe afectar su funcionalidad.
- Conceptos a transmitir: Elegancia, pulcritud, experiencia de uso, moderno.
- Diseño de interiores: Iluminación tenue, ventilación, cristal de comunicación, caja de conectores al exterior.
- Posicionamiento de micrófonos personalizado.
- Sistema de construcción de la cabina armable y desarmable para facilitar su movilidad al momento de quererla transportar.
- Mantener un peso adecuado para ser cargado por máximo 2 personas.
- Ergonomía adecuada para un espacio de trabajo para evitar cualquier exceso de fatiga en el usuario.
- Comunicación auditiva entre interior y exterior.
- Modulo de control para el productor de audio.
- Aislamiento mínimo de 25 dB

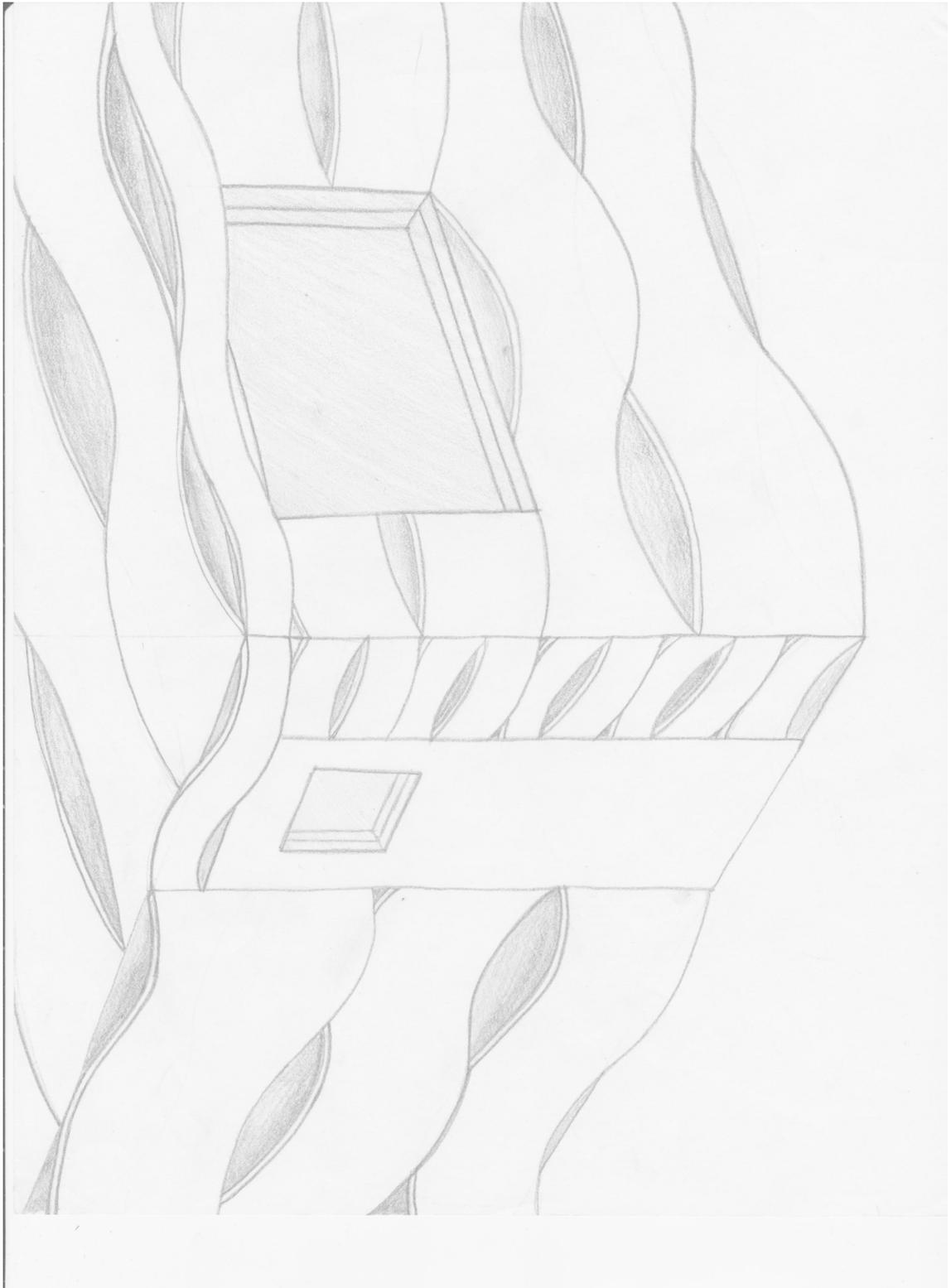
3.1.6 Etapa creativa

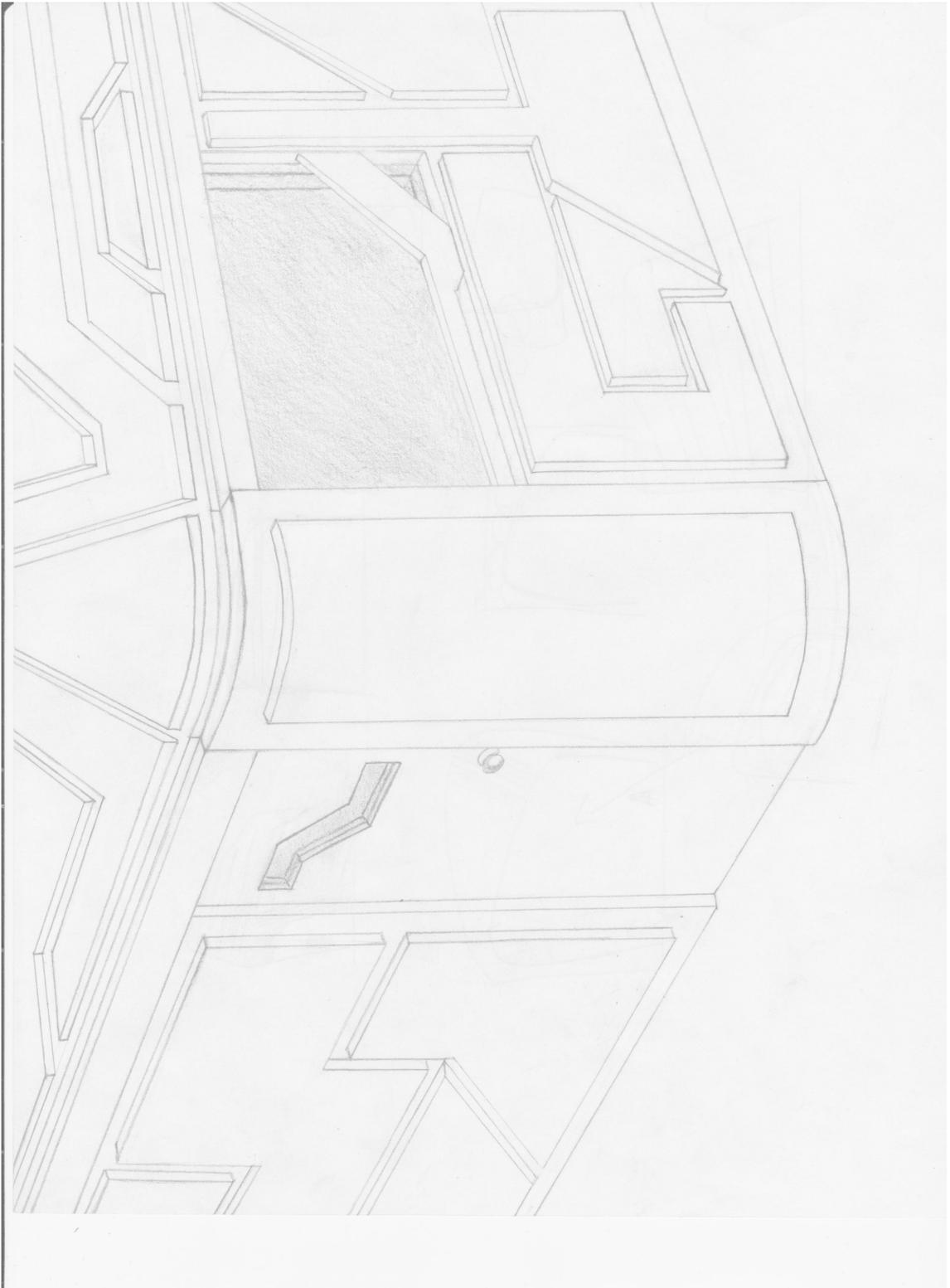
3.1.5.1 Bocetaje

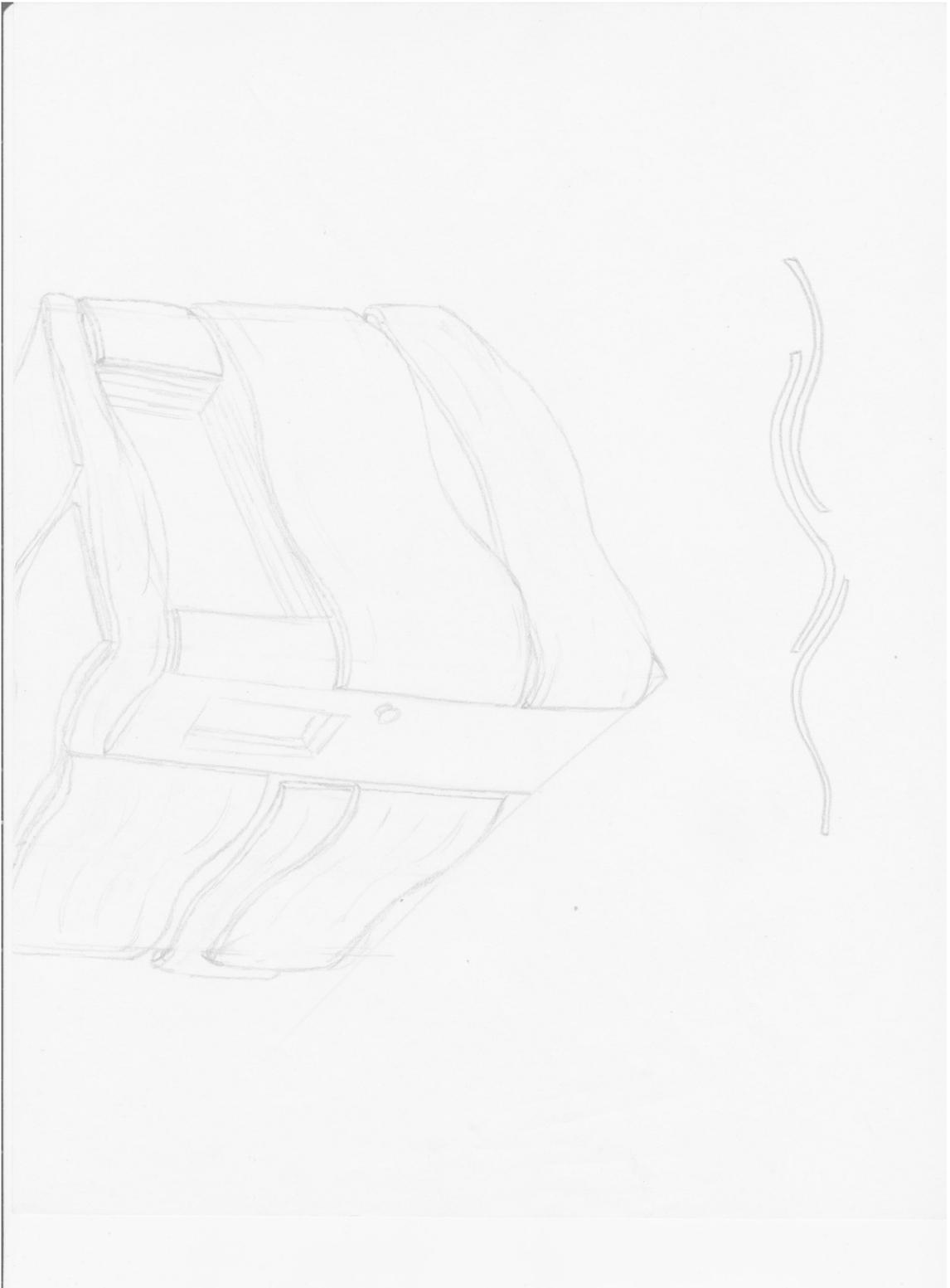


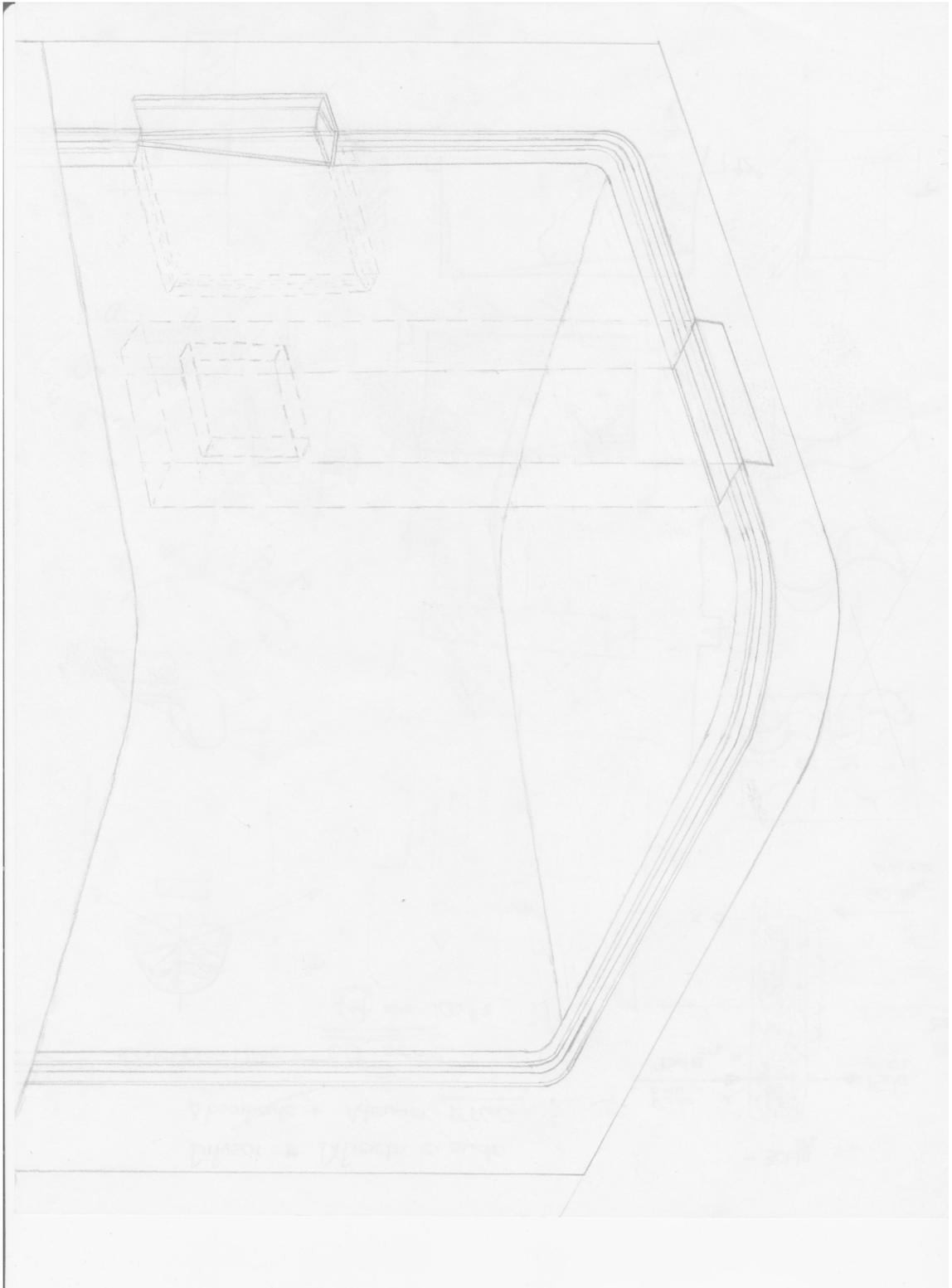




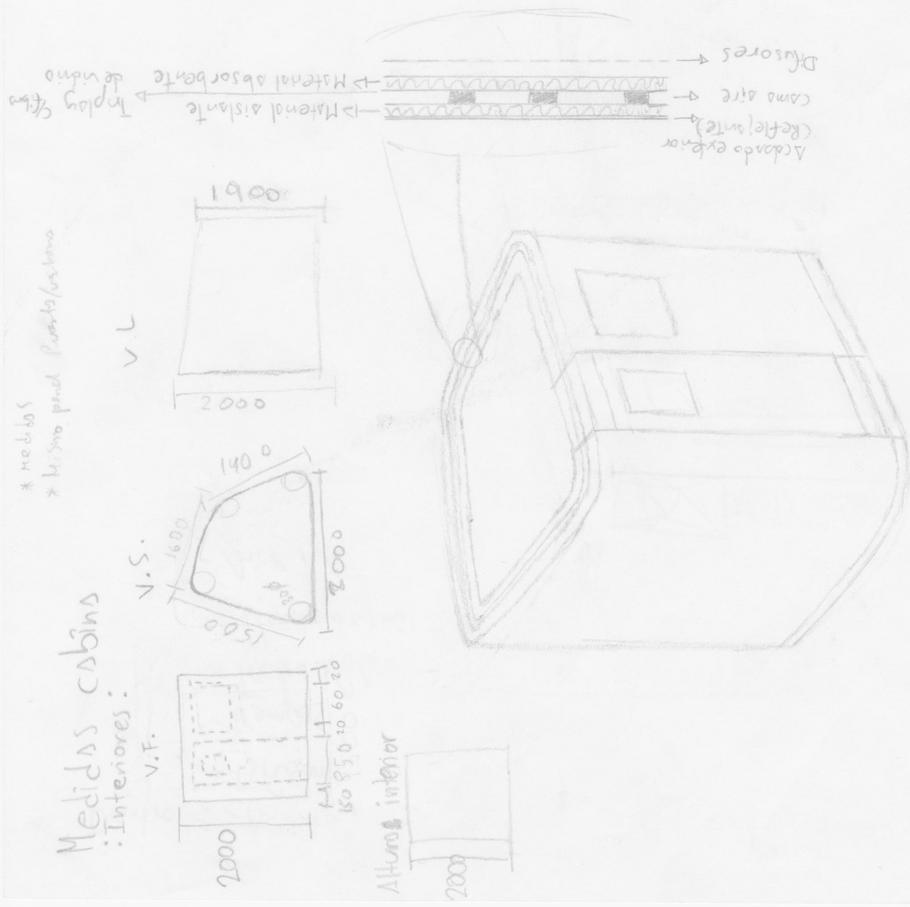
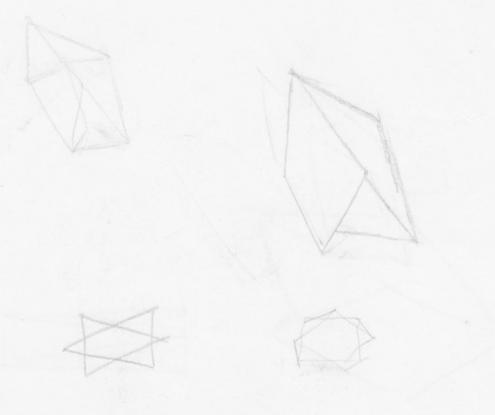








$\frac{50}{45} = 1.11$
 $\frac{42.5}{40} = 1.06$



* medidas
 * h. sin panel Puerta/corona

3.1.6.2 Selección de alternativa

La alternativa final surge a partir de un proceso de bocetaje, creatividad, ideas, posibles soluciones al problema, etc. Se selecciona la que mejor pueda cumplir con los requerimientos de diseño y que pueda ejercer de mejor manera su funcionalidad.

Render de alternativa elegida:



3.1.6.3 Retroalimentación con el cliente

Una de las partes más importantes en el proceso de diseño para que pueda salir una solución efectiva, funcional y que pueda satisfacer las expectativas del cliente, es la retroalimentación con el mismo ya que se tiene una alternativa decidida. La finalidad de una junta previa a definir el diseño final es para que se puedan resolver últimos detalles en el diseño o alternativa ya elegida anteriormente, de esta manera el diseñador se asegura que el diseño que esta por generar cumple completamente con los requerimientos antes definidos.

En la retroalimentación con el cliente de la cabina de grabación móvil de sonido, en cuanto al diseño fue bien aceptado por cumplir con la asimetría requerida para evitar ondas estacionarias. La idea de que sea armable y desarmable es una buena opción debido a que facilita el transporte de la misma. Otro aspecto que se pudo tomar como positivo fue la propuesta de composición de materiales:

MUROS:

- Melamina (acabado exterior)
- Triplay 6 mm
- Filtro de lana de fibra de vidrio de 2" (Aislante acústico)
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (Neopreno + aire)
- Triplay 6mm
- Hule espuma de poliuretano 3mm
- Manta (acabado interior)

TECHO

- Melamina (acabado exterior)
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (Neopreno + aire)
- Triplay 6 mm

- Hule espuma de poliuretano 3mm
- Manta (acabado interior)

PISO

- Base de neopreno
- Triplay 6mm
- Hule espuma alta densidad 30 kg/m³, espesor 4 cm
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (Neopreno + aire)
- Triplay 6 mm
- Duela 3 mm (Acabado interior)

Techo falso: Paneles absorbentes en forma de círculo:

- (f) Fibra de poliéster, espesor 35 mm.

Muros:

- Difusores acústicos, madera como exterior, hule espuma de poliuretano al interior.
- Trampas de graves, de pura madera de pino.

Ventana:

- Ventana deslizable para generar una fuga a propósito y evitar una alta presión para los oídos.
- Vidrio laminado 4+4 mm.

En el caso de las ventanas, solamente se llegó a la decisión de que se puede omitir la ventana de la puerta para evitar un posible peso extra con el vidrio y solamente dejar la ventana lateral para la comunicación visual para el usuario con el exterior. Sin embargo también se pide un cambio para la ventana lateral ya que principalmente se había diseñado como una ventana completamente sellada e inmóvil pero al hacer toda la cabina sellada y con solamente la puerta como opción de ingreso de aire, al momento de abrir la puerta se generaría demasiada presión ocasionando una severa lesión al oído del que se

encuentre adentro del espacio. Para resolver el equilibrio de presión interior y exterior se decide modificar la ventana lateral haciéndola no fija y que se pueda abrir y cerrar tanto por dentro como por fuera, de esa manera se ocasiona una fuga a propósito y de esa manera se puede equilibrar mejor la presión interior para evitar lesiones en el usuario.

Se pidió también un cambio de color en la melanina exterior debido a que el color negro es muy caliente y con la falta del aire acondicionado en el interior podría acumularse demasiado calor, es por ello que se pide cambiar el acabado exterior por colores claros para repelar el calor lo más que se pueda.

3.1.6.4 Alternativa final

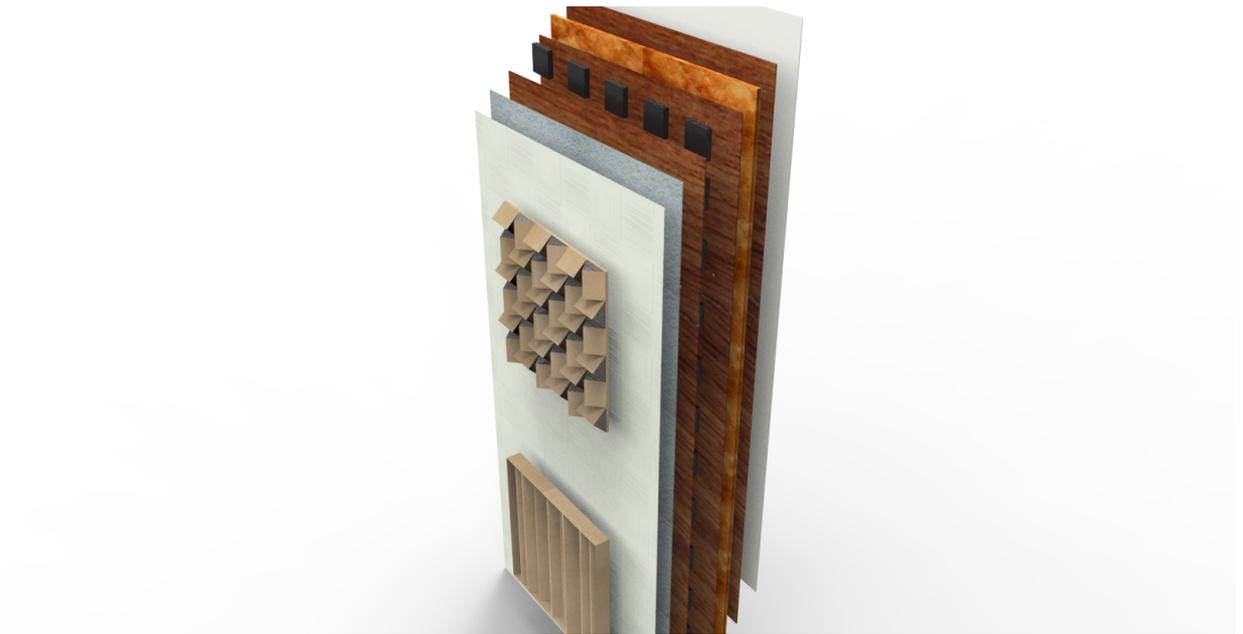
Render vista perspectiva alternativa final



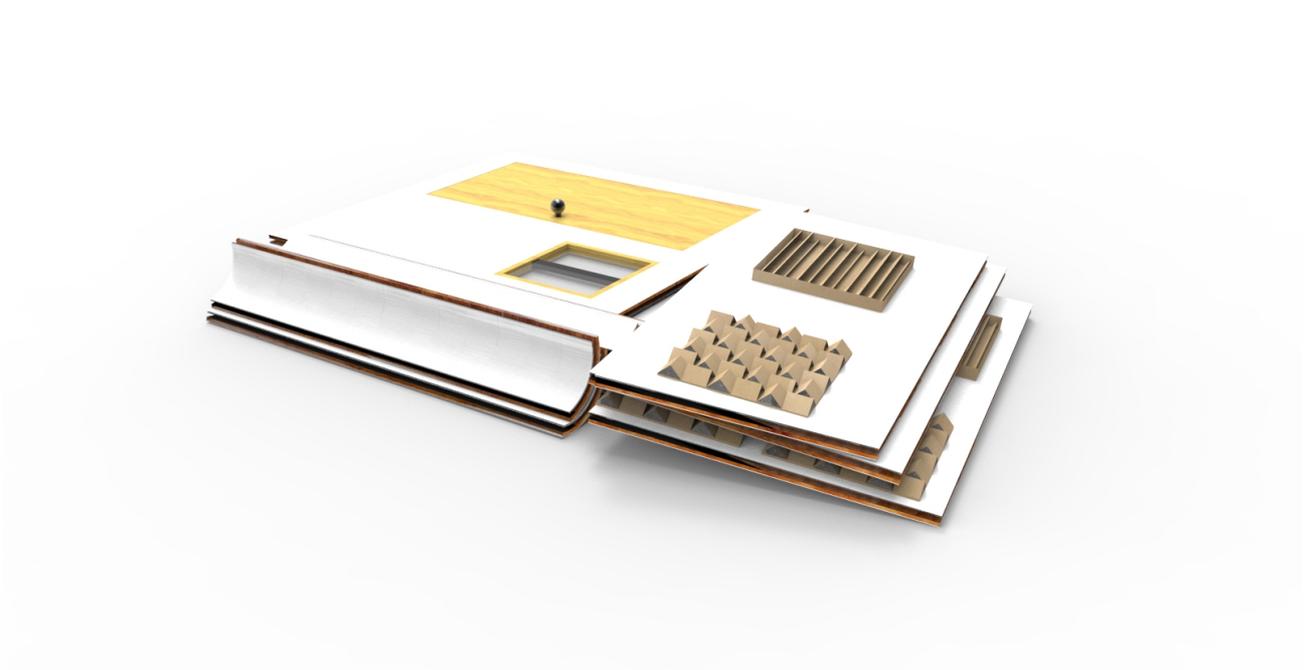
Render vista interior alternativa final



Render composición de materiales



Render cabina desarmada



3.1.7 Métodos constructivos

Ingresar a carpeta de métodos constructivos para consultar planos escala 1:1

Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el Proyecto Integral Multidisciplinario de Docencia y Investigación Acústico-Arquitectónica		FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
DIBUJO		José Antonio López Muedano		COTAS	mm
		SISTEMA		DESCRIPCIÓN	No.
				Cabina de grabación móvil	1
				VISTAS GENERALES	

Pieza	Nombre	Cantidad	Materiales	Proceso	Acabado
A	Techo	1	Varios 1	- Cortado - Pegado	Blanco
B	Luces LED	4	Tiras LED's	- Pegado	Natural
C	Techo Falso / panel acústico	4	Madera y tela	- Pegado	Natural
D	Muro # 4	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
E	Ensamble #4	1	Varios 2	- Cortado - Soldado	Natural
F	Ensamble #3	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
G	Muro # 3	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
H	Ensamble #2	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
I	Muro # 2	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
J	Ensamble #1	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
K	Muro # 1	1	Varios 2	- Cortado - Pegado	Natural
L	Puerta	1	Varios 2 y madera de pino	- Cortado - Pegado	Natural
M	Chapa	1	Aluminio	- Instalación	Natural
N	Ventana	4	Vidrio 4+4 mm	- Instalación	Natural
O	Aislante	2	Hule 4 mm	- Pegado	Natural
P	Marco ventana	1	Madera pino	- Cortado	Natural
Q	Piso	1	Duela	- Pegado	Natural
R	Difusor Acústico	4	- Madera pino - Espuma	- Cortado - Pegado	Natural
S	Trampa graves	4	Madera pino	- Pegado	Natural

Materiales			Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el Proyecto Integral Multidisciplinario de Docencia y Investigación Acústico-Arquitectónica		FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
Varios 1	Varios 2	Varios 3	DIBUJO		José Antonio López Muedano		COTAS	mm
- Melamina - Triplay - Neopreno - Espuma baja densidad - Manta	- Melamina - Triplay - Neopreno - Lana de fibra de vidrio - Espuma de baja densidad - Manta	- Melamina - Triplay - Neopreno - Espuma de alta densidad - Duela			SISTEMA		DESCRIPCIÓN	No.
						Cabina de grabación móvil		2
						DISEÑO GENERAL Y MATERIALES		

Pieza	Nombre	Cantidad	Materia(es)	Proceso	Acabado
A	Acabado interior	1	Madera	- Cortado - Pegado	Natural
B	Absorbente	1	Espuma baja densidad	- Cortado - Pegado	Natural
C	Estructura	3	Triplay 6 mm	- Cortado - Pegado	Natural
D	Aislante vibraciones	35	Neopreno	- Cortado - Pegado	Natural
E	Aislante acústico	1	Lana fibra de vidrio 2"	- Cortado - Pegado	Natural
F	Reflejante (Acabado exterior)	1	Melamina blanca	- Cortado - Pegado	Natural

Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el "Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo e Implementación Acústicoacústica" JOSÉ ANTONIO LÓPEZ MUEDEÑO SISTEMA	FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
	DIBUJO	José Antonio López Muedano	COTAS	mm
DESCRIPCIÓN			No.	3
Cabina de grabación móvil DESPESCE MURO Y MATERIALES				

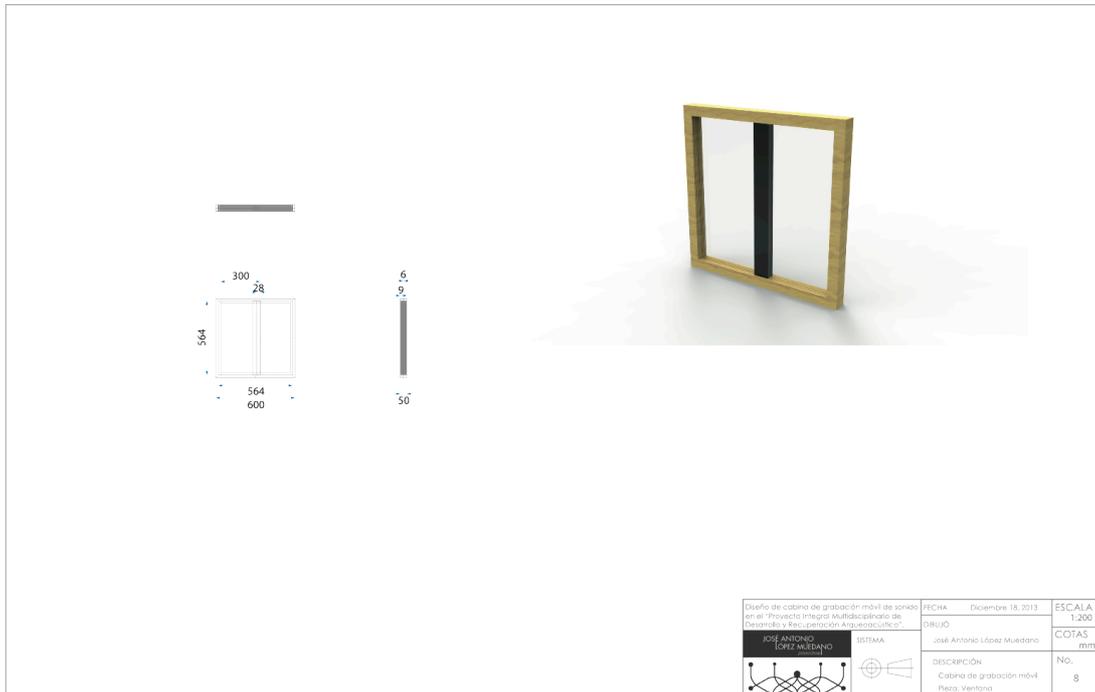
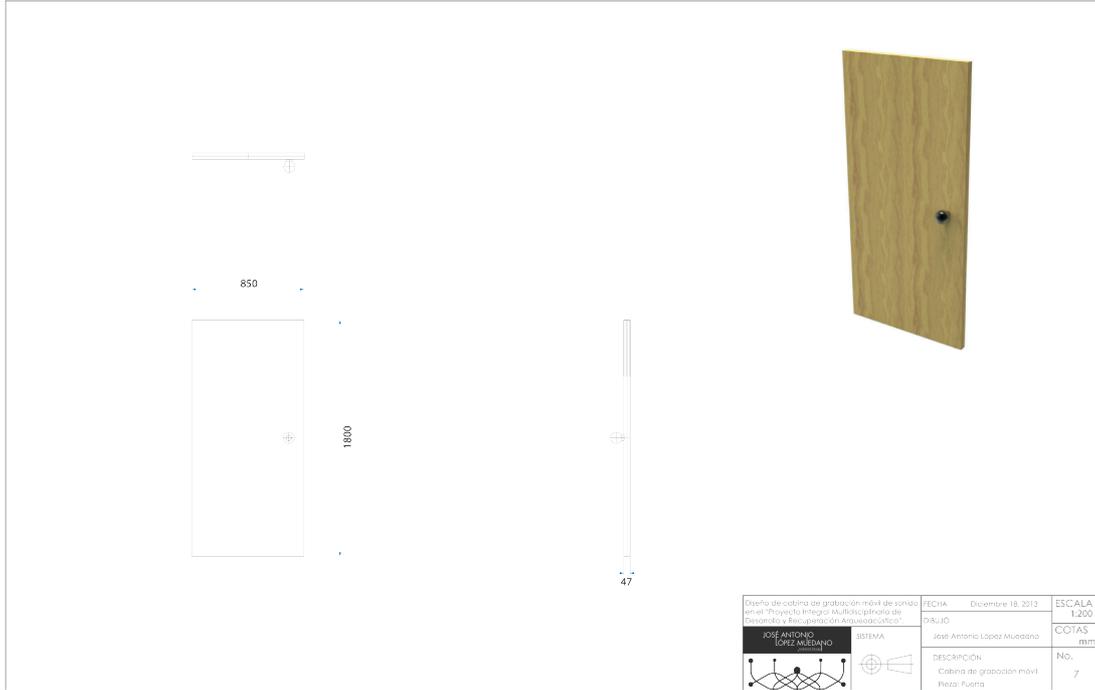
Pieza	Nombre	Cantidad	Materia(es)	Proceso	Acabado
A	Acabado interior	1	Dueta	- Cortado - Pegado	Natural
B	Aislante vibraciones	25	Neopreno	- Cortado - Pegado	Natural
C	Estructura	3	Triplay 6 mm	- Cortado - Pegado	Natural
D	Aislante vibraciones	1	Espuma alta densidad 32kg/m3	- Cortado - Pegado	Natural
E	Acabado exterior	1	Melamina blanca	- Cortado - Pegado	Natural

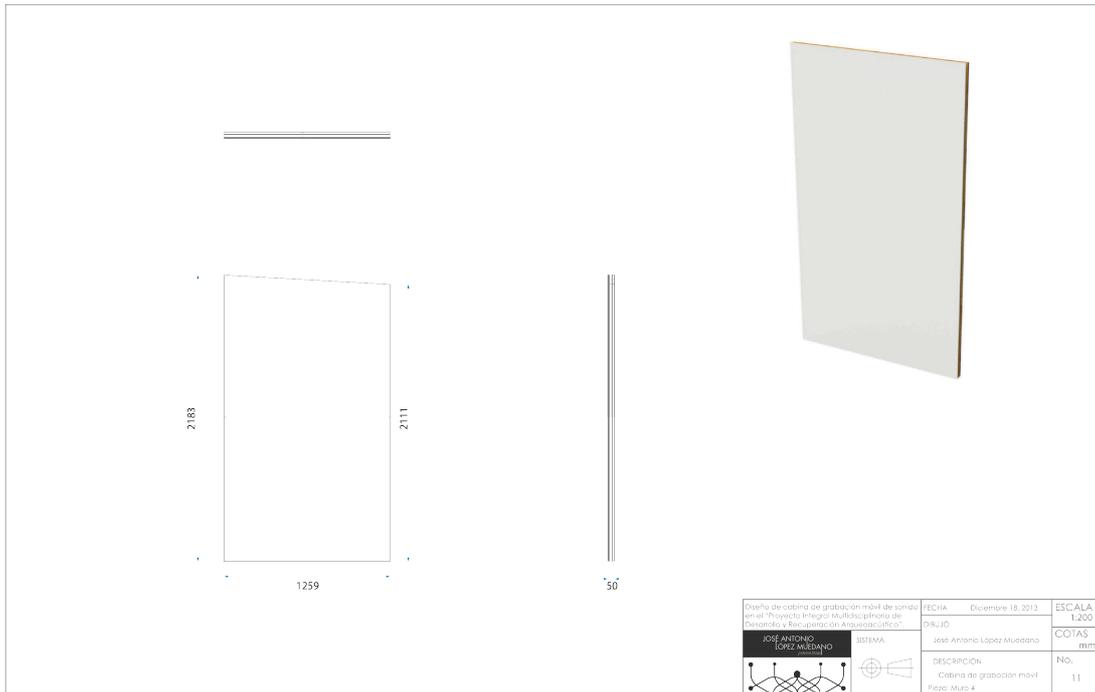
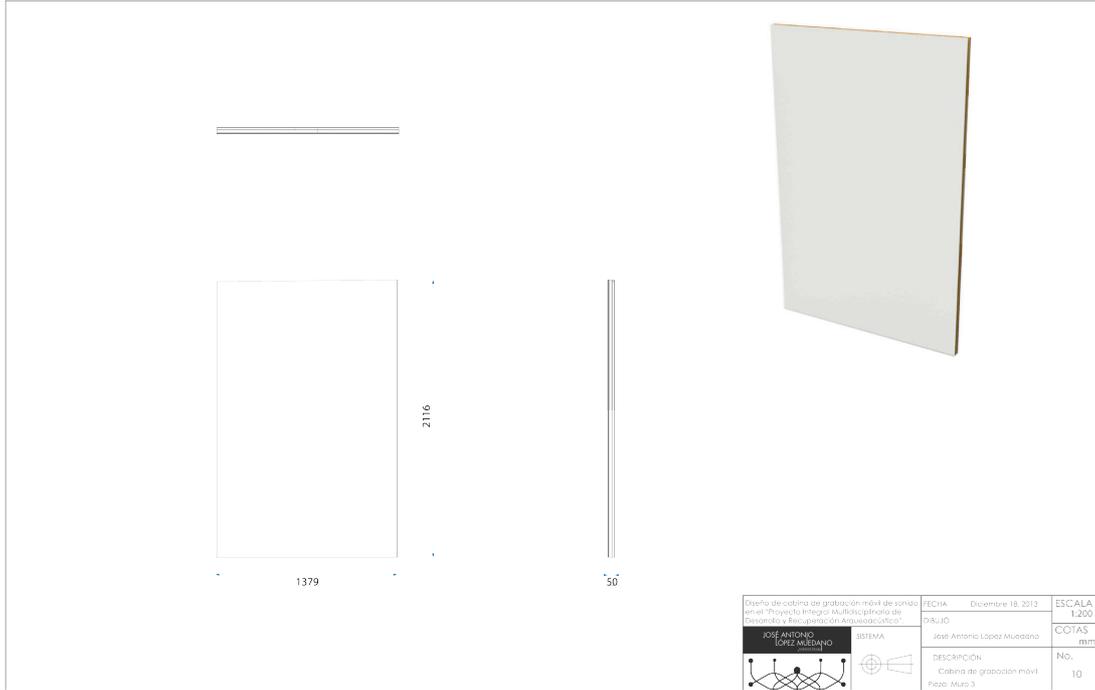
Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el "Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo e Implementación Acústicoacústica" JOSÉ ANTONIO LÓPEZ MUEDEÑO SISTEMA	FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
	DIBUJO	José Antonio López Muedano	COTAS	mm
DESCRIPCIÓN			No.	4
Cabina de grabación móvil DESPESCE PISO Y MATERIALES				

Pieza	Nombre	Cantidad	Material(es)	Proceso	Acabado
A	Acabado exterior	1	Melamina blanca	- Cortado - Pegado	Natural
B	Aislante vibraciones	25	Neopreno	- Cortado - Pegado	Natural
C	Estructura	2	Triplay 6 mm	- Cortado - Pegado	Natural
D	Absorbente y acabado interior	1	Espuma baja densidad 3mm y manta	- Cortado - Pegado	Natural
E	Iluminación	4	LED's	- Instalación	Natural
F	Techo falso	4	Panel absorbente	- Instalación	Natural

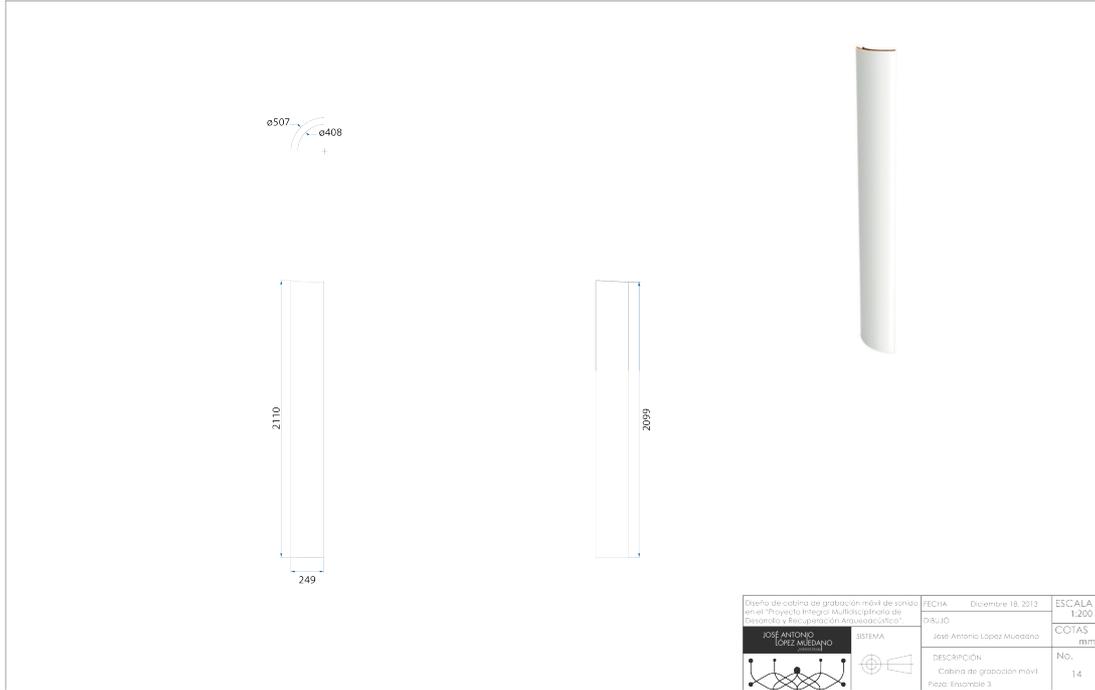
Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el "Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo e Investigación Acústica"		FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
 SISTEMA		DIBUJO	José Antonio López Muedano	COTAS	mm
DESCRIPCIÓN		Cabina de grabación móvil		No.	5
		DESPIECE: TECHO Y MATERIALES			

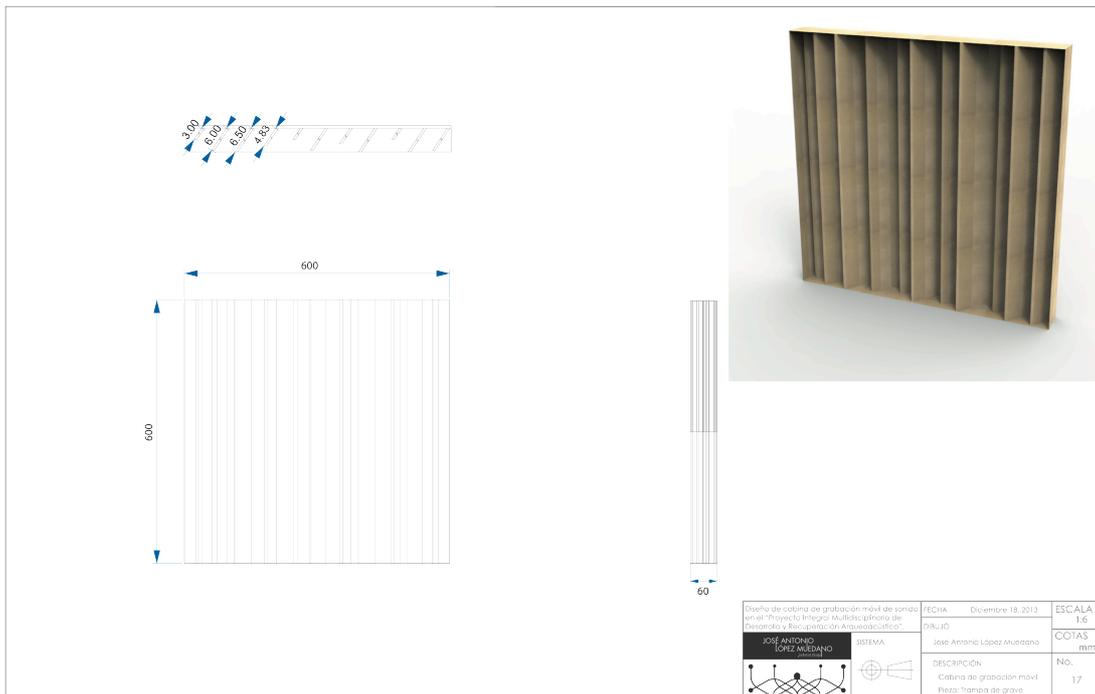
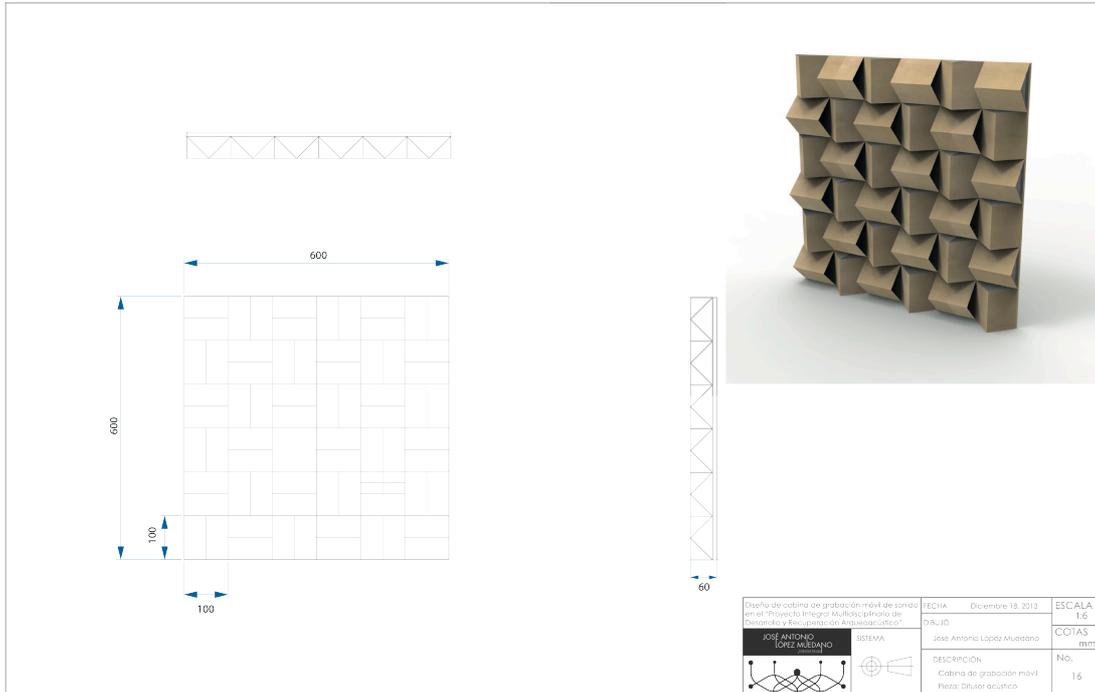
Diseño de cabina de grabación móvil de sonido en el "Proyecto Integral Multidisciplinario de Desarrollo e Investigación Acústica"		FECHA	Diciembre 18, 2013	ESCALA	1:200
 SISTEMA		DIBUJO	José Antonio López Muedano	COTAS	mm
DESCRIPCIÓN		Cabina de grabación móvil		No.	6
		Pieza: Muro 1 (puerta y ventana)			

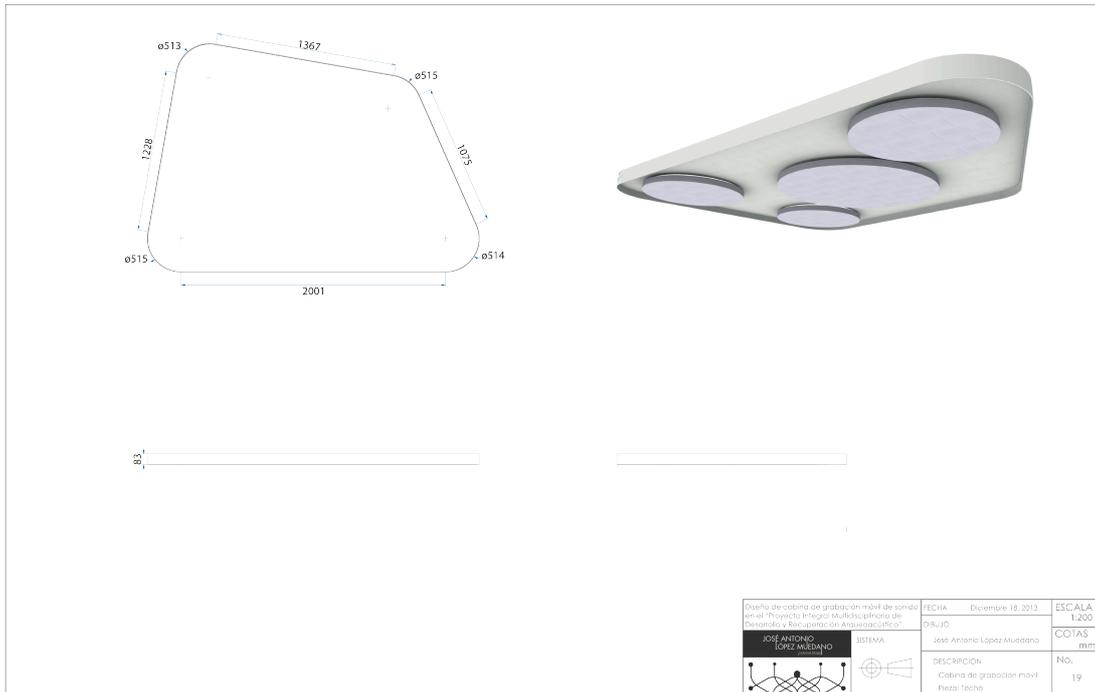
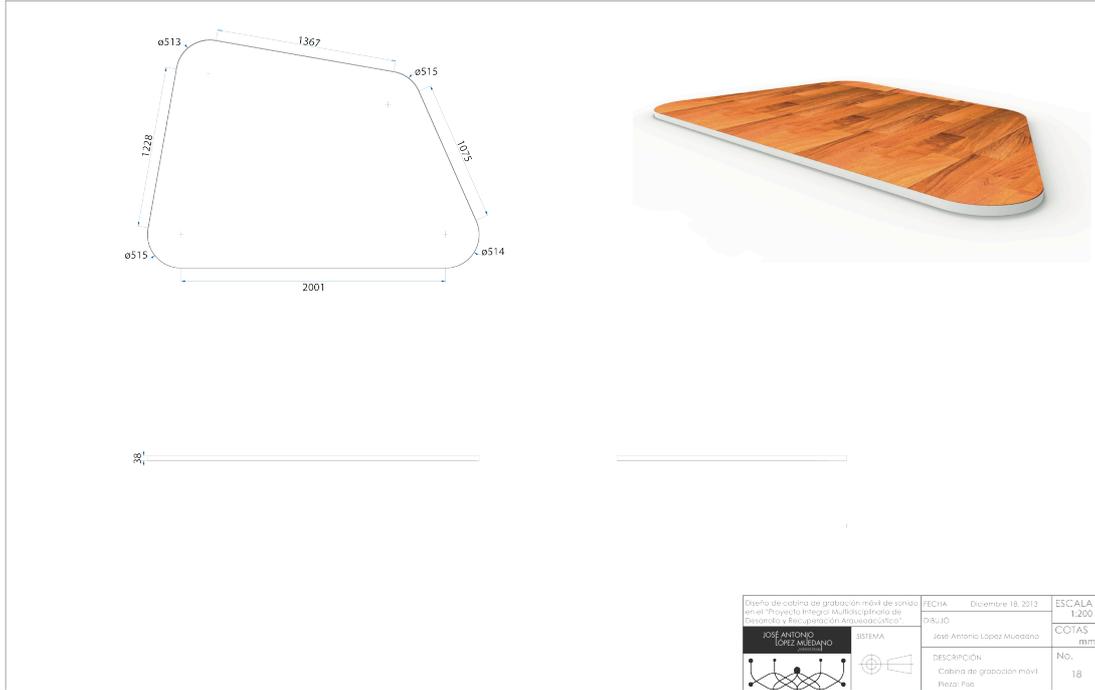


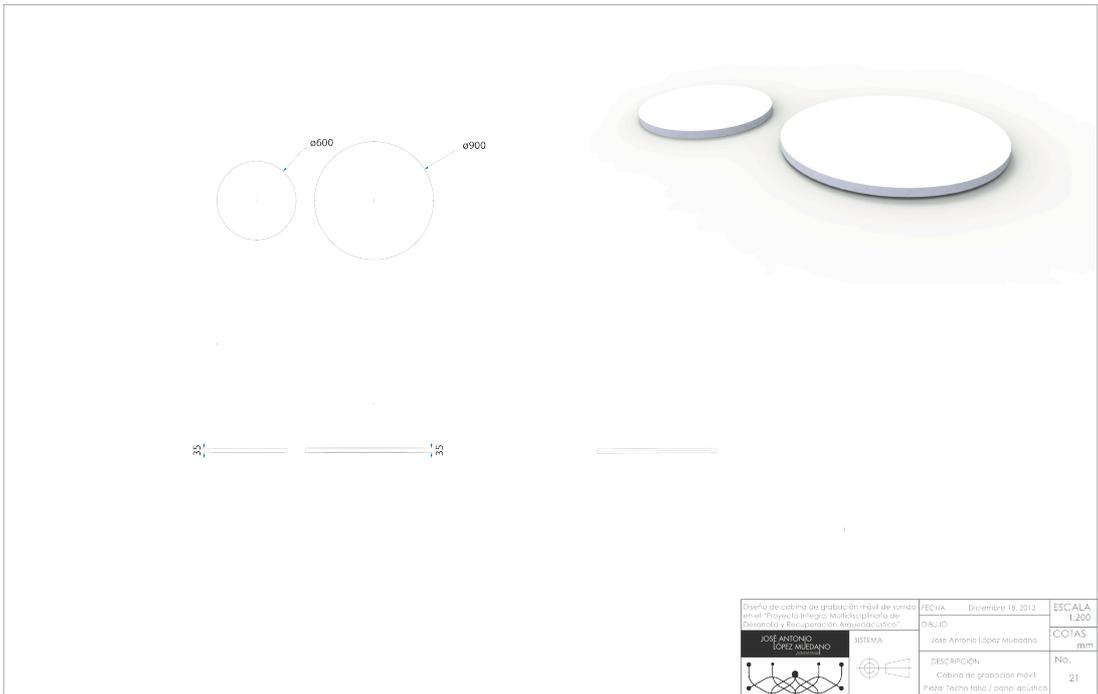
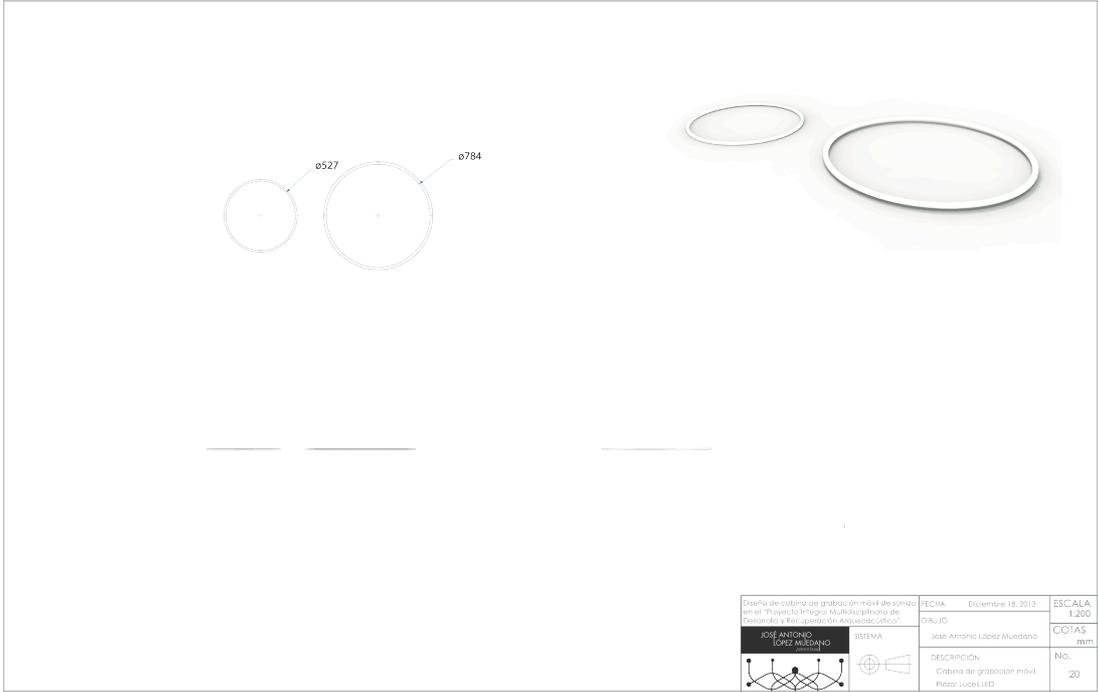












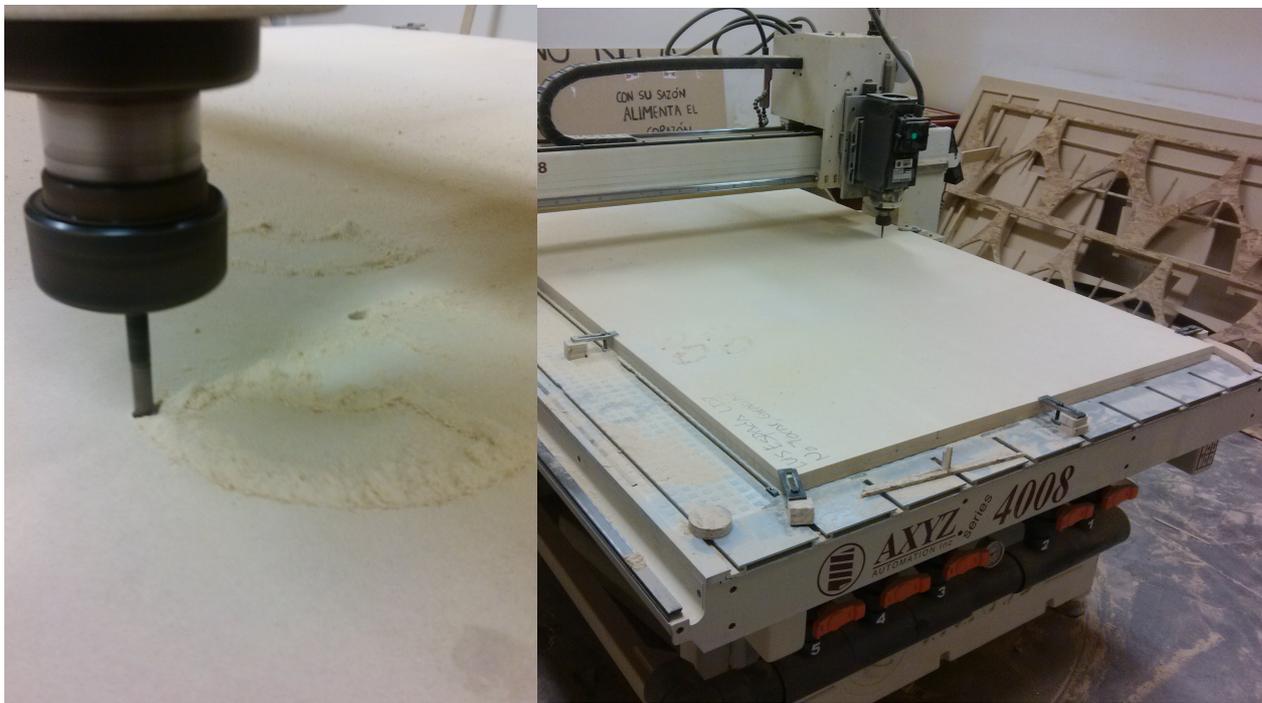


3.1.8 Desarrollo de alternativa final

La alternativa final consta de una prototipo a escala 1:4 con materiales reales o en dado caso, materiales lo más aproximados a los reales para poder realizar una simulación a como podría funcionar en escala real 1:1. Para la construcción de la maqueta se utilizaron lo siguientes materiales:

- MDF 18 mm
- Triplay de caobilla 3 mm
- Vidrio de 3 mm
- Neopreno
- Espuma de alta densidad 32 kg/m³
- Espuma de baja densidad 3 mm
- Lana de fibra de vidrio de 1"
- Manta
- Broches para los ensambles
- Vinil para simular acabados.

A continuación se presentan una serie de imágenes que fueron capturadas para registrar la construcción de la maqueta a escala en las diferentes etapas del proceso de cortado, armado y detallado.

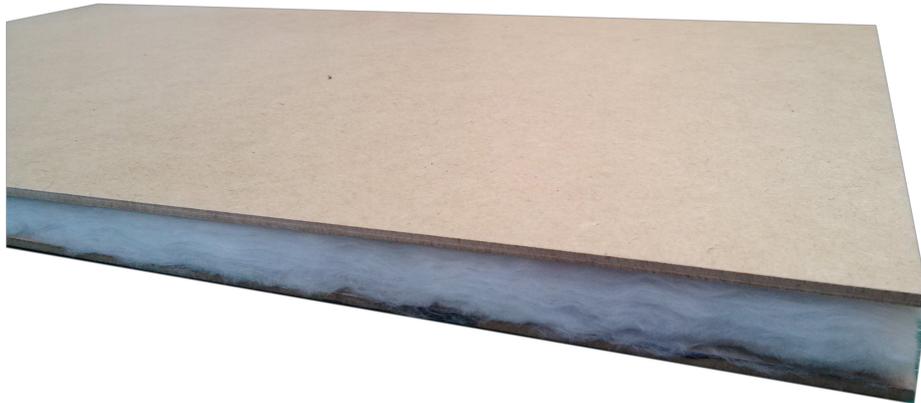


Corte router CNC

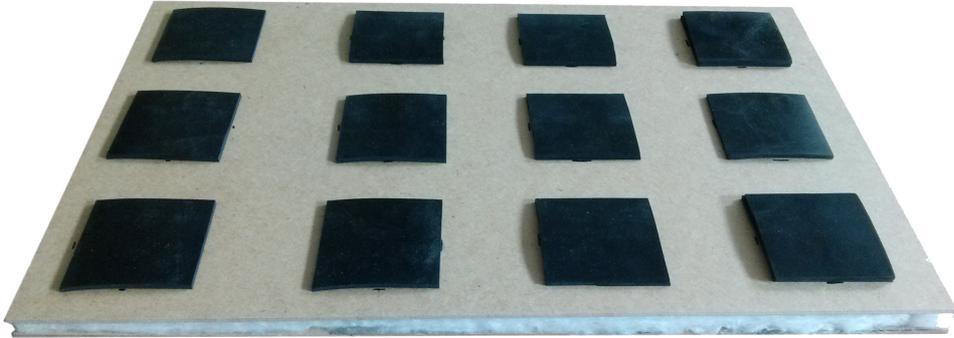
Composición de materiales:



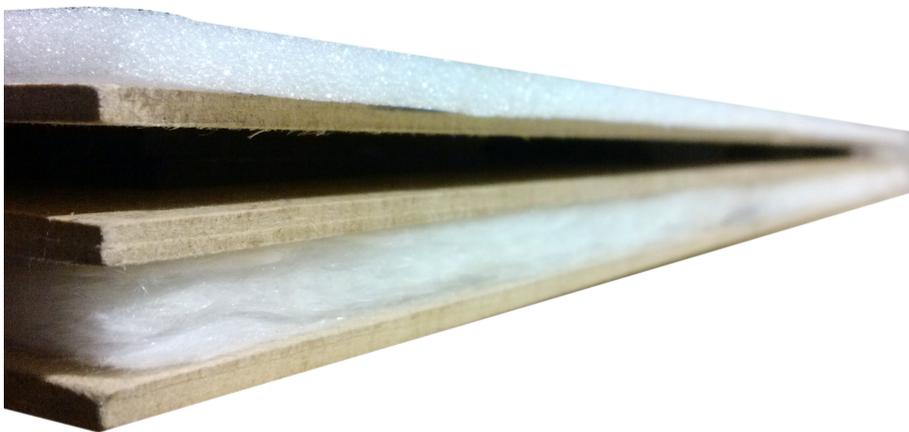
Melamina blanca (acabado exterior)



Capa de lana de fibra de vidrio



Cama de aire (neopreno + aire)



Aplicación espuma de baja densidad



Recubrimiento de manta (Acabado interior)



Composición techo y suelo (Espuma de alta densidad + cama de aire)



Armado muros con piso



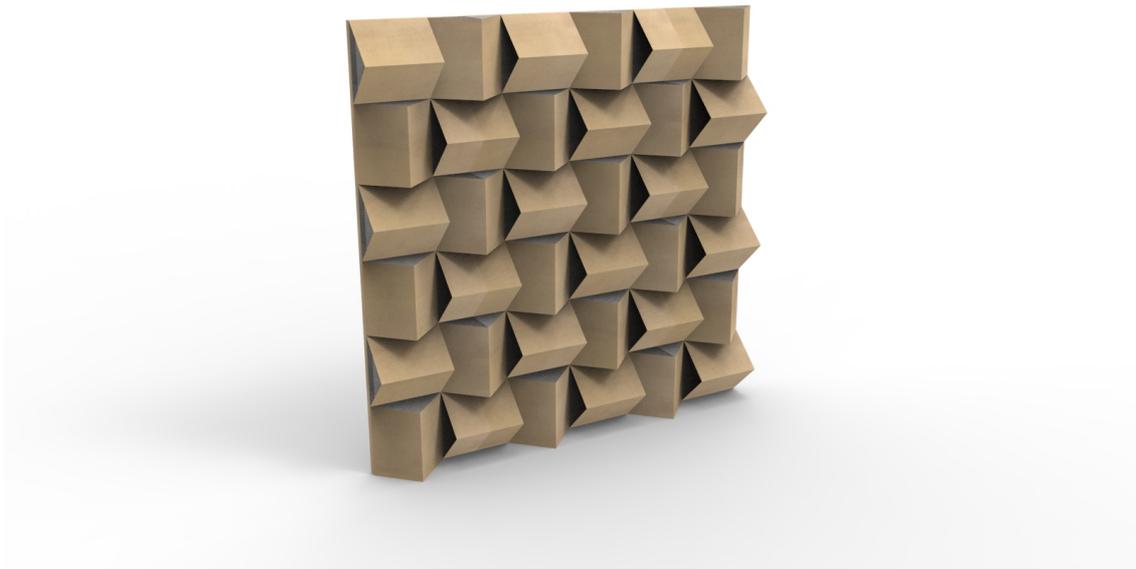
Armado por medio de broches para asegurar una unión eficaz en los ensambles y el contacto del neopreno para evitar fugas de aire.



Estructura armada sin techo



Armado completo



Difusor eléctrica de madera con espuma de alta densidad



Trampa de graves de madera

IV. CAPITULO VI

4.1 Pruebas

Debido a que el prototipo es una maqueta 1:4 no se pudieron realizar pruebas totalmente reales con una persona en su interior, sin embargo se lograron hacer simulaciones a computadora para poder simular la reducción de dB que puede lograr el muro con la composición de materiales que se eligieron, así como también las características que aportarían tanto el techo como el piso.

Como principal requerimiento que se estableció al principio del proyecto fue que la cabina de grabación debía ser capaz de poder reducir un mínimo de 20 dB del exterior a su interior, esto para lograr una grabación de una calidad aceptable sin mucha contaminación sonora del exterior y que pueda dar buenos resultados el diseño de la misma.

Los materiales que se eligieron para que se construya la cabina de grabación se distinguen por sus propiedades acústicas como es su coeficiente absorción lo que permite que no haya reverberación de las ondas que llegan a ser no deseadas al estar grabando, así como también materiales totalmente no porosos como acabado exterior para que pudieran reflejar las primeras ondas que hagan contacto con la cabina, sin embargo la mejor opción que hace funcionar la composición de los muros, piso y techo de la cabina es la cama de aire, ya que el aire es el mejor medio que se puede utilizar como aislante de un espacio, por lo tanto en la cama de aire también se incorpora un material llamado neopreno que mientras el aire se encarga eliminar las ondas el neopreno se encarga de eliminar cualquier tipo de vibración para que no se pueda transmitir de un material a otro de los que esté haciendo contacto.

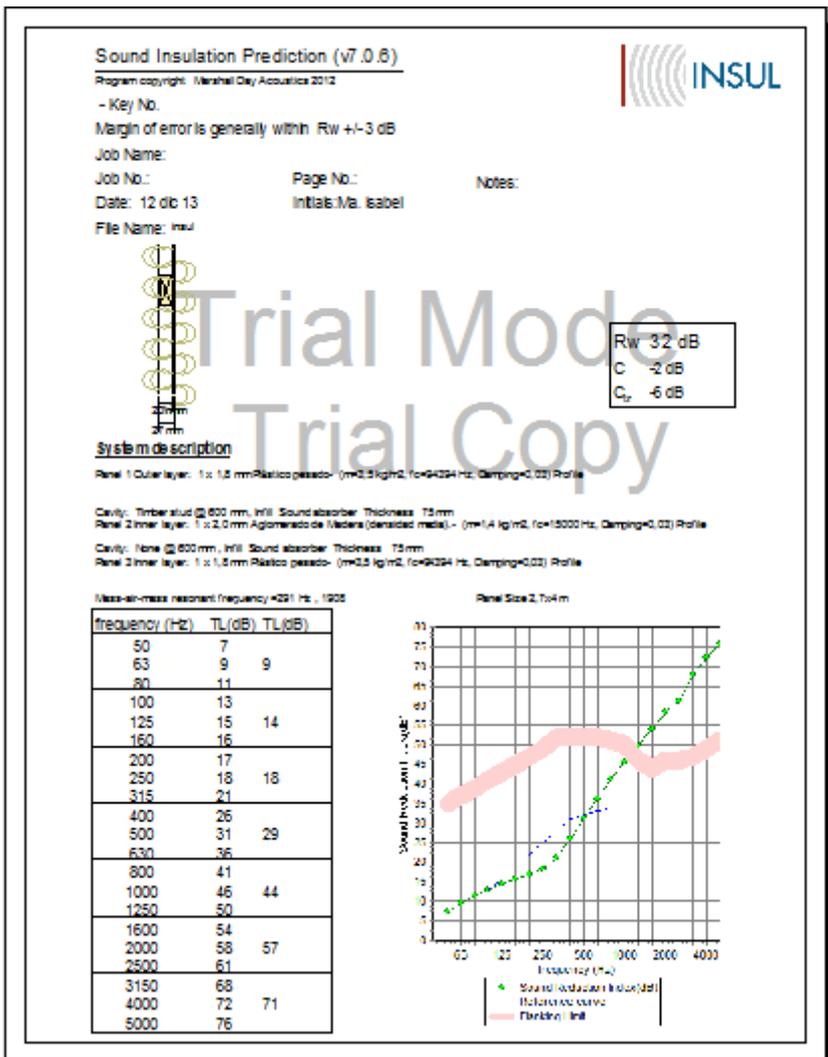
A continuación se presenta la simulación realizada con el programa “INSUL MARSHALL DAY ACOUSTICS”, mismo que se utiliza para poder hacer simulaciones de cómo podría actuar cierta composición de materiales ante distintas frecuencias y cual sería el resultado que daría en cuanto a la reducción de dB, con ello se puede hacer una aproximación a lo que podrían

ser los resultados reales de lo que podría ofrecer el diseño de la cabina y su composición de materiales.

4.2 Resultados

MUROS:

- Melamina (acabado exterior)
- Triplay 6 mm
- Filtro de lana de fibra de vidrio de 2" (Aislante acústico)
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (Neopreno + aire)
- Triplay 6mm
- Hule espuma de poliuretano 3mm
- Manta (acabado interior)



Esta primer imagen nos muestra la simulación que se le aplicó a la composición del muro con los espesores y materiales que se definieron para su construcción real. En este caso solamente es del muro sin contar piso y techo ya que se toman en cuenta diferentes factores debido a que el techo es para sonidos aéreos y el piso se toma como factor el hecho de que esta haciendo contacto con la tierra. En esta simulación del muro se puede observar lo siguiente, el eje X de la gráfica representa la frecuencia (Hz) mientras que en el eje Y representa los dB. Lo más relevante de esta simulación es que se puede apreciar como las frecuencias altas se ven más atenuadas que las bajas con esta composición de materiales, el ruido ambiente suele estar en las frecuencias medias agudas, mientras que el acento del ser humano suele estar en las altas. Podemos definir que en resumen el muro esta presentando una reducción de 32 dB en promedio a la respuesta de los diferentes rangos de

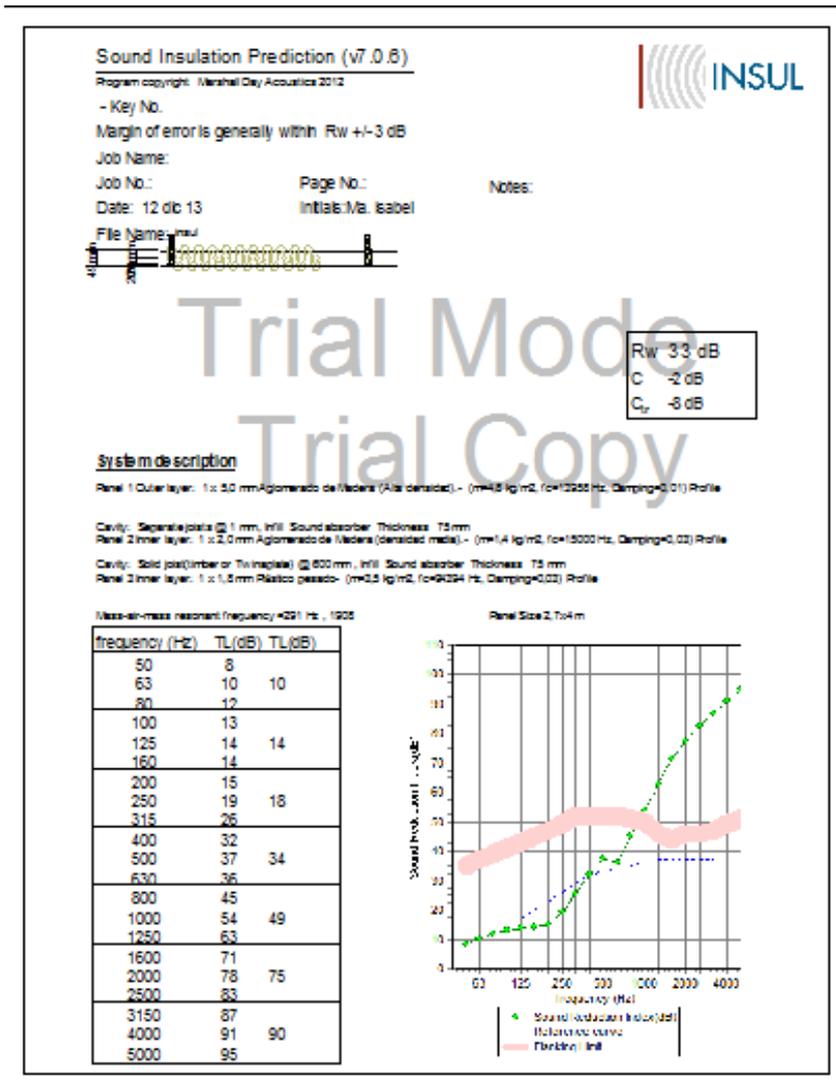
frecuencias, sin embargo en las que mejor actúa es en las frecuencias medias y en las altas, cosa que favorece bastante ya que se está logrando más reducción de dB de lo que se había pedido como requerimiento. A continuación se presenta la tabla que se encuentra en la simulación, se incluye por la poca legibilidad de la imagen:

Frecuencia (Hz)	TL(dB) (Transmission Loss)	TL (dB) Promedio
50	7	9
63	9	
80	11	
100	13	14
124	15	
160	16	
200	17	18
250	18	
315	21	
400	26	29
500	31	
630	36	
800	41	44
1000	46	
1250	50	
1500	54	57
2000	58	
2500	61	
3150	68	71
4000	72	
5000	76	

Se puede concluir de la tabla anterior que la composición del muro responde mejor ante frecuencias medias y altas, por ejemplo en el caso de cuando se aplica un rango de frecuencias de entre 1550 y 2500 Hz, se obtiene una respuesta promedio de reducción de 57 dB.

TECHO:

- Melamina (acabado exterior)
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (Neopreno + aire)
- Hule espuma de poliuretano 3mm
- Manta (acabado interior)



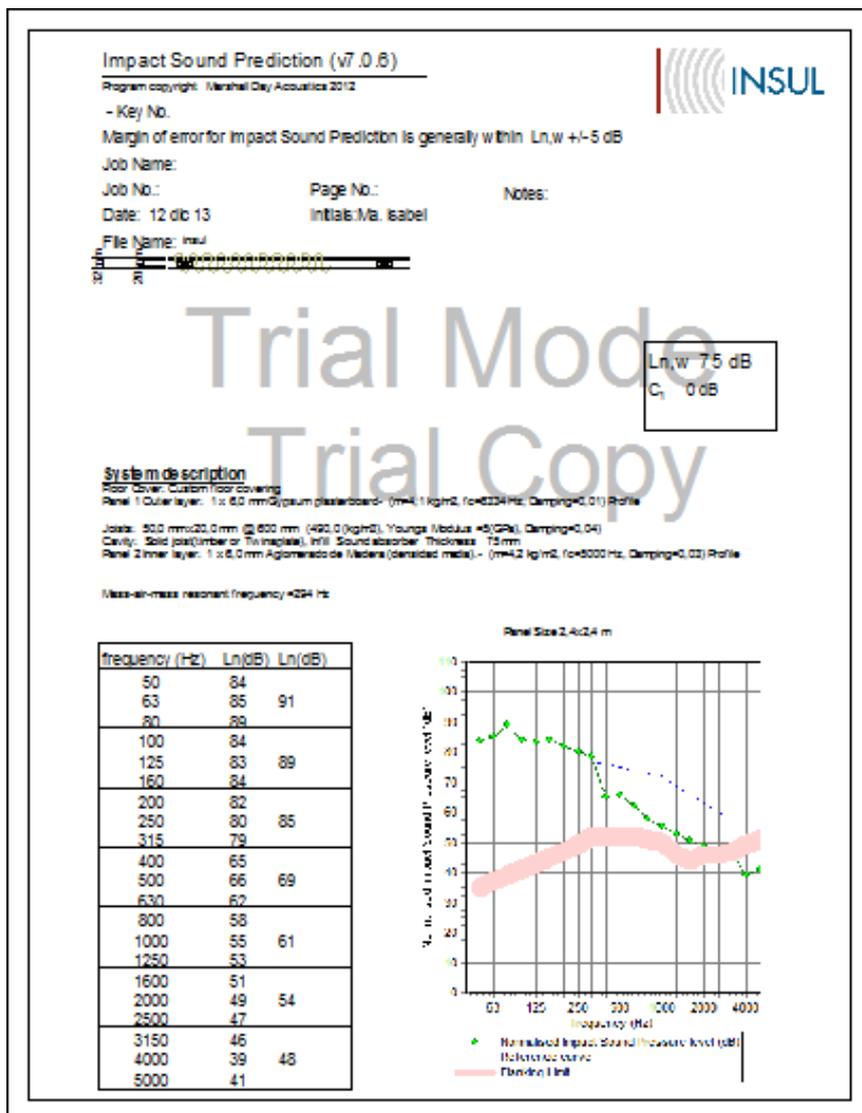
En cuanto al aislamiento del techo se puede observar en la gráfica la línea verde es la respuesta al aislamiento que provocan los materiales y se puede apreciar como tiene mucho mayor respuesta a las frecuencias agudas mientras que a las agudas parecen ser desapercibidas, sin embargo se logra una reducción promedio de 33 dB del exterior al interior.

Frecuencia (Hz)	TL (dB)	TL (dB) promedio
50	8	10
63	10	
80	12	
100	13	14
125	14	
150	14	
200	15	18
250	19	
315	26	
400	32	34
500	37	
630	36	
800	45	49
1000	54	
1250	63	
1600	71	75
2000	78	
2500	83	
3150	87	90
4000	91	
5000	95	

Como se observa en la tabla de resultados, la respuesta que presenta la composición de materiales del techo es altamente efectiva en las frecuencias altas. Lo que provocaría sería que dentro de la cabina las voces en el exterior se escucharían muy tenues, tomando en cuenta que cada 6 dB es el doble de cómo lo percibe el oído humano, estaríamos hablando que si reduce 33 dB en percepción de nuestro oído va a aislar en promedio 5 veces menos el ruido del exterior ($33 \text{ dB} / 6 = 5.5$) por lo tanto se estaría reduciendo x5 el ruido exterior.

PISO:

- Base de neopreno
- Triplay 6 mm
- Hule espuma alta densidad 30 kg/m³ (espesor 4 cm)
- Triplay 6 mm
- Cama de aire 2 cm (neopreno + aire)
- Triplay 6 mm
- Duela 3 mm (acabado interior)



Claramente se puede notar la diferencia de aislamiento entre el piso y el techo o los muros, debido a que la simulación toma en cuenta el factor de que el piso esta sobre la tierra existe una reducción muy apreciable de frecuencias graves. La composición del piso debe obtener este tipo de resultados para no permitir

que se transmitan las vibraciones de frecuencias más bajas que se pueden considerar como las más difíciles de eliminar, un ejemplo muy claro son las pisadas al caminar, ese tipo de frecuencia tan baja causa vibraciones que son las que causan mucha dificultad de eliminar, es por ello que debe presentar tal diferencia en la simulación el piso en comparación a las otras simulaciones.

Frecuencia (Hz)	Ln (dB)	Ln (dB)
50	84	91
63	85	
80	89	
100	84	89
125	83	
160	84	
200	82	85
250	80	
315	79	
400	65	69
500	66	
630	62	
800	58	61
1000	55	
1250	53	
1600	51	54
2000	49	
2500	47	
3150	46	48
4000	39	
5000	41	

Como se puede observar en la tabla de resultados de la simulación, el piso presenta una respuesta óptima ante las frecuencias bajas lo que sería lo ideal en este escenario debido a que ya toda la cabina en conjunto presenta las características necesarias para poder contrarrestar un amplio rango de

frecuencias desde bajas hasta altas utilizando las diferentes características dependiendo cual sea la pieza.

V. CAPITULO V

5.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos por medio de la simulación virtual con el programa INSUL MARSHALL DAY ACOUSTICS se pueden hacer ciertas conclusiones en relación a si se pudieron obtener resultados positivos en cuanto al diseño de la cabina de grabación y si se lograron cumplir los requerimientos antes establecidos que se debían cumplir.

Como requerimiento primordial del proyecto se estableció su funcionalidad, misma que consistía en que el diseño de la cabina debía tener un aislamiento mínimo de 25 dB en el interior respecto al ruido exterior. Según los resultados obtenidos en la simulación el diseño de la cabina y la composición misma con los materiales elegidos arrojan un aislamiento promedio de 32 dB en cuanto a los muros y techo, por lo tanto se puede confirmar con certeza que se logró cumplir con el requerimiento de diseño principal sobre su funcionalidad. Tomando en cuenta que mayormente se vaya a utilizar la cabina dentro de un museo, la contaminación sonora exterior será mucho más reducida que si por ejemplo se encuentra en medio de un jardín de la ciudad. Por lo tanto se espera que la calidad de las grabaciones de los instrumentos dentro de los museos tengan una calidad aceptable y limpia.

Un requerimiento con mucha importancia sobre el diseño que debía cumplir es poder permitir que fuera transportable para facilitar su movilidad de un lugar a otro, por lo que para resolver este aspecto se hizo la cabina armable y desarmable por medio de ensambles de tal manera que al menos dos personas puedan montarla y desmontarla. La cabina consta de 10 piezas en total, 4 muros, 4 ensambles, 1 techo y 1 piso. Se juntan por medio de ensambles tipo castillo y broches para evitar una colisión entre las piezas, para evitar cualquier tipo de fuga sonora en los ensambles se tiene instalado neopreno en los mismos para que al momento de que se arme quede en contacto el neopreno con los ensambles y de esta manera se evite cualquier tipo de fuga o contaminación sonora en el interior de la cabina. Gracias a este método de construcción se puede transportar la cabina de un lugar a otro

facilitando su movilidad al desarmarla, llevarla a donde se desee por partes y armarla donde se quiera instalar de una manera fácil y rápida, con poco esfuerzo de fuerza y sin la necesidad de mucho personal.

Con el diseño innovador de la cabina mostrando su asimetría a simple vista se logra llamar la atención del público haciendo que se acerquen al objeto a averiguar que es, la gama de colores elegidos logran darle elegancia y pulcritud por lo que transmite los conceptos deseados de calidad de producto, modernidad y experiencia de uso.

Para tener en cuenta la ergonomía del producto se estableció una altura mínima de 2.20 m dentro de la cabina para evitar una fatiga en el usuario o sensación de enclaustramiento. El espacio en el interior es reducido pero cumple con las medidas mínimas que requiere una persona dentro de un espacio de trabajo por lo que se espera que el usuario que se encuentra al interior grabando algún instrumento musical no sufra de algún tipo de fatiga laboral para que pueda mantener un buen desempeño del mismo. Así como también se tomó en cuenta la iluminación interior por medio de LED, lo que permite una iluminación limpia y de bajo consumo de energía, así como también no genera calor en el interior del espacio y se aprovecharon los paneles acústicos del techo para actuar en conjunto con la iluminación como techo falso y brindar más estética de interiores en la cabina.

El resultado general del proyecto es positivo para el equipo de investigación de Arqueoacústica si se logra implementar para obtener mejores grabaciones de los instrumentos prehispánicos y se pueda tener un mejor registro sobre nuestros antepasados acerca de cómo hacían sus instrumentos musicales y las características de los mismos, se ha logrado un producto de calidad profesional, mismo que puede proyectarse a un mercado más amplio si se desea. Un ejemplo de un segundo uso del en el que se puede plantear la cabina de grabación es para intentar integrarla a las caravanas de la salud que se realizan en el país por parte de los gobiernos estatales, de esta manera una cabina de grabación con buenas propiedades acústicas puede utilizarse para exámenes y pruebas de audiometría y poder también ayudar en el aspecto

auditivo a las personas de bajos recursos. Otro uso que se le puede dar a la cabina es un lanzamiento al mercado como literalmente una cabina de audio portátil para quienes quieran hacer grabaciones en casa o tener un lugar donde tocar sin molestar a los alrededores con el sonido si se encuentran en zonas habitacionales. El proyecto definitivamente puede tener muy buen futuro si se decide implementar tanto en el proyecto de investigación como fuera de el, si presenta una inversión económica fuerte debido a que los materiales con propiedades acústicas son caros, pero si se busca calidad de producto en este caso vale la pena pagarlo y poder seguir innovando dentro de esta rama de experimentación con el diseño industrial y la acústica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

FONSECA, X. (1992). *Las medidas de una casa*. (2ND ed., p. 132). México D.F.: EDITORIAL PAX MÉXICO.

HOW TO BUILD A SMALL BUDGET RECORDING STUDIO FROM SCRATCH
F. Alton Everest and Mike Shea
Mgraw-Hill

HISTORIA MUSICAL I

Julio C. García Cánepa

Editorial Estrada

SONIDO PROFESIONAL

Clemente Tribaldos Barajas

Madrid, 1993. Ed. Paraninfo

Libro en línea:

Procedimiento de Evaluación de Riesgos Ergonómicos y Psicosociales.

Antonio D. Águila Soto

<http://www.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/A-Espacio%20de%20trabajo.pdf>

Última visita: 13 agosto 20130

Libro digital:

TECSOUND, Sistema de aislamiento acústico para obra nueva y rehabilitación,

TEXSA, Sexta edición marzo 2009.

Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores.

Julius Panero y Martin Zelnik, séptima edición 1996.

Edición G. Giii S.A. de C.V.

(Julius Panero, 1996)

Documento proyecto de investigación "Arqueoacústica".

Internet:

Marco Teórico

Roger

Montejano

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

Última visita: 20 julio 2013

<http://www.ispmusica.com/articulo.asp?id=750>

Última visita: 20 julio 2013

(Montejano, 2006)

David Casadevall

<http://acusticaweb.com/blog/teoria-acustica/236-absorci-aislamiento-acco.html>

Última visita: 17 julio 2013

<http://acusticaweb.com/blog/teoria-acustica/124-cra-anecoica.html>

Última visita: 17 julio 2013

(Casadevall, 2008)

Pablo Montes

<http://acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.mx/2010/05/coeficientes-de-absorcion-sonora.html>

Última visita: 12 agosto 2013

Hector Castañón

<http://spickatto.com/capitulo1.htm>

Última visita: 13 agosto 2013-08-13

(Castañón O.)

Antonio Carlos Pérez Marín

[http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(6\)%20EI%20campo%20acustico/campo%20directo%20y%20campo%20difuso.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(6)%20EI%20campo%20acustico/campo%20directo%20y%20campo%20difuso.htm)

Última visita: 13 agosto 2013

(Marín, 2011)

Ana María Jaramillo

http://www.acusticaysonido.com/index.php?option=com_content&view=article&id=84&catid=50&Itemid=103

Última visita: 13 agosto 2013

(Jaramillo, 2011)

Real Academia Española

<http://lema.rae.es/drae/?val=sonido>

Última visita: 29 agosto 2013

(Española, 2013)

Encyclopedia Britannica

<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/4044/acoustics>

Última visita: 09 de febrero 2014

Encyclopedia Britannica

<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/555255/sound>

Última visita: 09 de febrero 2014

AIMME Instituto Tecnológico

<http://www.aimme.es/informacion/faqs/ficha.asp?id=555>

Última visita: 29 de agosto 2013

(Metalmecánico, 2013)

Ecophon Saint-Gobain

<http://www.ecophon.com/es/Acustica/Diseno-Acustico-de-una-Estancia/Absorcion-acustica/>

Última visita: 29 de agosto 2013

(Group, 2002-2013)

Departamento de Física y Química del IES “Leonardo Da Vinci”

<http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Ondas/Ondas08.htm>

Última visita 29 de agosto 2013

(IES, 2009)

David Casadevall

<http://www.acusticaweb.com/teoria-acustica/blog/teoracca/resonancia-y-reverberaci.html>

Última visita: 29 de agosto 2013

(Casadevall, 2008)

Matilde Carolina Medina Carrero

<http://www.monografias.com/trabajos62/uso-grabaciones-instrumento-aprendizaje/uso-grabaciones-instrumento-aprendizaje2.shtml>

Última visita: 30 de agosto 2013

(Carrero, 2010)

María Quintanilla

<http://cpms-acusticamusical.blogspot.mx/2010/05/el-audio-analogico.html>

Última visita: 30 de agosto 2013

(Quintanilla, 2010)

María del Rocío Collado

http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_01_02/estudios_de_grabacion/introduccion.html

Última visita: 31 de agosto 2013

(Collado)

Pro Audio Galicia

<http://proaudio.com.es/documentacion-tecnica-apuntes/acustica-para-diseno-de-estudios-de-grabacion/>

Última visita: 31 de agosto 2013

(Galicia, 2013)

Juan Eugenio San Martín

<http://www.astormastering.com.ar/Acustica%20arquitectonica%20para%20sala%20de%20grabacion.pdf>

Última visita: 31 de agosto 2013

(Martín)

Técnico de Sonido

http://www.estudiodegrabacion.es/tecnico_de_sonido/el-estudio-de-grabacion/€-entre-salas

COMUNICACIÓN ENTRE CABINA Y SALA DE CONTROL

Última visita: 31 de agosto 2013

(Sonido, 2013)

Arqueología Mexicana

<http://www.arqueomex.com/S2N3nInstrumento94.html>

Los Instrumentos Musicales Prehispánicos (clasificación general y significado)

(G., La Música Prehispánica, 1993)

Última visita: 1 de septiembre 2013

Materiales Acústicos

<http://www.materialesacusticos.net/es/>

Venta de difusores acústicos

(Acústicos, Materiales Acústicos, 2013)

Última visita: 2 de septiembre 2013

FONAC

<http://sonoflex.com/fonac/materiales-acusticos/>

Venta de recubrimientos acústicos

(Acústicos F. M., 2013)

Última visita: 2 de septiembre 2013

COMAUDI

<http://www.comaudi.com/barreras-acusticas-control-ruido-productos-completa2.shtml>

Venta de materiales acústicos

(COMAUDI, 2013)

Última visita: 2 de septiembre 2013

Acondicionamiento Acústico

<http://aholab.ehu.es/users/imanol/akustika/lkasleLanak/Acondicionamiento%20acustico/#4>

(Lorenzo, 2010)

Última visita: 3 de septiembre 2013

Materiales acústicos naturales

Audiotec

<http://www.hispasonic.com/noticias/aislante-acustico-hecho-materiales-recicladados/4325>

(Audiotec, 2012)

Última visita: 3 de septiembre 2013

Celenit Aislante Acústico Natural

<http://www.celenit.es/>

(CELENIT, 2012)

Última visita: 4 de septiembre 2013

Heraklith Aislamiento Acústico Natural

<http://www.heraklith.es/>

(Heraklith, 2013)

Última visita: 4 de septiembre 2013

DIASEN – FIBER TEX PAN

<http://www.diasen.com/sp/es/paneles.3sp?cts=panelli>

(Building, 2013)

Última visita: 5 de septiembre 2013

DIASEN – DIATHONITE

<http://www.diasen.com/sp/es/d/diathonite.3sp>

(Building, 2013)

Última visita: 5 de septiembre 2013

Sistemas modulares

Construcción Modular

<http://construccionmodularws.com/boletin/45-grandes-proyectos>

(Modular, 2013)

Última visita: 6 de septiembre 2013

Diseño Modular

<http://textos-y-contextos.blogspot.com.es/2008/01/arquitectura-modular-basada-en-la-teora.html>

(Serrentino, 2008)

Última visita: 6 de septiembre 2013

Construcción

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=136>

(Construcción, 2012)

Última visita: 6 de septiembre 2013

Acústica Integral

http://www.acusticaintegral.com/panel_acustico_acustimodul80.htm

(Integral, 2013)

Última visita: 6 de septiembre 2013

Torres y Labarca Ingeniería

http://www.torresylabarca.cl/paneles_moviles.html

(Labarca, 2013)

Última visita: 7 de septiembre 2013

Índice de imágenes

(a) - SLATS

(Castañón O.)

(b) – Difusor acústico gris

(Montejano, 2006)

(c) – Cámara anecoica

(NASA, 2008)

(d) – Cables XLR

(Capo, 2010)

(e) – Material poroso

(Acústica, 2012)

(f) – Material absorbente

(Santalla, 2012)

(g) – Resonador simple

(Acústica, 2012)

(h) – Resonador múltiple

(Acústica, 2012)

(i) – Difusor RGP

(Sound, 2009)

(j) - SLATS

(Castañón O.)

(k) – Trampa de graves

(247, 2013)

(l) – No Paralelismo

(Galicia, 2013)

(m) – Audiotec material reciclado

(Audiotec, 2012)

(n) - Nuevos materiales absorbentes acústicos obtenidos a partir de restos de botellas de plástico

(Rey, 2011)

(o) – CELENIT

(CELENIT, 2012)

- (p)** – Heraklith
(Heraklith, 2013)
- (q)** – Diathonite
(Building, 2013)
- (r)** – Construcción modular
(COMMOSA, 2013)
- (s)** – Cocina modular
(Diseño, 2008)
- (t)** – Mueble modular triangular
(modulares, 2012)
- (u)** – Sistema paneles modulares
(Acústica, 2012)
- (v)** – Panel modular móvil
(Labarca, 2013)

Índice de Tablas

Tabla de Difusores

<http://proaudio.com.es/documentacion-tecnica-apuntes/acustica-para-diseno-de-estudios-de-grabacion/>

Última visita: 31 de agosto 2013

(Galicia, 2013)

Tabla de Aislamiento

<http://proaudio.com.es/documentacion-tecnica-apuntes/acustica-para-diseno-de-estudios-de-grabacion/>

Última visita: 1 de septiembre 2013

(Galicia, 2013)

Tabla de coeficientes de absorción

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

(Torio, 2010)

Última visita: 8 de septiembre 2013