

**PANEL DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL
SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE OFICINAS.**

INGRID ALEJANDRA RIAÑO SANABRIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERIAS FISICOMECHANIAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2018

**PANEL DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL
SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE OFICINAS.**

INGRID ALEJANDRA RIAÑO SANABRIA

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director

Héctor Julio Parra Moreno

Diseñador industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERIAS FISICOMECHANIAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

A mis padres, por su gran amor y compañía.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Fernando Riaño Buitrago. Gracias papá por el amor tan grande y la entrega diaria a nuestra familia, por enseñarnos a creer y vivir bajo la unidad, la paciencia y la alegría. Gracias por todos los incansables esfuerzos para cuidar de mí y de nuestra familia, son esos esfuerzos debido al amor que hoy hacen de mí la persona que soy.

Agradezco a Martha Yaneth Sanabria Mujica. Gracias mamá por acompañarme y hacer parte de todos mis sueños y triunfos, por estar siempre para nuestra familia, gracias por cada palabra, por cada risa, por cada momento de compañía y por todo el apoyo que en ti siempre encuentro.

Agradezco a Juan Camilo Riaño Sanabria, mi hermano y amigo, gracias por aventurarme a vivir y a descubrir nuevos talentos en mí, por cada momento de compañía que con seguridad han sido de los mejores vividos, gracias por siempre creer en mí, por cada risa, por cada abrazo, por cada palabra de amor, sueños y retos que encuentro en ti.

Agradezco a Juanita Riaño Muñoz, gracias por llegar a nuestras vidas a darle color. Tú eres nuestra hermosa bendición.

Agradezco a Héctor Julio Moreno Parra, gracias por la amistad, el acompañamiento y consejos que a lo largo de este tiempo me ha brindado.

Por último y Él más importante, agradezco a Dios, por tan fiel y grande amor, porque no hay algo que yo sea o que logre que no sea por ti. Gracias papá por permitirme llegar hasta donde hoy estoy, por tu gracia y compañía para conmigo en todo momento.

ALEJANDRA RIAÑO SANABRIA

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	19
1.1. TITULO	19
1.2. OBJETIVO GENERAL	19
1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.5. ALCANCES.....	23
1.6. CONTEXTO GEOGRÁFICO.....	23
1.7. ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO	24
1.8. ESTADO DEL ARTE.....	28
2. MARCO TEÓRICO	30
3. METODOLOGÍA Y DIAGRAMA DE GANTT.....	42
4. ESTRUCTURACION	45
4.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	45
4.1.1. Recopilación de datos.....	45
4.1.2. Interpretación de datos -usuarios.....	46
4.1.3. Interpretación de datos –propietarios.....	49
4.1.4. Análisis del estado de arte.....	51
4.2. INTERPRETACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE	53
4.3. MÉTRICAS.	57
4.4. IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA FORMAL	61
4.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES	62
4.5.1. Fibras.....	63
4.5.2. Polímeros.....	66
5. CONCEPTO / FORMA.....	68

5.1. ALTERNATIVAS FORMALES	68
5.1.1. Alternativa 1.....	68
5.1.2. Alternativa 2.....	71
5.1.3. Alternativa 3.....	73
5.1.4. Alternativa 4.....	75
5.1.5. Alternativa 5.....	77
5.1.6. Alternativa 6.....	79
5.1.7. Alternativa 7.....	81
5.1.8. Alternativa 8.....	83
5.1.9. Alternativa 9.....	85
5.1.10. Alternativa 10.....	87
5.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	89
5.3. SÍNTESIS FORMAL.....	93
5.4. MODELADO CAD/ COMPONENTES.....	95
6. PRUEBAS TECNICAS.....	97
6.1. COEFICIENTE DE ABSORCIÓN.....	98
6.1.1. Normatividad.....	98
6.1.2. Procedimiento de prueba.....	98
6.1.3. Pruebas de selección de materiales.....	101
6.1.4. Resultados.....	105
6.1.5. Prueba con material seleccionado, cuñas y textil.....	110
6.1.6. Resultados finales.....	114
6.1.7. Conclusiones.....	114
6.2. TIEMPO DE REVERBERACIÓN.....	115
6.2.1 Normatividad.....	115
6.2.2. Procedimiento de prueba.....	115
6.2.3. Pruebas.....	117
6.2.3.1. Sala sin acondicionamiento.....	117
6.2.4. Resultados.....	124
6.2.5. Conclusiones.....	125

7. CONSTRUCCION Y DETALLE	126
7.1. PARTES/ EXPLOSIÓN	126
7.1.1. Panel de pared.....	126
7.1.2. Panel de piso.	127
7.1.3. Panel colgante.	128
7.2 PLANOS	129
7.3. PROCESOS DE FABRICACIÓN.	134
7.4. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES, HERRAMIENTA Y TIEMPO	139
7.5. ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTOS.....	141
7.6. RENDERS.	142
7.7. DIAGRAMA DE USO	143
7.8. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.	145
8. MARCA.....	146
8.1. NOMBRE	146
8.2. PLANIMETRÍA	146
8.3. LOGO COLOR.....	146
8.4. LOGO BLANCO Y NEGRO	147
8.5. TIPOGRAFÍA	147
8.6. ETIQUETA.....	148
8.7. EMPAQUE	148
9. CONCLUSIONES	150
BIBLIOGRAFIA.....	152
ANEXOS.....	156

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alteraciones fisiológicas y psicológicas.	20
Figura 2. Contexto geográfico.....	24
Figura 3. Diseño biofílico.	25
Figura 4. Window.	26
Figura 5. Soundwave.	27
Figura 6. Coeficiente de absorción acústica.	31
Figura 7. Sonido vs Ruido.....	33
Figura 8. Salud y niveles de ruido.....	34
Figura 9. Cualidades del sonido.....	35
Figura 10. Transmisión del sonido.	36
Figura 11. Intensidad sonora.	38
Figura 12. Formula de sabine.	40
Figura 13. Metodología de desarrollo del proyecto.	42
Figura 14. Diagrama de Gantt.....	44
Figura 15. Interpretación de datos- usuarios.	46
Figura 16. Interpretación de datos- usuarios.	47
Figura 17. Interpretación de datos- usuarios.	48
Figura 18. Interpretación de datos –propietarios.....	50
Figura 19Análisis del estado del arte.	51
Figura 20. (a) Material absorbente con terminación superficial en cuñas anecoicas. (b) Mecanismo por el cual las cuñas anecoicas logran gran absorción sonora.	62
Figura 21Materiales.	63
Figura 22. Fibra de madera aglomerada.....	63
Figura 23. Fibra de poliéster.	64
Figura 24. Fibra de lana mineral.	65

Figura 25. Fibra de vidrio.	66
Figura 26. Espuma de melamina.	66
Figura 27 Boceto. Alternativa 1.	68
Figura 28. Maqueta. Alternativa 1.	70
Figura 29. Render. Alternativa 1.	70
Figura 30. Boceto. Alternativa 2.	71
Figura 31. Maqueta. Alternativa 2.	72
Figura 32. Render. Alternativa 2.	72
Figura 33. Boceto. Alternativa 3.	73
Figura 34. Maqueta. Alternativa 3.	74
Figura 35. Render. Alternativa 3.	74
Figura 36. Boceto. Alternativa 4.	75
Figura 37. Maqueta. Alternativa 4.	76
Figura 38. Render. Alternativa 4.	76
Figura 39. Boceto. Alternativa 5.	77
Figura 40. Maqueta. Alternativa 5.	78
Figura 41. Render. Alternativa 5.	78
Figura 42. Boceto. Alternativa 6.	79
Figura 43. Maqueta. Alternativa 6.	80
Figura 44. Render. Alternativa 6.	80
Figura 45. Boceto. Alternativa 7.	81
Figura 46. Maqueta. Alternativa 7.	82
Figura 47. Render. Alternativa 7.	82
Figura 48. Boceto. Alternativa 8.	83
Figura 49. Maqueta. Alternativa 8.	84
Figura 50. Render. Alternativa 8.	84
Figura 51. Boceto. Alternativa 9.	85
Figura 52. Maqueta. Alternativa 9.	86
Figura 53. Render. Alternativa 9.	86
Figura 54. Boceto. Alternativa 10.	87

Figura 55. Maqueta. Alternativa 10.	88
Figura 56. Render. Alternativa 10.	88
Figura 57. Hexagon- Referencia.	89
Figura 58. Matriz de conceptos.	91
Figura 59. Matriz de selección de conceptos.	92
Figura 60. Síntesis formal.	93
Figura 61. Modelado CAD.	95
Figura 62. Componentes y partes.	95
Figura 63. Clasificación de absorción acústica.	99
Figura 64. Elementos del proceso de medición de la absorción de sonido.	100
Figura 65. Materiales de prueba.	101
Figura 66. Proceso pruebas de coeficiente de absorción.	103
Figura 67. Proceso pruebas coeficiente de absorción.	104
Figura 68. SWR (P_{max}/P_{min}).	105
Figura 69. Fórmula de coeficiente de absorción.	109
Figura 70. Coeficiente de absorción acústica ponderada.	109
Figura 71. Sección de cuña de prueba/ tubo de impedancia.	110
Figura 72. Textiles de prueba.	112
Figura 73. Prueba del material de forrado.	112
Figura 74. Coeficiente final de absorción del panel acústico.	114
Figura 75. Geometría de la sala de estudio.	117
Figura 76. Diagramas de coeficientes de absorción.	119
Figura 77. Diagrama tiempo de reverberación de la sala sin acondicionamiento.	120
Figura 78. Geometría de la sala de estudio con el panel.	121
Figura 79. Diagrama tiempo de reverberación de la sala con acondicionamiento.	124
Figura 80 Diagrama reverberación final de la sala.	124
Figura 81. Explosión de partes, panel de pared.	126
Figura 82. Explosión de partes, panel de piso.	127

Figura 83. Explosion de partes, panel colgante.	128
Figura 84. Plano estructura metalica.	129
Figura 85. Plano forro.	129
Figura 86. Plano lamina acustica.	130
Figura 87. Plano cuñas.	130
Figura 88. Plano templete.	131
Figura 89. Plano tubo redondo.	131
Figura 90. Plano lamina de refuerzo.	132
Figura 91. Plano lamina de pared.	132
Figura 92. Plano esparrago.	133
Figura 93. Plano base piso.	133
Figura 94. Proceso de mecanizado.	134
Figura 95. Proceso de corte.	134
Figura 96. Proceso de doblado.	134
Figura 97. Proceso de armado y soldadura.	135
Figura 98. Proceso de armado y soldadura.	135
Figura 99. Proceso de corte y armado.	136
Figura 100. Proceso de punzonado.	136
Figura 101. Proceso de pintura.	137
Figura 102. Proceso de corte/ lamina acustica.	137
Figura 103. Proceso de ensamble.	138
Figura 104. Panel final/ colgante.	138
Figura 105. Diagrama de actividades, herramienta y tiempo.	140
Figura 106. Render de pared/ Auditorio.	142
Figura 107. Render de piso/ Area de presentaciones.	142
Figura 108. Render colgante/ Biblioteca.	143
Figura 109. Diagrama de uso panel de piso.	143
Figura 110. Diagrama de uso panel de pared.	143
Figura 111. Diagrama de uso panel colgante.	144
Figura 112. Ciclo de vida del producto.	145

Figura 113. Planimetria.....	146
Figura 114. Logo color.....	146
Figura 115. Logo blanco y negro.....	147
Figura 116. Tipografia.....	147
Figura 117. Etiqueta.....	148
Figura 118. Empaque.....	148
Figura 119. Empaque/ simbolos.....	148
Figura 120. Plano empaque.....	149

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Organización jerarquica -usuarios.	49
Tabla 2. Organización jerarquica -propietarios.	50
Tabla 3. Interpretación de las necesidades.	53
Tabla 4. Métricas.	58
Tabla 5. Pmax/ Pmin.....	105
Tabla 6. Pmax/ Pmin.....	106
Tabla 7. Pmax/ Pmin.....	106
Tabla 8. Pmax/ Pmin.....	107
Tabla 9. Pmax/ Pmin.....	107
Tabla 10. Pmax/ Pmin.....	108
Tabla 11. SWR de materiales.	108
Tabla 12. Coeficiente de absorcion de materiales	109
Tabla 13. Pmax/ Pmin.....	111
Tabla 14. SWR del acustifibra y cuñas.	111
Tabla 15. Coeficiente de absorcion de acustifibra y cuñas.	111
Tabla 16.Pmax/ Pmin. Acustifibra, cuñas y textil.	113
Tabla 17. SWR. Acustifibra, cuñas y textil.	113
Tabla 18. Coeficiente de absorción. Acustifibra, cuñas y textil.	113
Tabla 19. Materiales de la sala de estudio.....	118
Tabla 20. Volumen y superficie total.	118
Tabla 21 Coeficiente de absorcion de materiales de la sala.	119
Tabla 22. Materiales de la sala de estudio y panel.	122
Tabla 23. Volumen y superficie total.	122
Tabla 24. Coeficiente de absorcion de materiales.	123
Tabla 25. Analisis modal de falla y efecto.....	141

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta realizada a usuarios.	156
Anexo B. Encuesta realizada a propietarios.	157
Anexo C. Encuesta realizada a expertos.	158
Anexo D. Estado del arte.	159
Anexo E. Artículo de: Caruso acoustic & lighting comfort.	162

RESUMEN

TITULO: PANEL DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE OFICINAS.*

AUTOR: INGRID ALEJANDRA RIAÑO SANABRIA **

PALABRAS CLAVE: RUIDO, SONIDO, ABSORCION ACUSTICA, TIEMPO DE REVERBERACION, ESPACIOS DE OFICINA.

DESCRIPCION:

El acondicionamiento acústico en las áreas de trabajo surge ante la necesidad de mejorar las condiciones sonoras en el ambiente, facilitando la comunicación, pero sobre todo el confort acústico que hace que las personas se sientan a gusto en su lugar de trabajo y puedan desarrollar su actividad de manera óptima. Dicho acondicionamiento acústico hace referencia a la calidad acústica y consiste en alcanzar las características acústicas de espacio adecuadas para un uso concreto a través del diseño y la correcta elección de los materiales (enchapes, paneles o revestimientos), con el fin de proporcionar un entorno vital agradable para las personas que permanecen dentro de las instalaciones o están en constante contacto con estas áreas de trabajo.

Por lo cual, el objetivo de este trabajo de grado será desarrollar un panel de absorción acústica encontrando por medio de investigación, pruebas y diseño, el material, la forma y estructura adecuada para contribuir a tener áreas de trabajo con condiciones óptimas de sonido. A fin de obtener los mejores resultados acústicos tanto por material y por estructura se realizarán pruebas de coeficiente de absorción y de tiempos de reverberación establecidos por las normas técnicas ISO y ASTM para concluir con el diseño de un panel funcional.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director Héctor Julio Parra Moreno

ABSTRACT

TITLE: ACOUSTIC ABSORPTION PANEL FOR THE CONDITIONING OF SOUND AND VISUAL HARMONY IN OFFICE AREAS. *

AUTHOR: INGRID ALEJANDRA RIAÑO SANABRIA **

KEY WORDS: NOISE, SOUND, ACOUSTIC ABSORPTION, REVERBERATION TIME, OFFICE SPACES.

DESCRIPTION:

The acoustics in the work areas arises from the need to improve the sound conditions in the environment, facilitating communication, but above all the acoustic comfort that makes people feel comfortable in their workplace and can develop their activity. optimal way. This acoustic conditioning refers to the acoustic quality and consists of achieving the acoustic characteristics of space suitable for a specific use through the design and the correct choice of materials (veneers, panels or coatings), in order to provide an environment vital for people who remain inside the facilities or are in constant contact with these areas of work.

Therefore, throughout this work an acoustic absorption panel will be developed, finding by means of research, tests and design, the material and the appropriate form which will contribute to having working areas with optimal sound conditions.

* Degree work

** Faculty of Engineering Physicomechanics. School of Industrial Design. Director Hector Julio Parra Moreno

INTRODUCCIÓN

La actual necesidad de un adecuado acondicionamiento acústico en espacios de trabajo de oficina se hace necesario ante la incidencia de la exposición continua a niveles de ruido en los trabajadores y por ende las repercusiones que trae tanto en el bienestar como en el rendimiento laboral.

Esta contaminación acústica permanece en los ambientes de trabajo debido a que la mayoría de las oficinas poseen acabados con materiales altamente reflejantes como mampostería, cerámica y concreto. Dichos materiales no favorecen a la propagación del sonido debido a que la reflexión o “rebote” de las ondas sonoras en múltiples ocasiones sobre todas las superficies hacen que las palabras se superpongan entre sí, por lo cual dificulta entender con claridad un mensaje y genera inconvenientes en la comunicación y el desarrollo de las actividades laborales.

Es por esto, que el acondicionamiento acústico planteado en este proyecto esta direccionado a mejorar el ambiente laboral, la inteligibilidad de la palabra y mejorar la percepción estética en espacios de oficina por medio del diseño de un panel de absorción acústica.

Teniendo en cuenta que según sea la **estructura** de la superficie la energía del sonido es direccionada y logra ser reflejada en la superficie una o varias veces logrando así disminuir o aumentar la cantidad de choques, el **material** también como factor relevante interviene al considerarse que entre más absorbente sea más se amortigua el sonido, se reduce el tiempo de reverberación y genera un ambiente considerablemente más agradable.¹

¹ EUMUS Acústica Arquitectónica [en línea] disponible en: <http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/cap04.pdf>

Según lo descrito anteriormente y a fin de cumplir con el objetivo planteado, se establecen tres etapas para el desarrollo de este proyecto. La primera etapa es el periodo de estructuración, donde se realizará una intervención de aporte en el área acústica, entrevistas a usuarios y un análisis de existente a nivel nacional e internacional. La segunda etapa es el periodo de conceptualización donde por medio de diferentes alternativas de diseño se planteará un modelo cuya estructura formal influirá en el mejoramiento del acondicionamiento del sonido. Finalmente, la tercera etapa de prueba en la cual se seleccionarán los posibles materiales, se realizarán pruebas técnicas de absorción y se evaluarán los resultados concluyendo con un material, forma y estructura final para la construcción del modelo funcional.

Como finalidad el desarrollo de este proyecto busca favorecer los ambientes laborales en áreas de oficina, tanto por el acondicionamiento del sonido como por la armonía visual llegando a influir en los trabajadores de modo que se sientan a gusto en el ambiente el cual permanecen la mayor parte de tiempo.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1. TITULO

PANEL DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE OFICINAS.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un panel de absorción acústica por medio del acondicionamiento del sonido y armonía visual en oficinas de trabajo como práctica empresarial en la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar una investigación y síntesis que permita abordar el acondicionamiento del sonido en oficinas de trabajo y sus métodos de absorción acústica.
2. Investigar y seleccionar las estructuras y materiales que influyan sobre la cantidad de energía reflejada y absorbida.
3. Proponer un modelo de panel con características formales y estructurales que permitan disminuir la reverberación.
4. Construir y evaluar por medio de pruebas el coeficiente de absorción acústica de cada material y a su vez definir el tiempo reverberación de una sala.
5. Fijar especificaciones finales para la construcción del modelo funcional.

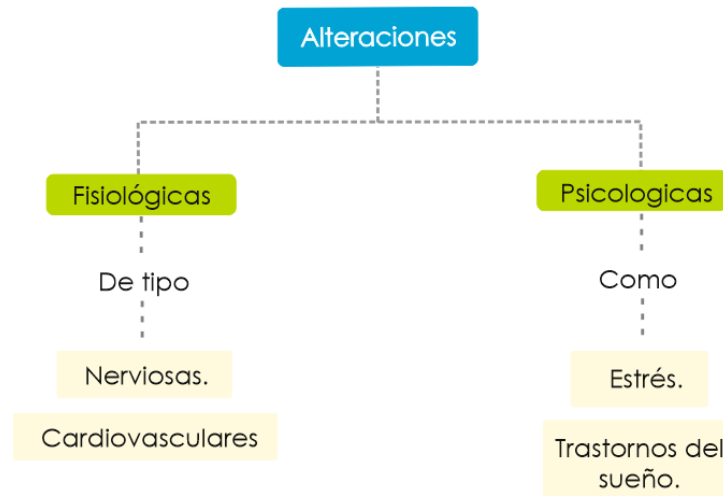
1.4. JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA: Contaminación e interferencia del sonido en áreas oficinas.

SECTORES: Instituciones de salud, bancario, sector educativo y oficinas de trabajo.

EFFECTOS: Alteraciones en la salud del trabajador.

Figura 1. Alteraciones fisiológicas y psicológicas.



Fuente: Organización mundial de la salud (OMS).

VARIABLE DEPENDIENTE:

- Impacto negativo en la salud física y psicológica de los trabajadores en áreas de oficina.
- Confort acústico.

VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Niveles de ruido o sonido.

La contaminación e interferencia acústica en oficinas se presenta debido a la comunicación, a las actividades humanas que se realizan constantemente en el

ambiente laboral y ruidos externos a ella, producto del cual se desencadenan efectos adversos sobre la salud del trabajador tal como lo menciona la organización mundial de la salud, los cuales son:

- Efectos auditivos: discapacidad auditiva, incluyendo tinnitus, (escuchar ruidos en los oídos cuando no existe fuente sonora externa), dolor y fatiga auditiva.
- Perturbación del sueño, dificultad para quedarse dormido, despertares frecuentes.
- Efectos cardiovasculares.
- Respuestas hormonales (hormonas del estrés) y sus posibles consecuencias sobre el metabolismo humano y el sistema inmune.
- Rendimiento bajo en el trabajo.
- Molestia.
- Interferencia con el comportamiento social (agresividad, protestas, y sensación de desamparo) y estado de ánimo depresivo.
- Interferencia con la comunicación oral.
- Disminución del estado de alerta, (causante de accidentes laborales).²

Las enfermedades pueden llegar a ser prevenidas en los trabajadores si existiera control sobre el acondicionamiento del sonido en las áreas de trabajo, de esta forma no solo se disminuiría las enfermedades de tipo laboral sino en consecuencia se conseguiría un entorno laboral de mayor calidad favoreciendo la concentración y productividad de los trabajadores.

Según La American Society of Interior Designers (ASID), compañía de diseño y equipamiento de espacios de trabajo en uno de sus estudios revela acerca de los efectos de la acústica en la productividad de los trabajadores concluyendo que al

² ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD Ruido [en línea] disponible en: <http://www.who.int/topics/noise/es/>

reducir la contaminación acústica en la oficina aumentaría la concentración de los trabajadores en un 50%.³

Siendo la contaminación acústica el problema principal de este proyecto se hace necesario precisar acerca de los factores más relevantes a tratar para lograr una difusión acústica uniforme, dichos factores son **la reverberación y absorción acústica**, siendo determinantes para conseguir un acondicionamiento acústico exitoso.

PREGUNTA DE DISEÑO

¿En cuánto disminuiría el tiempo de reverberación de una oficina por medio de los paneles de absorción acústica, respecto de una sala sin acondicionamiento de sonido?

La creciente consideración del ruido como un factor negativo para el bienestar de los trabajadores en los ambientes laborales, ha llevado al cumplimiento y concientización por parte de las empresas acerca de los decretos establecidos por los diferentes entes (Organización mundial de la salud) que vigilan la salud y seguridad de los trabajadores en riesgos relacionados con los niveles de ruido.

A fin de mejorar las condiciones acústicas y estéticas en estas áreas de trabajo se plantea un panel de absorción acústica el cual tanto por medio de su forma/estructura como del material logre disminuir la energía reflejada y absorbida en las superficies de los ambientes laborales.

³ PAUL MARISOL Claves para conseguir una oficina libre de ruidos [en línea] disponible en: http://cincodias.elpais.com/cincodias/2007/11/21/sentidos/1195615636_850215.html

De tal manera que se genere un ambiente agradable en el desarrollo de las actividades, mejorando la concentración y disminuyendo las enfermedades derivadas a partir de la contaminación auditiva.

Este panel busca el acondicionamiento del sonido por medio del nivel de absorción característica del material y su vez pretende generar armonía visual por medio del factor formal- estético, de tal forma que su efectividad logre ser medida tanto como por el coeficiente de absorción como por la percepción del usuario. De esta forma, logrando un acondicionamiento efectivo en las oficinas de trabajo que cuenten con este tipo de panel de absorción acústica.

1.5. ALCANCES

Este proyecto llega hasta la fabricación de un modelo funcional de paneles de absorción acústica para el acondicionamiento del sonido y armonía visual en oficinas de trabajo.

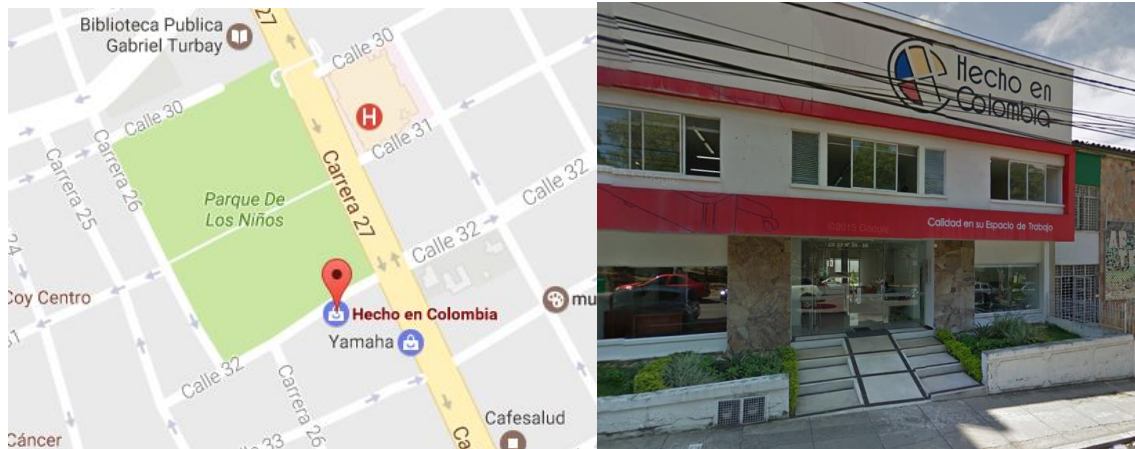
1.6. CONTEXTO GEOGRÁFICO

PAÍS: Colombia.

DEPARTAMENTO: Santander.

CUIDAD: Bucaramanga.

Figura 2. Contexto geográfico.



Fuente: www.hencolombia.com

El desarrollo de éste proyecto de modelo de panel de absorción acústica será llevado a cabo en la ciudad de Bucaramanga, en un proceso de práctica empresarial establecida con la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda ubicada en la calle 32 No.26-58 del barrio Antonia Santos.

1.7. ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO

Debido a la alta contaminación acústica en oficinas de trabajo y a la elevada concientización realizada por la OMS y diferentes entidades dirigidas a establecer las condiciones óptimas de trabajo, ha nacido una necesidad en aumento de responsabilidad por parte de las empresas hacia sus trabajadores buscando brindarles las mejores condiciones en el ambiente laboral en donde se excluyan las enfermedades de tipo psicológicas y fisiológicas derivadas de la contaminación auditiva y por el contrario se incluya un acondicionamiento acústico en el ambiente. En torno a esto, se han presentado diferentes clases de soluciones para reducir el ruido en las oficinas y mejorar el ambiente laboral, unas de éstas es el **diseño Biofílico**, el cual mediante la incorporación de elementos de la naturaleza en

interiores tiene como objetivo ayudar a que las personas se sientan mejor y conecten nuevamente con el espacio.

Siendo ésta una forma de mejorar eficazmente la salud y el bienestar de las personas, se sustituyen los materiales tradicionales de construcción de una oficina por elementos vegetales, satisfaciendo la teoría de que el ser humano necesita interactuar y observar la naturaleza. ⁴

Figura 3. Diseño biofílico.



Fuente: NOISMART.

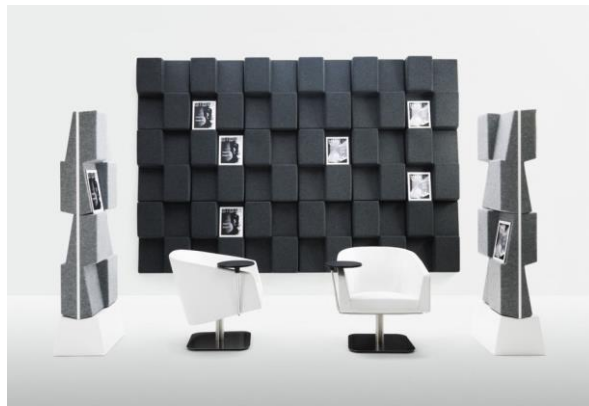
Según el estudio de *Evaluation of Green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*, realizado por Zaloa Azkorra, la utilización de paneles vegetales en las oficinas influye en la propagación del sonido. Por un lado, el sonido al chocar contra una pared uniforme rebota con la misma intensidad con la que llega, pero al añadir vegetación esa pared deja de ser uniforme y cuando los sonidos chocan con ella se reduce su intensidad y su eco. Por otro lado, cuando el sonido se encuentra con un panel vegetal, las plantas, al ser un material flexible vibran y transforman la onda del sonido en otra forma de energía.⁵

⁴ NOISMART Diseño biofílico solución para reducir el ruido en las oficinas [en línea] disponible en: <https://www.noismart.com/diseño-biofílico-solución-para-reducir-el-ruido-en-las-oficinas/>

⁵ Ibíd.

Ahora bien, otro tipo de solución actual son los paneles fabricados por materiales absorbentes (porosos o fibrosos), a la cual gran parte de las empresas de mobiliario para oficinas están incursionando buscando lograr un mejoramiento en la acústica de dichos ambientes. Tales empresas como **ABSTRACTA** que ha abordado esta necesidad en Window, un mueble que funciona como amortiguador de sonido teniendo como propuesta de valor el ser elaborado a partir de materiales reciclables.

Figura 4. Window.



Fuente: Abstracta.

Para mejorar aún más las propiedades de absorción de sonido WINDOW se ha proporcionado con la Junta de fibra de reciclaje en el interior y es conveniente para el uso en bibliotecas, escuelas, pasillos del hotel y oficinas. A su vez, el diseño modular permite configurar las unidades según sea necesario. WINDOW también trabaja como divisor de la sala, con varias piezas en una fila, proporcionando el blindaje visual y acústico.⁶

Por otra parte, la empresa **KALPAKIAN** desarrolla algunos de sus paneles acústicos hechos con materiales absorbentes a partir de espuma flexible

⁶ FORSMAN Jonas Interior fitting acoustic panel [en línea] disponible en http://www.archiexpo.com/prod/abstracta/product-79076-650856.html#product-item_1202229

conformada con poliuretano, debido a la densidad la cual hace que su coeficiente de absorción sea mucho mayor y por ende el tiempo de reverberación disminuya.

Figura 5. Soundwave.



Fuente: KALPAKIAN.

Este material absorbente tiene la misión de captar el ruido para que la cantidad reverberada no sea excesiva. Por otra parte su estructura celular evita que las ondas sonoras choquen y salgan sobre una superficie con la misma intensidad mejorando así las condiciones sonoras del ambiente.⁷

En consecuencia, se encuentra que las soluciones que se presentan están direccionadas a abordarse por medio de la cantidad de sonido que puede ser absorbido por un material y a su vez a conectar el usuario con el espacio laboral en el que se encuentre por medio de paneles acústicos. En conclusión, en la mayoría de los casos presentados algunas empresas de mobiliario internacional tienen como finalidad no solo generar un atractivo visual, insonorizar el espacio de trabajo sino también ayudar al medio ambiente por medio de los materiales ecológicos utilizados en sus diseños de paneles de absorción acústica.

⁷ BUZZI SPACE Kalpakian [en línea] disponible en <http://buzzi.space/dealers/kalpakian-2/>

1.8. ESTADO DEL ARTE.

En este segmento se presentan diferentes empresas internacionales que comercializan paneles de absorción acústica interviniendo en diferentes sectores del área comercial, a su vez sobre cada uno de estos paneles se plantean atributos los cuales permitirán establecer factores de relevancia los cuales posiblemente puedan llegar a ser incluidos en el proceso de diseño y desarrollo del panel planteado en este proyecto. (Ver anexo D).

“En la mayoría de los casos expuestos se tiene como finalidad el mejoramiento o acondicionamiento acústico para salas u oficinas, ha de notarse que no en todos los casos el enchape de absorción acústica es llevado a cabo desde el aspecto formal-estético, de tal manera que prima la funcionalidad sobre el atractivo visual.

Por otro lado, el factor ecológico es un valor agregado que en la actualidad las empresas están incluyendo sobre este tipo de productos, demostrando sostenibilidad y sustentabilidad sobre sus empresas, así mismo interviniendo en la disminución de la contaminación al medio ambiente con la elaboración de sus productos.

Actualmente, debido a la contaminación por ruido que se presenta en las áreas de oficinas los acústicos están siendo incluidos en todo tipo de productos; para este caso, los paneles de absorción acústica no son productos comercializados masivamente por empresas colombianas y muy rara vez están siendo fabricados. Por tal motivo las empresas internacionales de diseño y arquitectura son el referente como lo vimos anteriormente hacia la producción y comercialización de este tipo de productos.

De esta manera, en este modelo de práctica empresarial realizado en la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda, se busca desarrollar un modelo de panel de

absorción acústica, donde se incluya la funcionalidad tanto por medio de la absorción del material como de la estructura formal del producto.

Con el objetivo que este modelo funcional pueda ser llevado a la realidad, se busca generar un producto que se ajuste a la tecnología, procesos de fabricación y materiales utilizados en la empresa, todo esto, con el fin de llegar a ser pioneros a nivel nacional como empresa de diseño en la implementación de paneles de absorción acústica.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presenta una serie de conceptos técnicos esenciales los cuales permitirán comprender de mejor manera el desarrollo de este proyecto, de igual forma se plantea sobre estos conceptos una breve explicación del autor con la cual se pretende reforzar y ayudar a comprender de forma más clara y sencilla el contenido de este libro.

- Acondicionamiento acústico

El objetivo del acondicionamiento acústico busca conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo. Con ello se pretende mejorar las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno de una sala u oficina.⁸

“El acondicionamiento acústico busca mejorar la difusión y absorción del sonido tratando las superficies como paredes, techos, suelos y objetos para lograr un ambiente en el cual la inteligibilidad y la comunicación entre los trabajadores pueda entenderse de manera clara”.

Explicación del autor.

- Acústica

La acústica es una rama de la física encargada de estudiar la producción, transmisión, almacenamiento, percepción y reproducción del sonido, es decir este estudia de manera detallada las ondas sonoras que se propagan a través de una

⁸ CURSO DE ACÚSTICA acondicionamiento acústico [en línea] disponible en <http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/acaces/acaces.html>

materia, estas pueden ser en estado gaseoso, líquido o sólido, debido a que el sonido no se propaga en el vacío.⁹

“La acústica en este proyecto se verá representada en como la energía sonora se trasmite y se refleja a través de una superficie en determinado espacio”.

Explicación del autor.

- Absorción acústica

La absorción acústica (absorción del sonido), es la denominación común para referirnos a la capacidad que poseen todos los materiales para absorber una porción de la energía de las ondas sonoras cuando éstas inciden sobre ellos, reduciendo así la cantidad de energía sonora que es reflejada por el material.

Cuando las superficies de un recinto reflejan el sonido solo lo hacen parcialmente, un determinado porcentaje absorbe el sonido que incide sobre ellas. La absorción dependerá del tipo de material y el recubrimiento de las superficies. Habíamos visto que la emisión del sonido lleva consigo energía, lo cual lleva a definir el coeficiente de absorción sonora α (alfa) como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente.

Figura 6. Coeficiente de absorción acústica.

$$\alpha \text{ (coeficiente de absorción)} = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía Incidente}}$$

Fuente: Acústica arquitectónica, Jorge Salinas.

⁹ CONCEPTO DEFINICIÓN acústica [en línea] disponible en <http://conceptodefinicion.de/acustica/>

El coeficiente de absorción sonora tiene una gran importancia en el comportamiento acústico de un ambiente. Por esta razón se han medido y tabulado los coeficientes de absorción para varios materiales y objetos. Generalmente los materiales duros como el hormigón o el mármol son muy reflectores y por lo tanto poco absorbentes del sonido, y en cambio las materiales blandos y porosos, como la lana de vidrio, son poco reflectores y por consiguiente muy absorbentes

“Según las propiedades de cada material existe un coeficiente que mide el grado de absorción de energía de sonido que choca sobre la superficie revestida, esto quiere decir que según sean las características de dichos materiales puede absorberse en mayor o en menor cantidad la energía del sonido”.

Explicación del autor.

- Contaminación acústica

Se le llama contaminación acústica o contaminación sonora al exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños en la calidad de vida de las personas si no se controla bien o adecuadamente.

Según la ley española 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, define la contaminación acústica como:

“Presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”.

“La contaminación acústica en las oficinas de trabajo no se presenta por índices elevados de ruido, sino por la transferencia de sonido, es decir, la superposición de las palabras, el eco o reverberación que existe en un ambiente normal de trabajo en donde mantiene la comunicación activa entre los trabajadores”.

Explicación del autor.

- Ruido

La directiva europea 2002/49/CE, evaluación y gestión del ruido ambiental, transpuesta a la legislación española por la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, define el ruido ambiental como el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario, y aéreo y por emplazamiento de actividades industriales.

Figura 7. Sonido vs Ruido.



Fuente: Acústica integral- Soundproofing.

El ruido es por tanto un caso particular del sonido, una emisión de energía originada por un fenómeno vibratorio que es detectado por el oído y provoca una sensación de molestia. Se entiende por **ruido** aquel sonido **No deseado**.

- Según la RAE (Real Academia de la Lengua española) define el ruido como:

“Sonido inarticulado, por lo general desagradable”.

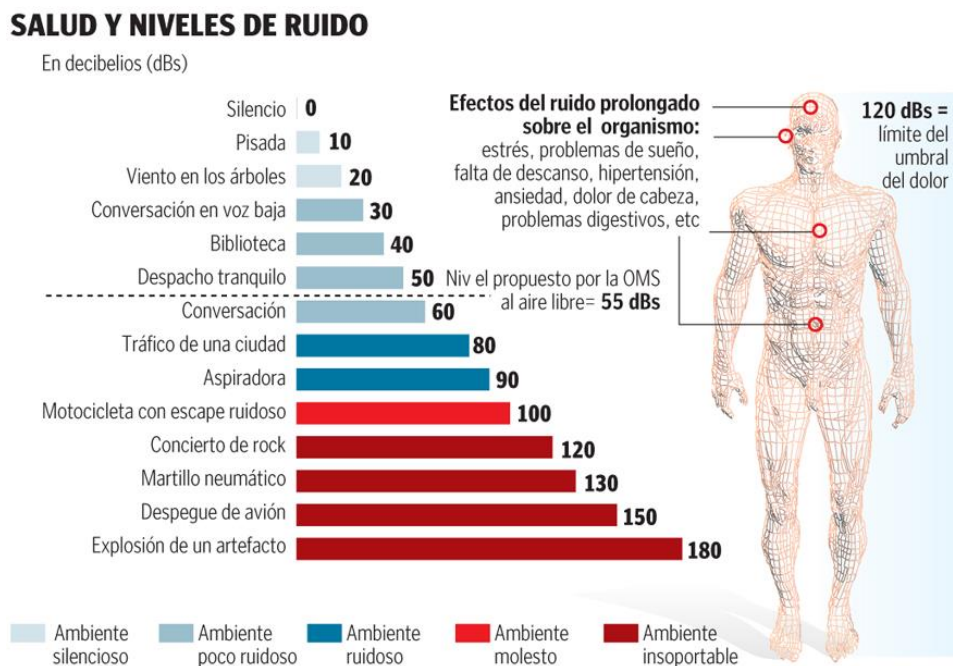
- Para la OMS (Organización Mundial de la Salud) define como ruido como:

“Cualquier sonido superior a 65 decibelios”¹⁰

El ruido está integrado por dos componentes de igual importancia, una integrante puramente **física** (el sonido, magnitud física perfectamente definida) y otra integrante de carácter **subjetivo** que es la sensación de molestia.¹¹

Algunos ejemplos de ruidos y sus niveles son:

Figura 8. Salud y niveles de ruido.



Fuente: Organización Mundial de la Salud.

¹⁰ CONTAMINACION ACUSTICA. La contaminación acústica [en línea] disponible en: <http://contaminacionacustica.net/la-contaminacion-acustica/>

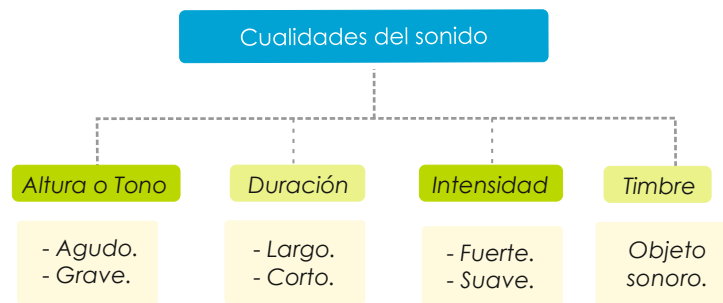
¹¹ FCEIA Criterios sobre ruido de la organización mundial de la salud [en línea] disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omscrit.htm>

- Sonido

El sonido es un fenómeno físico que estimula el sentido del oído, también es conocido como la manera particular de sonar que tiene determinada cosa. Las vibraciones que producen los cuerpos materiales al ser golpeados o rozados se transmiten por un medio elástico, donde se propagan en forma de ondas y al llegar a nuestros oídos, producen la sensación sonora.

Un sonido se diferencia de otro por sus características de percepción, las cuales con su **intensidad** (fuerza con que se percibe), puede ser fuerte o débil; su **tono** (marca la frecuencia o número de vibraciones por segundo que produce el cuerpo que vibra), puede ser grave o agudo; y por último, su **timbre** (calidad que nos permite distinguir entre dos o más sonidos producidos por distintas fuentes sonoras).¹²

Figura 9. Cualidades del sonido.



Fuente: Ministerio de educación, cultura y deporte.

“Como factor importante el sonido es al que se pretende acondicionar, a pesar de que el sonido es agradable al oído, factores como los mencionados en la gráfica anterior logran mostrar que según sea su cualidad pueden llegar a convertirse incómodos, aunque no excedan los decibeles según los cuales se define el sonido”.

Explicación del autor.

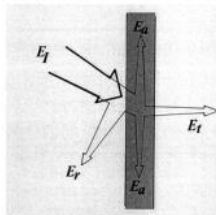
¹² CONCEPTO DEFINICION Sonido [en línea] disponible en: <http://conceptodefinicion.de/sonido/>

- Transmisión del sonido

Cuando el sonido incide sobre una superficie, este es reflejado, absorbido y transmitido por esa superficie.

El sonido se detiene debido a la interposición de una barrera separadora. La absorción acústica se refiere a la amortiguación de las reflexiones en el interior de una pieza arquitectónica y producto. Al amortiguar las reflexiones, se obtiene una impresión sonora menos resonante y más agradable.¹³

Figura 10. Transmisión del sonido.



$E_i = E_r + E_a + E_t$
Donde:
 E_i : Energía sonora incidente
 E_r : Energía sonora reflejada
 E_a : Energía sonora absorbida
 E_t : Energía sonora transmitida

Fuente: Dos Lourdes.

“Es el camino por el cual el sonido transita para llegar al oído de los receptores, en este caso el medio de transmisión de sonido es el aire, en donde las ondas sonoras circulan hasta llegar a chocar y reflejarse o absorberse en una superficie”.

Explicación del autor.

- Propagación del sonido

¹³ MATERIALES ANDIMAT Soluciones de aislamiento acústico [en línea] disponible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf>

La propagación del sonido se debe a la transmisión del movimiento de una molécula de aire a sus vecinas. Es así como, el sonido al propagarse en exteriores sufre una disminución en sus niveles al aumentar la distancia entre la fuente y el receptor, debido a mecanismos de atenuación y efectos atmosféricos. Se diferencian dos tipos de fuentes sonoras: puntuales y lineales. Las primeras hacen referencia a fuentes que concentran toda su potencia sonora en un punto y la propagación de sus ondas se extiende uniformemente en todas las direcciones, reduciendo su amplitud a medida que se alejan de la fuente mientras que las fuentes sonoras lineales son aquellas cuyas dimensiones transversales son pequeñas comparadas con la longitud de onda del sonido irradiado.¹⁴

“Cuando el sonido es emanado por una fuente, éste adquiere una velocidad con la que viajan las ondas las cuales entre mayor distancia tomen, su intensidad va a disminuir hasta que logre expandirse totalmente en el medio”.

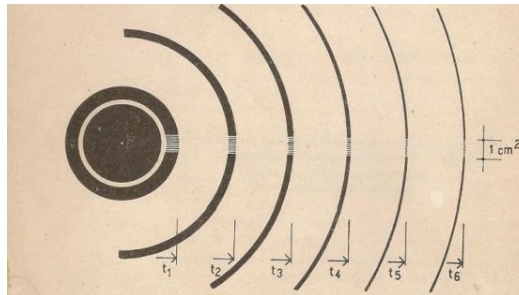
Explicación del autor.

- Intensidad sonora

Se denomina Intensidad sonora a la cantidad de energía contenida por unidad de superficie. La energía se propagará en forma esférica y a medida que el radio de cada esfera aumenta su concentración será cada vez menor. La intensidad sonora viene asociada con parámetros de potencia sonora y presión sonora. La primera está relacionada a la fuente y es la cantidad de energía liberada por la misma en una unidad de tiempo. La segunda se produce cuando dicha energía al generar desplazamientos, provocan variaciones alternas en la presión estática del medio en el cual transcurre.

¹⁴ ZULUAGA ECHEVERRY Claudia Lucía Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado [en línea] disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2027/1/32106032.2009.pdf>

Figura 11. Intensidad sonora.



Fuente: Acústica arquitectónica, Jorge Salinas.

Para poder efectuar su medición se recurre a una magnitud utilizada en otros campos de la física llamada decibel (dB), que lo que establece no son unidades de medida sino niveles. La mayoría de los niveles en lo que respecta al campo del sonido, han sido tabulados tomando como extremos dos límites de sensibilidad auditiva, uno inferior o umbral de sensación auditiva y un superior o umbral del dolor.

“Se define como la cantidad de energía sonora que sale desde la fuente siendo diferente en cada sección de espacio hasta llegar a chocar en una superficie”.

Explicación del autor.

- Eco

El fenómeno más sencillo que tiene lugar en un ambiente con superficies reflectantes del sonido es el eco, consistente en una única reflexión que retorna al punto donde se encuentra la fuente unos 100 ms (o más) después de emitido el sonido. Se deduce que para tener un eco la superficie más próxima debe estar a unos 17 m. Cuando hay dos paredes paralelas algo distantes se puede producir un eco repetitivo.

“Cuando el sonido se refleja al emisor, pero ésta ya ha terminado su primera exposición”.

Explicación del autor.

- Reflexiones tempranas

Cuando una fuente sonora está rodeada por varias superficies (pisos, paredes, techos) y esta emite el sonido, un oyente recibirá el sonido directo y también el reflejado en cada una de las superficies. A las primeras reflexiones recibidas se las denomina reflexiones tempranas. Cuando los ambientes no son muy grandes, las reflexiones producidas están bastante cercanas en el tiempo unas de otras, pero no llegan a ser percibidas como eco.

“Consiste en el primer sonido o reflexión recibido por el oído sin haber chocado con alguna superficie”.

Explicación del autor.

- Reverberación

Cuando las ondas sonoras chocan contra un obstáculo, una parte es absorbida y otra parte se refleja, avanzando de nuevo con menos energía. Pueden volver a chocar, perdiendo más energía y avanzando de nuevo. El sonido que recibe el trabajador será la combinación entre el sonido del choque inicial y los reflejos que se siguen produciendo, aunque el foco haya dejado de emitir.

El tiempo de reverberación (TR), para una frecuencia dada, se define como el tiempo necesario (en segundos) para que el nivel de presión acústica disminuya 60 dB una vez suprimido el foco que lo origina. Este tiempo va a depender de la geometría del espacio u objeto, de sus materiales, etc.

Si el TR es muy prolongado se seguirán oyendo los sonidos anteriores cuando aparezcan los nuevos, provocando distorsiones que perjudican la inteligibilidad de la palabra. Además, tiende a producirse un aumento del nivel del ruido ambiente.

Si el TR muy corto los sonidos suenan débiles, sobre todo si se está lejos de la fuente.¹⁵

“En oficinas de trabajo la reverberación se vuelve frecuente debido a que en la mayoría de estos recintos los espacios son cerrados, lo que hace que el sonido choque repetitivamente en las superficies provocando eco o superposición entre las palabras dificultando la inteligibilidad de las palabras”.

Explicación del autor.

- **Formula de Sabine**

La cantidad de energía absorbida por una superficie depende de su tamaño y del material de que este contruida. Estas dos características se combinan en una cantidad denominada area de absorcion efectiva, A-ef que se define como el producto de su area real por el coeficiente de absorcion, el coeficiente de absorcion de los materiales depende de la frecuencia, por lo que el tiempo de reverberacion tambien.

La otra cantidad que afecta al decrecimiento del sonido es la rapidez con la que la energía sonora llega hasta las paredes antes de ser reflejada o absorbida. Esto d ependee de la intensidad del sonido ambiente, que a su vez depende del volumen de la sala, V.¹⁶

Figura 12. Formula de sabine.

¹⁵ ALVAREZ BAYONA Teresa Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación [en línea] disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

¹⁶ EHU tiempo de reverberación [en línea] disponible en: <http://www.ehu.eus/acustica/espanol/salas/tires/tires.html>

$$TR_{60} = \frac{0.161 V}{A}$$

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

Fuente: Acustica integral.

- Energía sonora

Es la energía que transmiten o transportan las ondas sonoras. Cuanta más energía posea un sonido, más molestia provoca. Se mide con el “nivel de presión sonora”.

“Lo que se busca al encontrar un material absorbente, es que al momento en que las ondas sonoras choquen sobre esta superficie la cantidad de presión sonora por onda reflejada disminuya”.

Explicación del autor.

- Tiempo de exposición

A iguales niveles de ruido, la molestia aumenta con el tiempo que dura la exposición (a mayor duración mayor molestia).

“Cuando no existe un acondicionamiento acústico sobre las superficies o revestimientos las ondas sonoras chocaran múltiples veces manteniendo su presión y el tiempo de exposición, hasta que logre ser conducida y transformada en energía mecánica, de lo contrario su tiempo en el aire aumentará”.

Explicación del autor.

3. METODOLOGÍA Y DIAGRAMA DE GANTT

En el desarrollo de este proyecto se implementó una metodología propuesta por el autor, la cual está compuesta por cuatro etapas para su proceso de desarrollo y cada una de ellas consta de diferentes actividades que se deben llevar a cabo para el cumplimiento de los objetivos mencionados al inicio de este proyecto. A continuación, se plantea de forma detallada cada una de ellas.

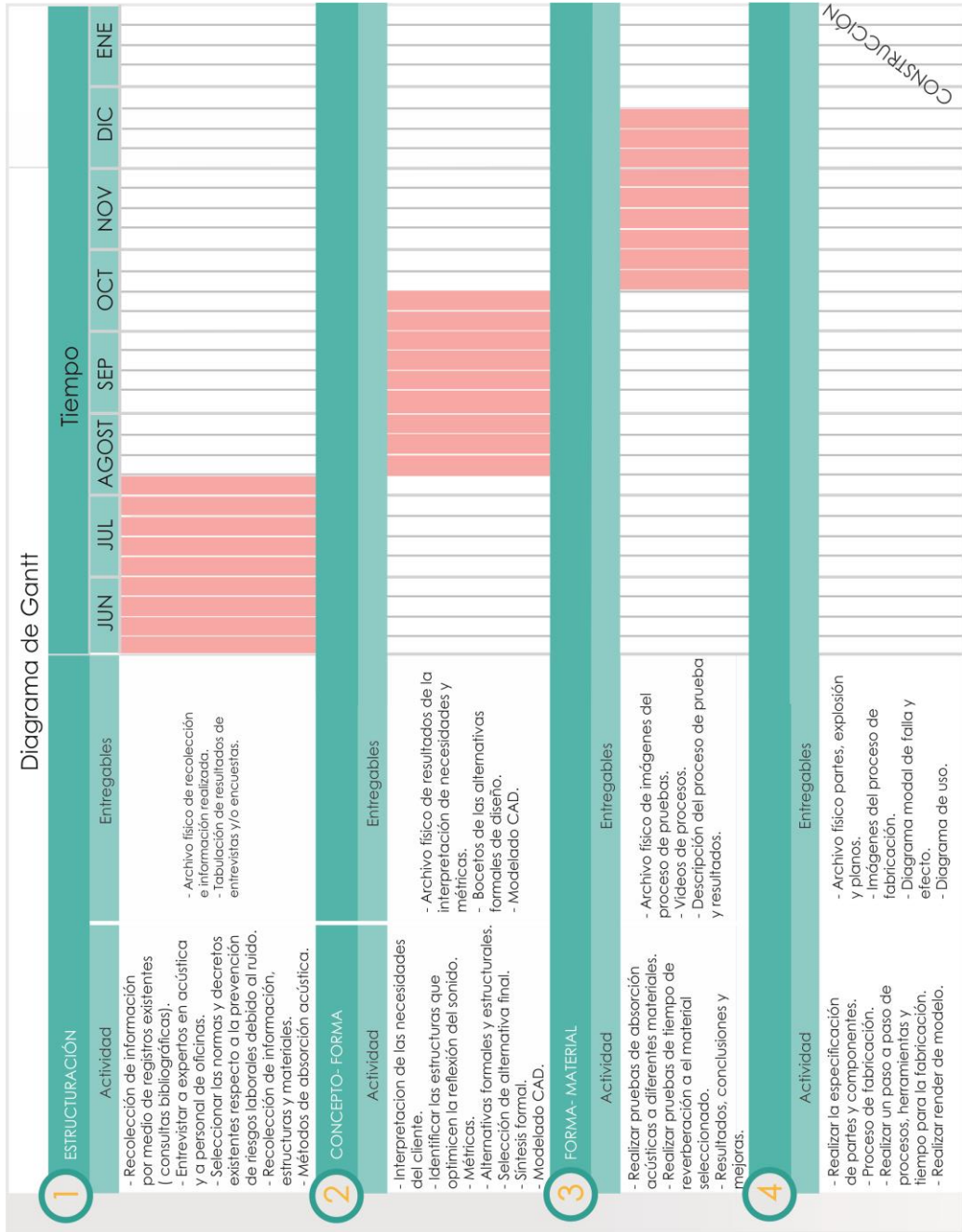
Figura 13. Metodología de desarrollo del proyecto.

Metodología

1 ESTRUCTURACIÓN		
Actividad	Entregables	Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Recolección de información por medio de registros existentes (consultas bibliográficas). - Entrevistar a expertos en acústica y a personal de oficinas. - Seleccionar las normas y decretos existentes respecto a la prevención de riesgos laborales debido al ruido. - Recolección de información, estructuras y materiales. - Métodos de absorción acústica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo físico de recolección de información realizada. - Tabulación de resultados de entrevistas y/o encuestas. 	<p>Objetivo 1. Objetivo 2.</p>
2 CONCEPTO- FORMA		
Actividad	Entregables	Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Interpretación de las necesidades del cliente. - Identificar las estructuras que optimicen la reflexión del sonido. - Métricas. - Alternativas formales y estructurales. - Selección de alternativa final. - Síntesis formal. - Modelado CAD. 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo físico de resultados de la interpretación de necesidades y métricas. - Bocetos de las alternativas formales de diseño. - Modelado CAD. 	<p>Objetivo 3</p>
3 PRUEBAS TÉCNICAS		
Actividad	Entregables	Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar pruebas de absorción acústicas a diferentes materiales. - Realizar pruebas de tiempo de reverberación a el material seleccionado. - Resultados, conclusiones y mejoras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo físico de imágenes del proceso de pruebas. - Videos de procesos. - Descripción del proceso de prueba y resultados. 	<p>Objetivo 4</p>
4 CONSTRUCCIÓN Y DETALLE		
Actividad	Entregables	Entregables
<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la especificación de partes y componentes. - Proceso de fabricación. - Realizar un paso a paso de procesos, herramientas y tiempo para la fabricación. - Realizar render de modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Archivo físico partes, explosión y planos. - Imágenes del proceso de fabricación. - Diagrama modal de falla y efecto. - Diagrama de uso. 	<p>Objetivo 5</p>

Para el siguiente diagrama de Gantt se incluyen las actividades y entregables a realizar, planificando y verificando que se cumpla con el tiempo de entrega estipulado para la finalización del proyecto de modelo de práctica empresarial.

Figura 14. Diagrama de Gantt.



4. ESTRUCTURACION

4.1. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Las especificaciones del producto dependerán de las partes involucradas (usuarios, expertos y propietarios de la empresa) así como también del estudio del análisis de lo existente o del tipo de producto que se ofrece en el mercado respecto al problema de la contaminación e interferencia del sonido en áreas de oficina.

Para identificar las especificaciones del producto se desarrollará la metodología del libro “Diseño y desarrollo de producto. Karl T. Ulrich- Capitulo 5. Identificación de las necesidades del cliente”.

Para la identificación de las necesidades/ requisitos de los usuarios, expertos y propietarios se tendrá en cuenta el siguiente orden:

1. Recopilación de datos.
2. Interpretación de los datos recopilados en términos de necesidades/requisitos.
3. Organización de las necesidades/ requisitos en una jerarquía de necesidades primarias, secundarias y llegado el caso terciarias.
4. Reflexión acerca de los resultados.

4.1.1. Recopilación de datos. Esta etapa será dividida en dos partes; la primera en la cual se realizará un modelo de encuesta a los usuarios de oficinas buscando obtener respuestas precisas acerca de cómo afecta la contaminación e inferencia del sonido y llegado el caso, como esta ha sido resuelta.

En segundo lugar, será la realización de dos modelos de entrevista en la cual se tendrá en cuenta en primera medida a los expertos para obtener respuestas claras y verídicas respecto a los métodos de absorción y reverberación del sonido en oficinas de trabajo, y de igual manera se realizará una entrevista/ encuesta a los propietarios de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda quienes direccionaran el proyecto según los requerimientos que tengan acerca de cómo desean ver proyectado este tipo de panel de absorción acústica en su empresa.

Entrevistas/ Encuestas (ver anexo A).

4.1.2. Interpretación de datos -usuarios.

Figura 15. Interpretación de datos- usuarios.

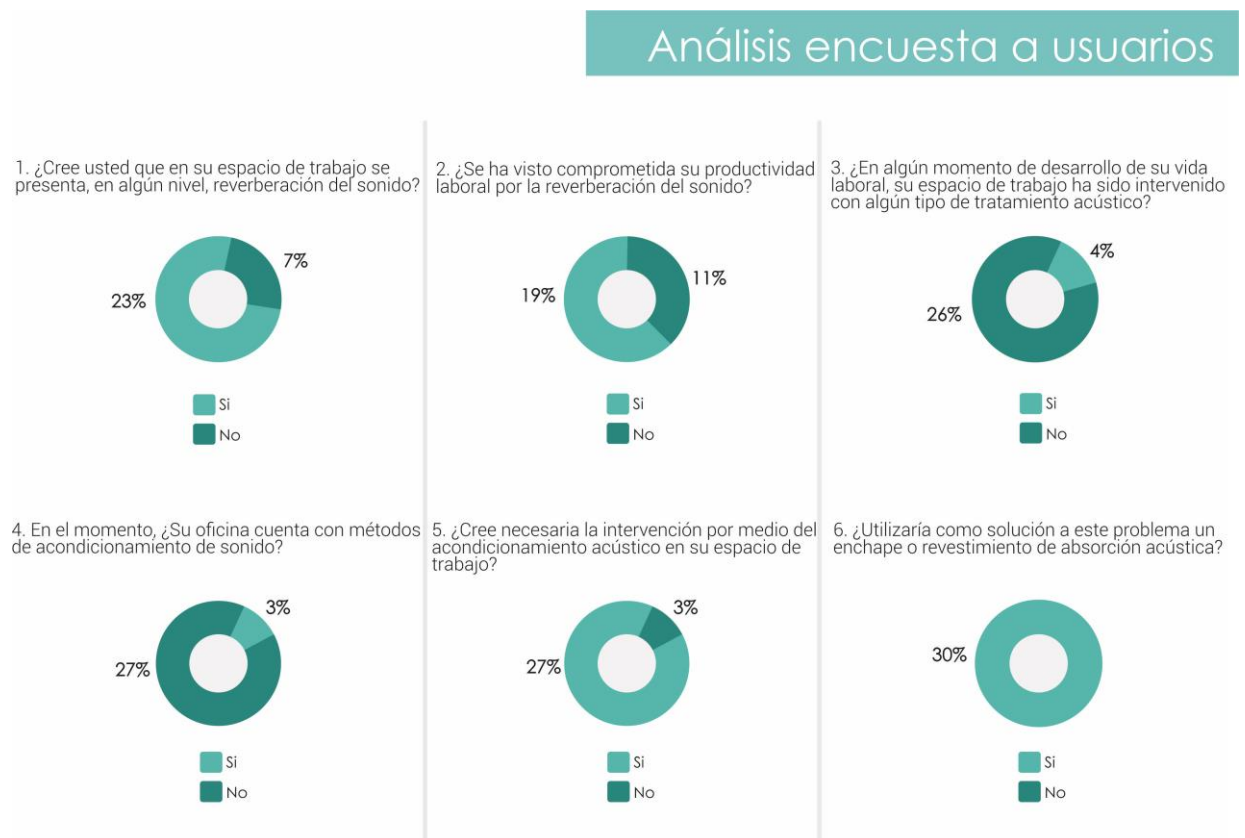


Figura 16. Interpretación de datos- usuarios.

Análisis encuesta a usuarios

7. ¿En qué porcentaje de área, para usted sería considerable intervenir su oficina, con un producto de enchape de absorción acústica?

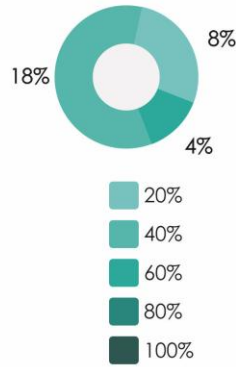


Figura 1

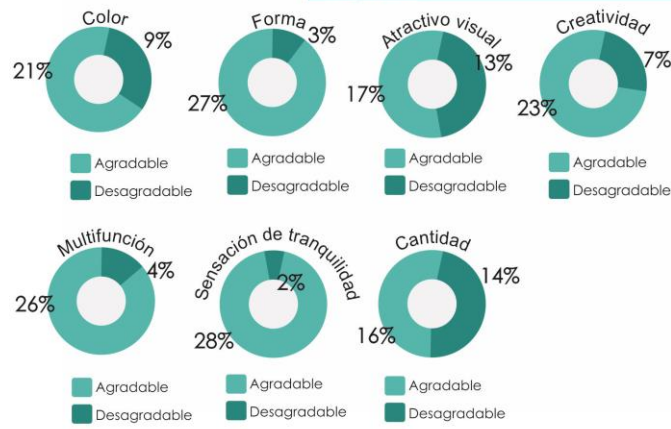


Figura 2

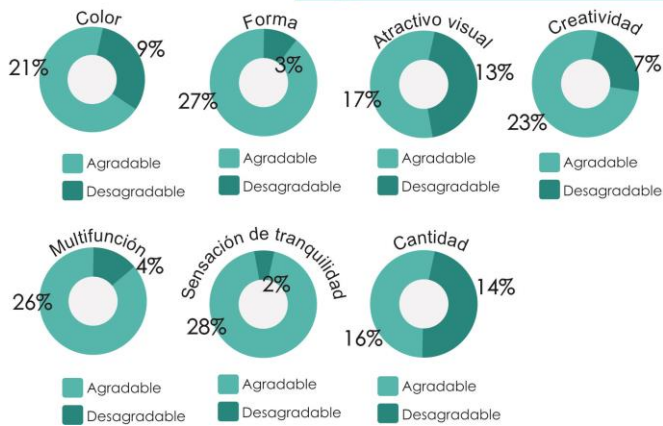


Figura 17. Interpretación de datos- usuarios.

Análisis encuesta a usuarios

Figura 3

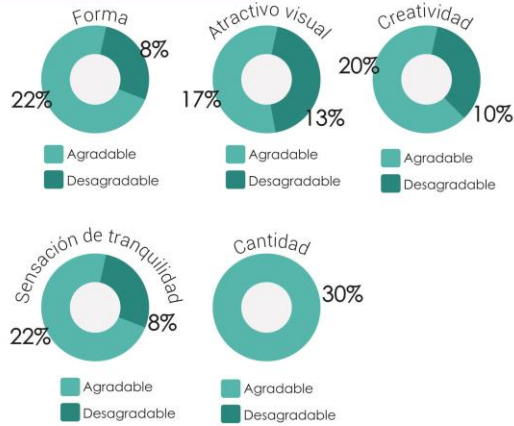


Figura 5

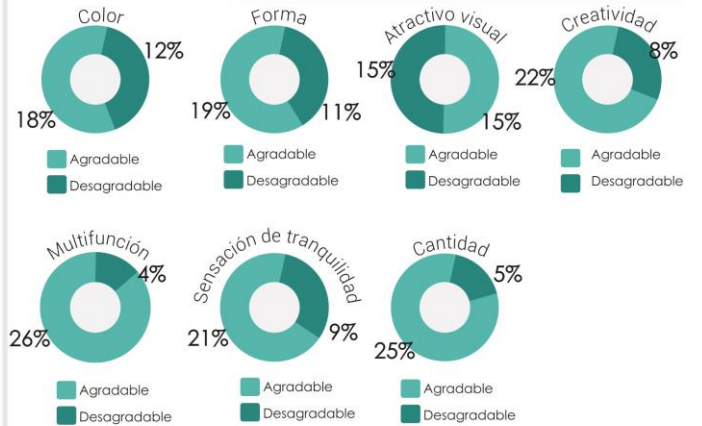


Figura 4

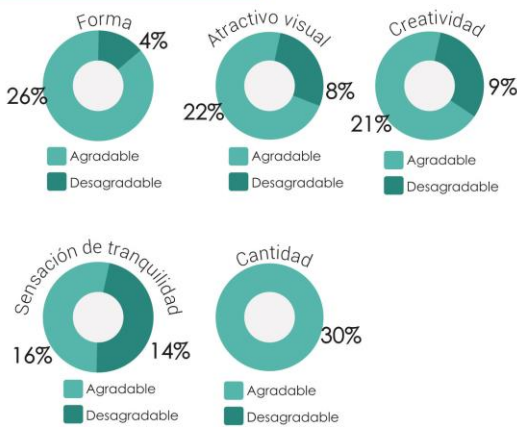
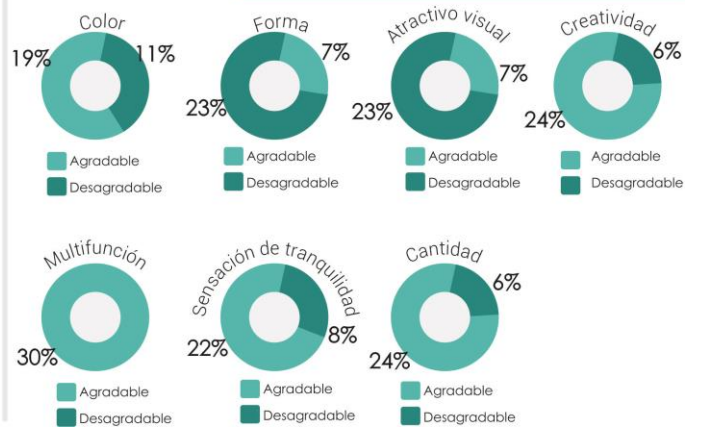


Figura 6



A continuación, se presenta la organización jerárquica que está formada por un conjunto de necesidades primarias y secundarias generadas por las opiniones de los usuarios a quienes se les realizaron las encuestas. Dichas necesidades fueron basadas en la parte formal y estética que deseaban visualizar en el panel, teniendo en cuenta que la funcionalidad sea por medio de la estructura o material ya estaría incorporada.

De tal forma que el orden de importancia de las características mencionadas en la siguiente tabla fueron seleccionadas a partir de la tabulación a las respuestas de las entrevistas ya realizadas.

Tabla 1. Organización jerarquica -usuarios.

No.	Características	Importancia					
		Fig 1.	Fig 2.	Fig 3.	Fig 4.	Fig 5.	Fig 6.
1	Atractivo visual	2	4	3	1	5	6
2	Color	1	6	5	4	3	2
3	Cantidad	6	5	1	2	3	4
4	Forma	1	5	3	2	4	6
5	Sensación de tranquilidad	1	6	2	5	4	3
6	Creatividad	2	6	5	4	3	1
7	Multifunción	2	6	5	4	3	1
TOTAL:		15	38	24	22	25	23

Teniendo en cuenta los resultados, el panel que mas atrajo a los usuarios respecto a las características presentadas anteriormente es el de la figura 1 (ver en anexo A), y el porcentaje de area a utilizar por el panel en los espacios de oficina sobre una pared es de un 40% sobre el total de la superfcie.

4.1.3. Interpretación de datos –propietarios.

Figura 18. Interpretación de datos –propietarios.



En esta sección, se tuvo en cuenta los aportes y entrevistas realizadas a el Sr. Mauricio Vega y Sra. Stella Sepulveda, dueños de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda y a su vez profesionales en el área de diseño industrial. Para este proceso según los resultados de las tabulaciones se establece el orden de importancia que según sus criterios eran necesarios tener en cuenta en el proceso de diseño.

Tabla 2. Organización jerárquica -propietarios.

No.	Características	Importancia					
		Fig 1.	Fig 2.	Fig 3.	Fig 4.	Fig 5.	Fig 6.
1	Atractivo visual	1	6	2	4	3	5
2	Color	1	6	3	4	5	6
3	Cantidad	4	6	2	5	1	3
4	Forma	1	5	2	4	3	6

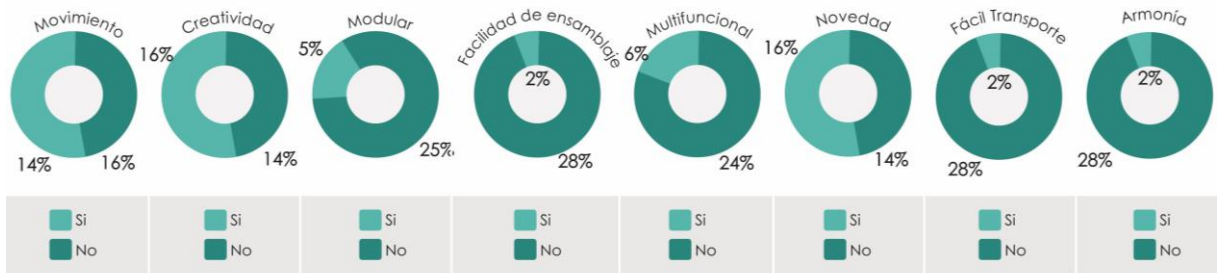
5	Sensación de tranquilidad	1	6	3	4	2	5
6	Creatividad	1	6	2	4	3	5
7	Multifunción	3	6	2	4	5	1
TOTAL:		12	41	16	29	22	31

Según los resultados, el panel con mayor atractivo para los propietarios de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda es el de la figura 1. A su vez consideraron factores como, facilidad de producción, maquinaria y procesos ya incluidos en la área de fabricación de la empresa, tiempos de fabricación y la posibilidad que el panel pudiera adecuarse en diferentes espacios como necesidades a incluir en el proceso de diseño y construcción del panel.

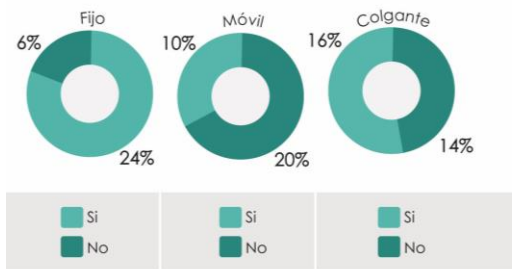
4.1.4. Análisis del estado de arte. A partir de 30 empresas internacionales identificadas líderes en productos acústicos, se presenta a continuación un análisis de las características más relevantes que tienen en común y que intervienen en los paneles de absorción acústica.

Figura 19. Análisis del estado del arte.

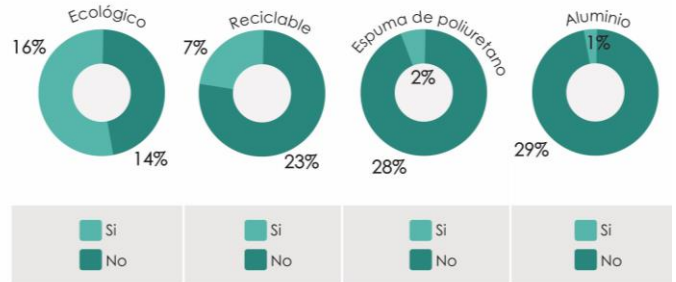
Análisis del Estado de arte



Presentaciones



Materiales



A partir de los resultados del análisis de lo existente se concluye un orden de las características más importantes que están incluidas en los productos ya comercializados por dichas empresas. Tales características tanto del análisis del estado de arte, como de la encuesta a propietarios y usuarios estarán incluidas en la interpretación de necesidades y métricas que se han de establecer a lo largo de este proyecto.

También ha de tenerse en cuenta la inclusión de nuevas necesidades encontradas a lo largo de la investigación, tanto de funcionalidad en la absorción de sonido como en procesos de fabricación por la empresa entre otros.

4.2. INTERPRETACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL CLIENTE

A continuación, según las entrevistas realizadas a usuarios y propietarios, se establecen una serie de necesidades deben ser suplidas por medio del panel de absorción acústica (PDAA) ayudando a lograr el desarrollo de un modelo funcional lo más cercano a obtener un producto que satisfaga las necesidades del cliente. Este modelo de interpretación de necesidades del cliente está tomado del libro *Diseño y desarrollo del producto de Karl T Ulrich capítulo 5*¹⁷, y ha sido adaptado según los criterios del autor.

Tabla 3. Interpretación de las necesidades.

Pregunta/ Sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
¿Existe reverberación del sonido en el área de trabajo?	- Si, se escucha un eco al hablar	- El PDAA reduce el eco/reverberación en el área de trabajo.
¿Su productividad se ha visto comprometida?	- Si, se vuelve más tedioso cuando son varias voces.	- El PDAA no permite por su estructura formal la reflexión de las ondas sonoras disminuyendo la reverberación.
En algún momento, ¿Su espacio de trabajo ha sido intervenido?	- No, creo que este tipo de acondicionamiento es un proceso largo y puede frenar el trabajo de las oficinas.	- El PDAA es práctico en su proceso de instalación y desinstalación. - El PDAA es de fácil ensamblaje. - El PDAA cuenta con un número de módulos reducido.

¹⁷ https://issuu.com/carolinae6/docs/dise_o_y_desarrollo_de_productos_5

Pregunta/ Sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
<p>En el momento, ¿su oficina cuenta con métodos de acondicionamiento?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No, se vuelve una necesidad, pero en el mercado no se encuentran productos terminados, la mayoría de veces solo se encuentran las espumas y solo personas que sepan modo de instalación deben colocarlas. - (Estas espumas solas no se ven agradables puestas sobre la pared). 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA está elaborado de materiales que permiten excelentes acabados. - El PDAA es percibido como atractivo visual en el área de oficina. - El PDAA proporciona comodidad, gusto y orgullo en los usuarios. - El PDAA no requiere especialistas para su instalación.
<p>¿Cree necesaria la intervención?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Si, aunque no deseamos que deban ser muchos enchapes por el desorden y luego si los queremos quitar se vuelve complicado y puede suceder que se dañe mucho la pared con lo que se adhiere a ella. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA permite su instalación y desinstalación sin causar daño estructural en la superficie. - El PDAA permite que los módulos deteriorados puedan ser cambiados o remplazados de manera sencilla. - El PDAA une sus módulos por medio de empalmes sencillos. - Con el PDAA el área de instalación es menor que el de su propia superficie.

Pregunta/ Sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
¿Utilizaría como solución un panel de absorción?	<ul style="list-style-type: none"> - Si, solo que no desearía tener que estar cambiando cada ciertos meses el enchape. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA está fabricado con materiales resistentes a las condiciones del paso del tiempo.
¿Cuál sería el porcentaje de área a utilizar sobre la superficie pared?	<ul style="list-style-type: none"> - No deseo que me llenen toda la pared con paneles/ enchapes, solo una porción. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA permite cubrir solo las áreas que el usuario desee. - El PDAA permite tener la apariencia de unidad así posea más de un tipo de modulo.
Color	<ul style="list-style-type: none"> - No me gustaría que su color se perdiera a medida del tiempo. - Que no sean tantos colores. - Preferiría que no fueran tan intensos, pero si vivos, que no lleguen a aburrir. - Sería bueno que estos colores interfieran sobre el estado de ánimo de los trabajadores. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA está elaborado a partir de la tonalidad media de la paleta de colores. - Los colores del PDAA están basados según las emociones o sensaciones que se generan en los usuarios.
Forma	<ul style="list-style-type: none"> - Según su forma no debe causar lesiones, ni para fabricarlo ni al cliente. - Algo no tan cargado. - Sencillo, que no se vuelva difícil de manipular. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA no causa lesiones durante o después de instalado. - El PDAA no causa lesiones durante el proceso de fabricación.

Pregunta/ Sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
	<ul style="list-style-type: none"> - Que no sean figuras tan rígidas. - Su elaboración no puede ser compleja al punto que su producción se vuelva difícil de realizar en la empresa. - Para la instalación, el proceso de transporte es esencial para que se mantenga en excelentes condiciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA no genera percepción de pesadez en las áreas de trabajo. - El PDAA es fabricado con procesos y tecnología que una persona no versada en la materia no tendría dificultad para producirlo. - El PDAA posee un sistema de protección que permite facilidad de almacenaje y transporte.
Atractivo visual	<ul style="list-style-type: none"> - Sería bueno que no solo se pudiera colocar sobre la pared sino también colgar, como un separador de espacios. - Quisiera que yo pudiera variar su disposición según como me guste. - Recordar que son oficinas y su atractivo visual debe volcarse a algo moderado. - Intentar que siempre mantenga su acabado. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA posee un bastidor o estructura que permite utilizarlo de manera colgante como separador de espacios. - El PDAA permite periódicamente ajustar su configuración según el gusto del cliente. - El PDAA es de percepción sobrio.
Creatividad	<ul style="list-style-type: none"> - No deseamos nada que pueda ser producido por otros. 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA tiene su proceso de marca de producto.
Multifunción	<ul style="list-style-type: none"> - Aparte de absorber el sonido que se vea 	<ul style="list-style-type: none"> - El PDAA está diseñado para adecuarse a

Pregunta/ Sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
	agradable puesto en la oficina. - Debe tenerse en cuenta que el diseño de todas las oficinas no son iguales pero debe funcionar para todas.	diferentes espacios arquitectónicos.
Sensación de tranquilidad	- Considero que todas las alternativas tienen exceso de paneles. - No me gusta la fig. 2 y la 4 porque a percepción se ve que pesan mucho.	- El PDAA genera percepción de liviandad/peso.
Nota propietarios	- Reducir el impacto ambiental.	- El PDAA está elaborado a partir de materiales ecológicos.

4.3. MÉTRICAS.

A partir de las necesidades interpretadas se plantea una métrica para cada una de ellas, las cuales permitirán establecer un rango a partir del cual se debe trabajar el panel de absorción acústica obteniendo un modelo funcional lo más cercano a un producto ideal.

Este modelo de diagrama de métricas está tomado del libro *Diseño y desarrollo del producto de Karl T Ulrich* y ha sido adaptado según la apreciación del autor, buscando obtener mejores resultados del panel de forma anticipada.

Tabla 4. Métricas.

No	Necesidad	Métrica	Unidades	Valor Marginal	Valor Ideal
1.	El PDAA reduce el eco/reverberación en el área de trabajo.	Tiempo	Seg.	0.7	0.4 a 0.6
2.	El PDAA absorbe el sonido	Coefficiente (alfa)	Adimensional	0.60	1
3.	El PDAA permite por su estructura formal la disminución en la reflexión de las ondas sonoras.	Cuñas anecoicas	Grados.	60°	90°
4.	El PDAA está elaborado a partir de materiales ecológicos.	Material	---	-Fibra de madera. - Espuma poliéster. - Filtro de lana. - Textil.	---
5.	El PDAA es práctico en su proceso de instalación y desinstalación.	Tiempo	Min.	30	15
6.	El PDAA es de fácil ensamblaje.	Número de pasos	---	6	3
7.	El PDAA cuenta con un número de módulos reducido.	Número de módulos	---	4	1
8.	El PDAA está elaborado con una variedad de materiales que permiten excelentes acabados.	Acabados	---	Lizos Porosos	---
9.	El PDAA es percibido como atractivo visual en el área de oficina.	---	---	---	---

No	Necesidad	Métrica	Unidades	Valor Marginal	Valor Ideal
10.	El PDAA proporciona comodidad, gusto y orgullo en los usuarios.	Tamaño	m	1-2	1.5
11.	El PDAA no requiere especialistas para su instalación.	---	---	---	---
12.	El PDAA permite su instalación y desinstalación sin causar daño estructural en la superficie.	Puntos de adhesión a la pared	---	2	1
13.	El PDAA permite que los módulos deteriorados puedan ser cambiados o reemplazados de manera sencilla.	Número de pasos	---	6	3
14.	El PDAA une sus módulos por medio de empalmes sencillos.	---	---	---	---
15.	Con el PDAA el área de instalación es menor que el de su propia superficie.	Área	M2	1/6 de la superficie del módulo.	¼ de la superficie del módulo.
16.	El PDAA permite cubrir solo las áreas que el usuario desee.	Área de la superficie	Porcentaje	> 40% <60%	40%
17.	El PDAA permite tener la apariencia de unidad así posea más de un tipo de modulo.	Coherencia formal	---	---	---
18.	El PDAA cuenta con un mínimo de colores.	Color	---	3	2
19.	Los colores del PDAA están basados según las emociones o sensaciones	---	---	---	---

No	Necesidad	Métrica	Unidades	Valor Marginal	Valor Ideal
	que se generan en los usuarios.				
20.	El PDAA no causa lesiones durante o después de instalado.	Puntas redondeadas	cm	2-8	4
24.	El PDAA no causa lesiones ni durante o después de producirlo.	---	---	---	---
25.	El PDAA es fabricado con procesos y tecnología que una persona no versada en la materia no tendría dificultad para producirlo.	---	---	---	---
26.	El PDAA posee un bastidor o estructura que permite utilizarlo de manera colgante, divisor y de piso.	Tipo de estructura	---	3	2
27.	El PDAA permite periódicamente ajustar su configuración según el gusto del cliente.	---	---	---	
28.	El PDAA es de percepción sobrio.	---	---	---	
29.	El PDAA tiene su proceso de marca de producto.	---	---	---	
30.	El PDAA cuenta con etiquetado.	---	---	---	
31.	El PDAA está diseñado para adecuarse a diferentes espacios arquitectónicos de oficina.	---	---	---	

Según la investigación realizada se establece dos necesidades funcionales acústicas deberían ir incluidas sobre el panel, estas son, la estructura formal y el

material, siendo estos dos factores de esencial importancia en la cantidad de sonido que pueda llegar a ser absorbido por el panel.

Es decir, la absorción acústica no estaría dada solo por su estructura sino también por su material, de tal forma que, según sea el tipo de estructura se pueda lograr que la onda sonora choque en más de una ocasión y por ende la intensidad de la onda reflectada sea mucho menor. De igual manera es fundamental la identificación del material, logrando establecer entre los materiales absorbentes cual tendría mayor coeficiente de absorción según las frecuencias de onda.

4.4. IDENTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA FORMAL

Para determinar la estructura formal del panel, se investigó la forma más precisa con la cual la onda sonora chocaría repetidamente sobre una misma superficie, de manera que la intensidad con la que entro la onda se disminuya al momento de su salida. Para esto nos basamos en el libro acústica y sistemas de sonido en su capítulo 4 acústica arquitectónica¹⁸.

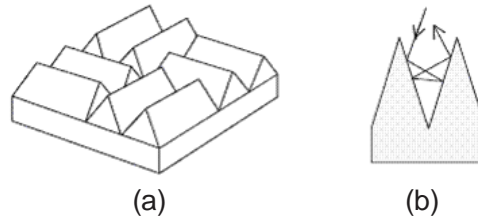
Entonces, “Cuanto más se presenten superficies desiguales internas o externas en un área más posibilidad hay para las ondas de sonido que choquen repetidamente y de esta manera su intensidad disminuya convirtiéndose en energía mecánica y calorífica”

De tal manera, la estructura de las cuñas anecoicas se comportan como una trampa de sonido, ya que el sonido que incide sobre la superficie de una cuña se refleja varias veces en esa cuña y en la contigua. El resultado es un aumento de la superficie efectiva de tres veces o más.¹⁹

¹⁸ <https://es.scribd.com/document/346165471/acustica-y-sistemas-de-sonido-federico-Miyara>

¹⁹ MARTINEZ TORIO Alexandra Materiales Absorbentes en Arquitectura Acústica [en línea] disponible en:

Figura 20. (a) Material absorbente con terminación superficial en cuñas anecoicas. (b) Mecanismo por el cual las cuñas anecoicas logran gran absorción sonora.



Fuente: Acusticaysistemasdesonido.com

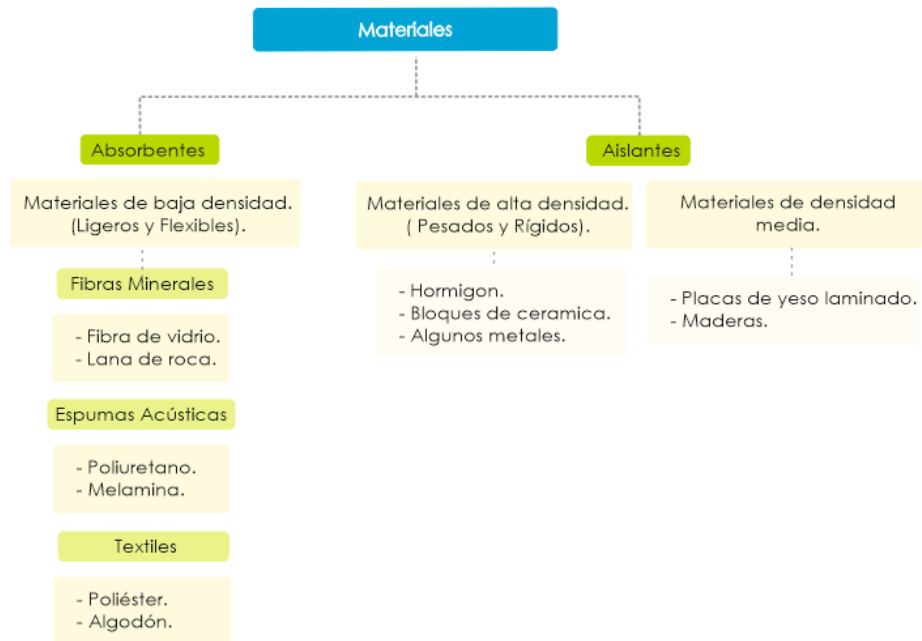
Es decir, para obtener mayor grado de absorción respecto a la forma, la estructura formal más eficaz es la que incluya cuñas anecoicas en su proceso de desarrollo de diseño y/o posea superficies desiguales en su forma, las cuales permitan que repetidamente la onda de sonido choque sobre la misma superficie.

4.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Para el proceso de identificación de los materiales es necesario aclarar que lo que se busca es la absorción de la onda sonora por medio del material, para de esta manera disminuir el tiempo de reverberación de una sala; más no, el aislamiento de sonido el cual actúa reflejando la onda sonora permitiendo que el sonido no salga de un espacio. De esta manera, a continuación, se presenta una serie de materiales absorbentes.

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

Figura 21. Materiales.



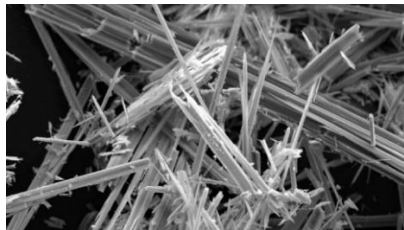
Fuente: *Skumaacoustics.com*.

4.5.1. Fibras.

MADERA AGLOMERADA

El aglomerado de madera es un material que se vende en tableros y está compuesto por partículas de madera de diferentes tamaños, unidas entre sí por algún tipo de resina, cola u otro material y posteriormente prensada a temperatura y presión controlada formando el tablero.

Figura 22. Fibra de madera aglomerada.



Fuente: *Infomaderas.com*

Aquí vemos diferentes tamaños de tableros de aglomerados. Se distinguen muy bien por las virutas de las que están formadas las planchas del tablero.

Su textura es irregular y porosa, por lo que regularmente los tableros no se compran "desnudos" sino que se les aplica finas láminas de chapa de madera o laminado plástico pegadas sobre su superficie para darles un buen terminado y que no se vean las virutas de madera.

Una estructura porosa como la de la madera, absorbe energía mecánica transportada por las ondas del sonido que se transforman en calor por el rozamiento, es decir, la madera por su composición porosa absorbe las ondas y las transforma, haciendo más difícil que la atraviesen y convirtiéndose por ello en buen aislante acústico.²⁰

POLIÉSTER.

Figura 23. Fibra de poliéster.



Fuente: Atescom.es

Los absorbentes de fibra de poliéster fueron productos innovadores, que rápidamente se convirtieron en los más utilizados. Existe una tendencia a sustituir a la lana de vidrio y lana de roca. El material de fibra de poliéster se fabrica en mantas con diferente densidad, espesor, composición y tratamiento de superficies. Es

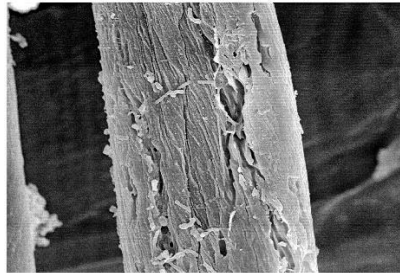
²⁰ MADEREA Porque la madera es un buen aislante acústico [en línea] disponible en: <https://www.maderea.es/por-que-la-madera-es-un-buen-aislante-acustico/>

constituido por una mezcla de dos diferentes tipos de fibras, en un porcentaje en función el tipo de producto: fibras de politereftalato de etileno, que van desde 70% a 80%; "bicomponente" fibras constituidas por un núcleo de revestimiento y un politereftalato de etileno de copoliéster, que van desde 30% a 20%.

LANA MINERAL O LANA DE ROCA

Lana mineral o lana de roca El concepto lana mineral, es sólo una denominación genérica para diferenciar los materiales plásticos de los minerales. Las lanas minerales son productos aislantes constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil.²¹

Figura 24. Fibra de lana mineral.

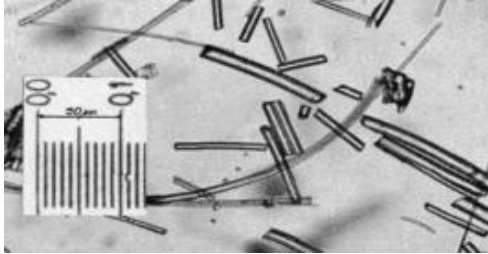


Fuente: Atescom.es

²¹ CASTILLO Joaquín COSTA Alejandro Características físicas de materiales absorbentes sonoros porosos [en línea] disponible en: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0412E1-Castillo-Costa.pdf>

FIBRA DE VIDRIO

Figura 25. Fibra de vidrio.



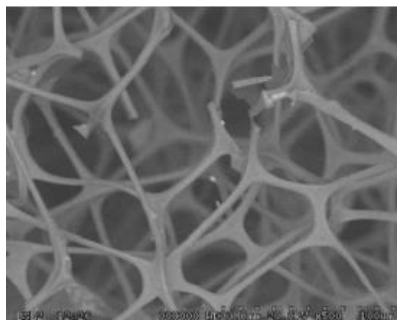
Fuente: Atescom.es

Las principales materias primas que se utilizan son silicio, silicato de aluminio y potasio, carbonato de calcio, borax, vidrio de reciclaje entre otros. Es un proceso de horneado de los materiales para formar el vidrio para luego, por medio de un proceso, ser transformado en fibras para luego constituir la lana. En la figura anterior se puede observar una vista microscópica del material.²²

4.5.2. Polímeros.

MELAMINA

Figura 26. Espuma de melamina.



Fuente: Atescom.es

²² Ibíd.

La espuma de melamina es conocida por ser uno de los mejores materiales acústicos en términos de absorción sonora. Es muy utilizado para diseñar cámaras anecoicas, y para aplicaciones de aeronáutica. Posee una estructura muy porosa con ligamentos delgados muy alargados. En algunos casos puede ser vista como una estructura fibrosa. La forma de la sección transversal de los ligamentos de la espuma de melamina está hecha de triángulos cóncavos.²³

²³ *Ibíd.*

5. CONCEPTO / FORMA

5.1. ALTERNATIVAS FORMALES

Para la presentación de las alternativas formales, en primer lugar, se realiza un boceto sobre el cual se muestra la dirección y repetición de la onda sobre la superficie del módulo, de igual manera el área de daño que podría darse sobre la superficie y sus posibles materiales.

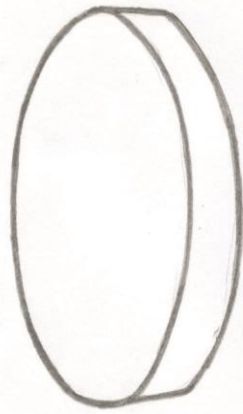
En segundo lugar, se añade una muestra fotográfica sobre las maquetas realizadas para cada una de las alternativas las cuales permitirán acercar la propuesta a un modelo real. Por último, un render donde se presenta la configuración final del panel en un espacio de oficina.

Ha de tenerse en cuenta que cada una de las alternativas presentadas a continuación corresponden a los resultados de las tablas de métricas, donde se especifican los parámetros de diseño.

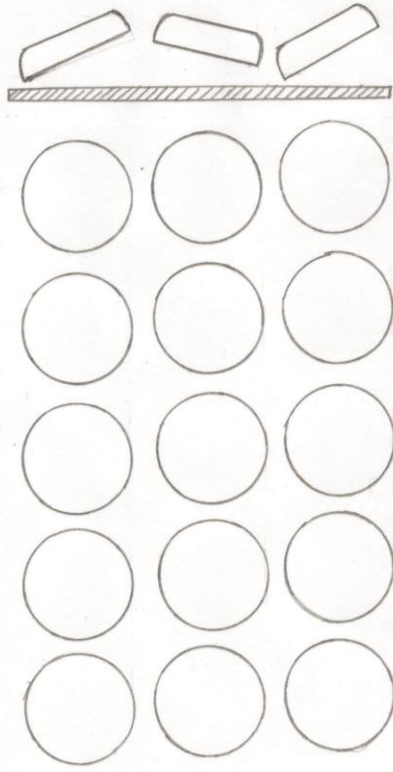
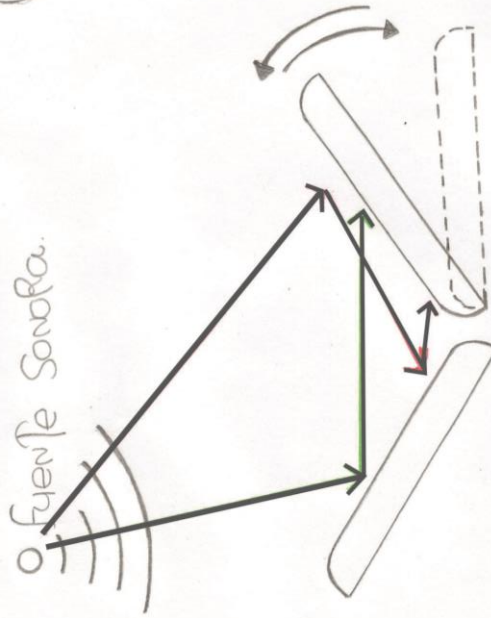
5.1.1. Alternativa 1.

Figura 27. Boceto. Alternativa 1.

Módulo.



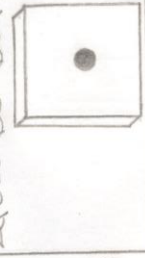
o fuente sonora.



Frontal

Módulo.

Área De Oído.



Eje de Giro



Superficie.
(Pared).

Material: Residuos De PVC.
ó Fibras De Madera.
con Yeso.

Proceso: Molde &
Contramolde.

Figura 28. Maqueta. Alternativa 1.



Figura 29. Render. Alternativa 1.



5.1.2. Alternativa 2.

Figura 30. Boceto. Alternativa 2.

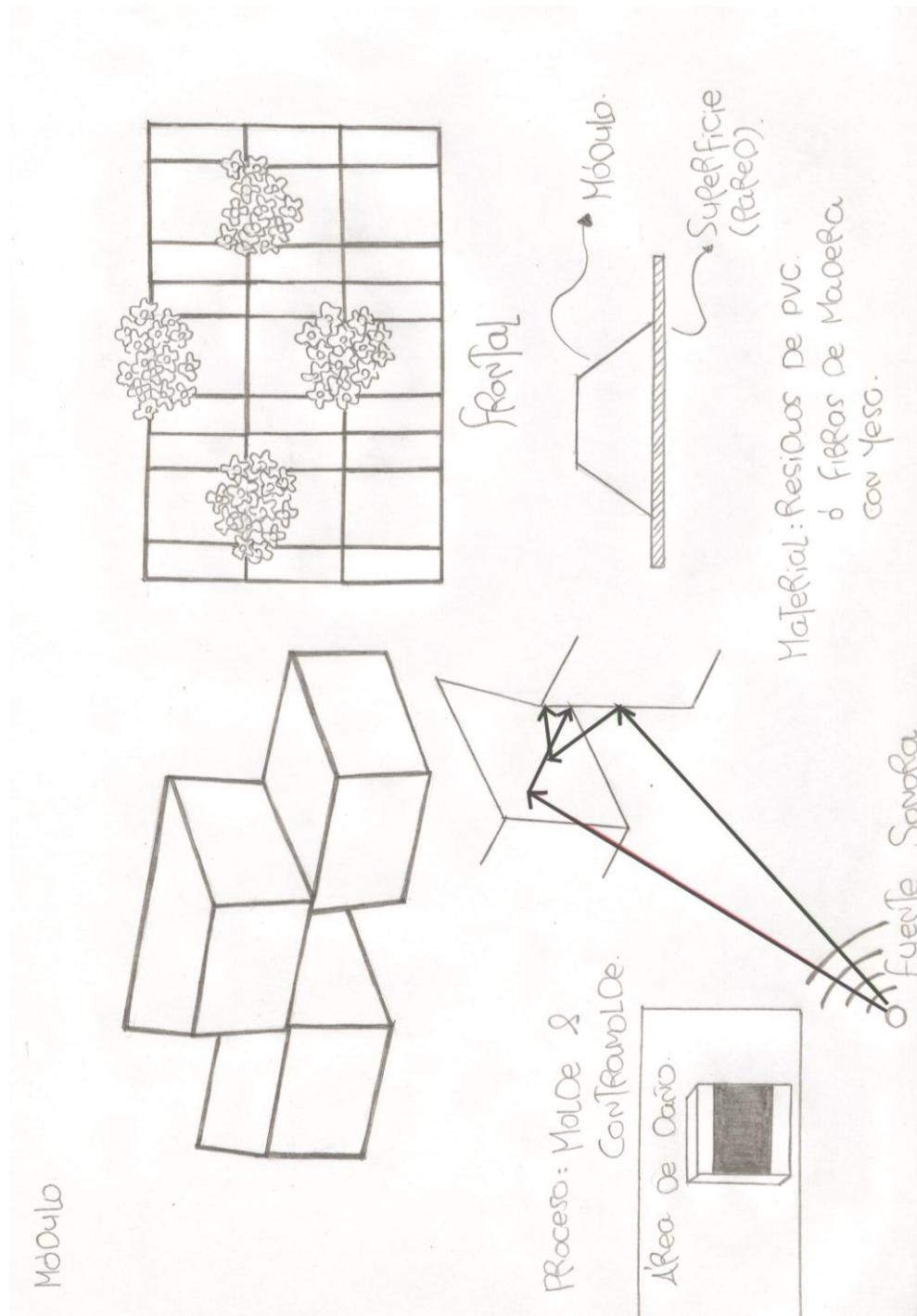


Figura 31. Maqueta. Alternativa 2.

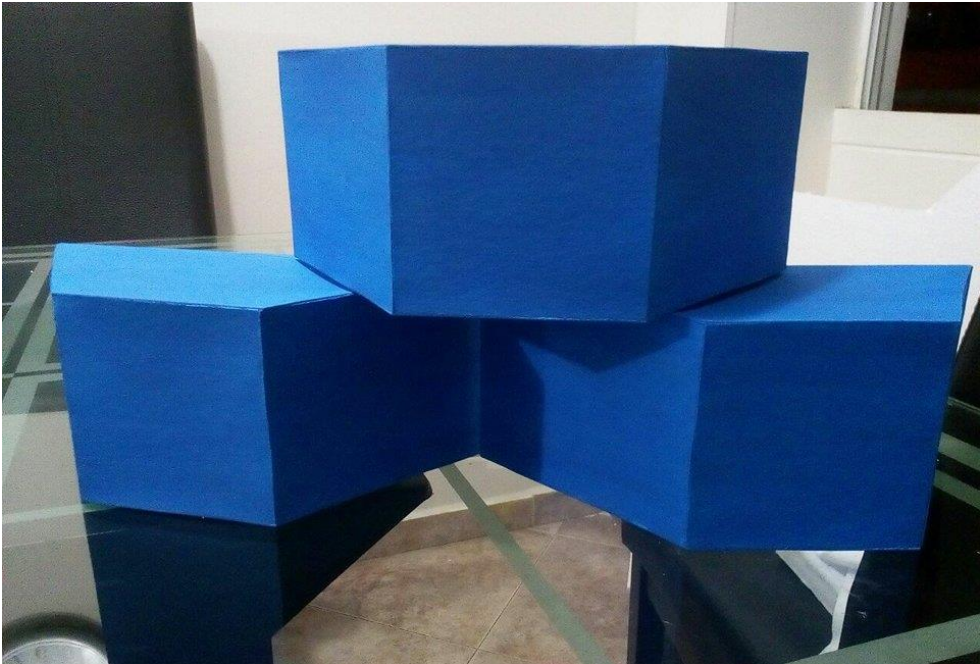


Figura 32. Render. Alternativa 2.



5.1.3. Alternativa 3.

Figura 33. Boceto. Alternativa 3.

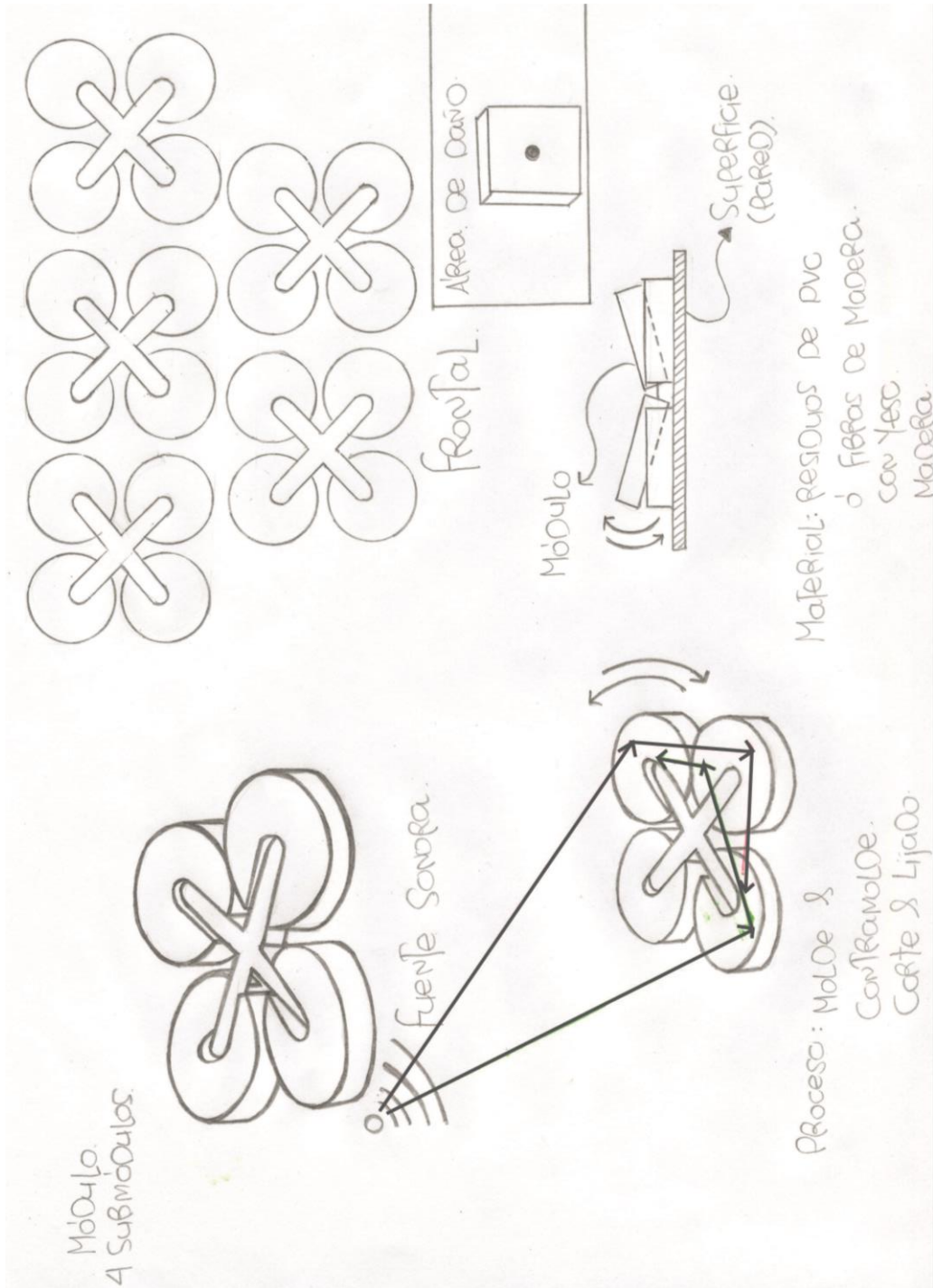


Figura 34. Maqueta. Alternativa 3.



Figura 35. Render. Alternativa 3.



5.1.4. Alternativa 4.

Figura 36. Boceto. Alternativa 4.

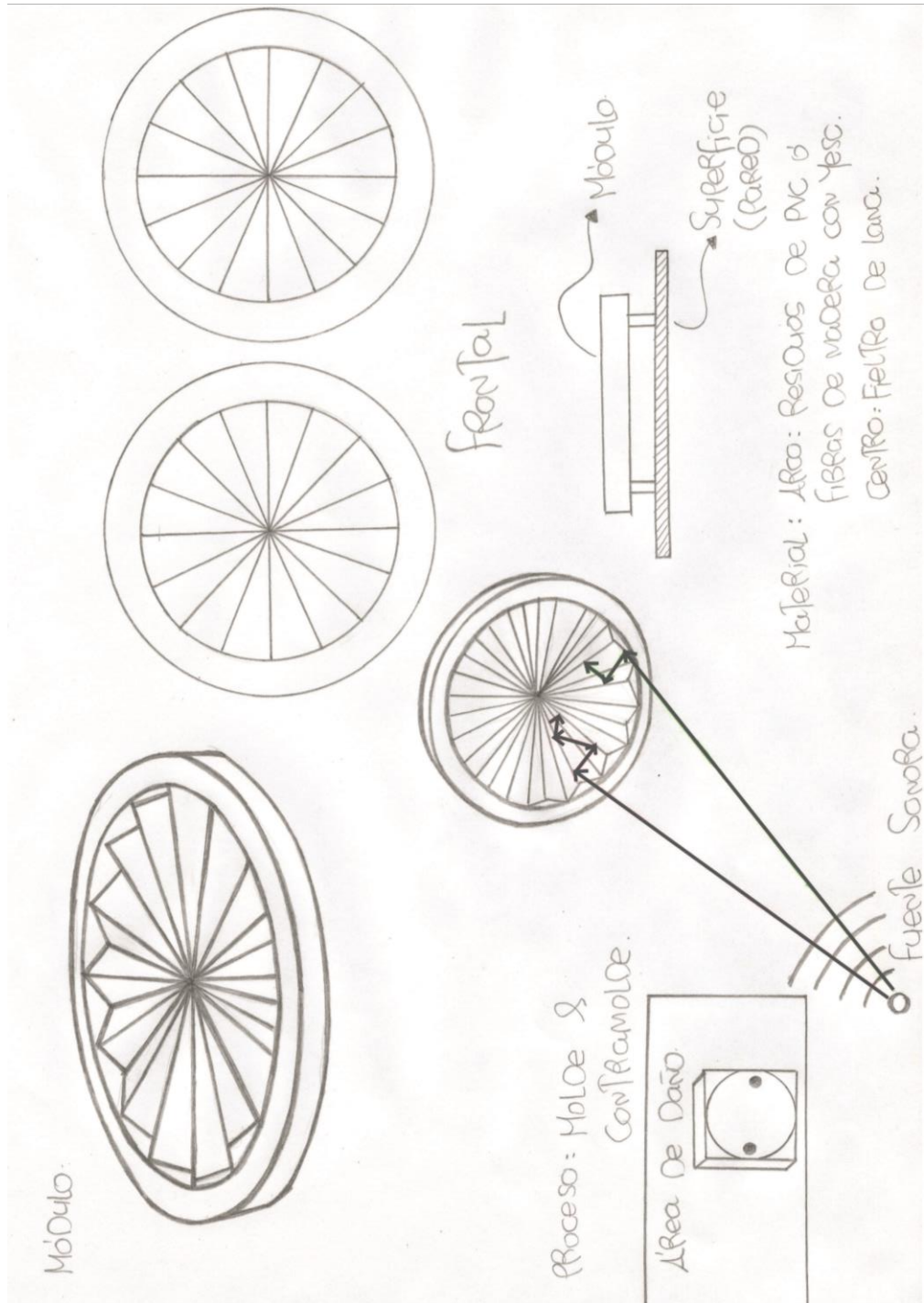


Figura 37. Maqueta. Alternativa 4.

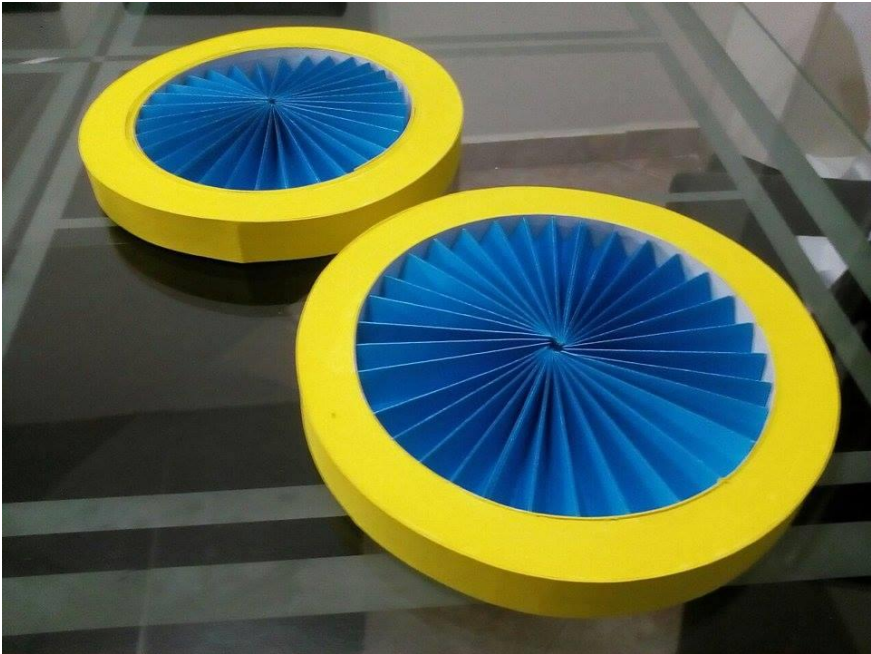


Figura 38. Render. Alternativa 4.



5.1.5. Alternativa 5.

Figura 39. Boceto. Alternativa 5.

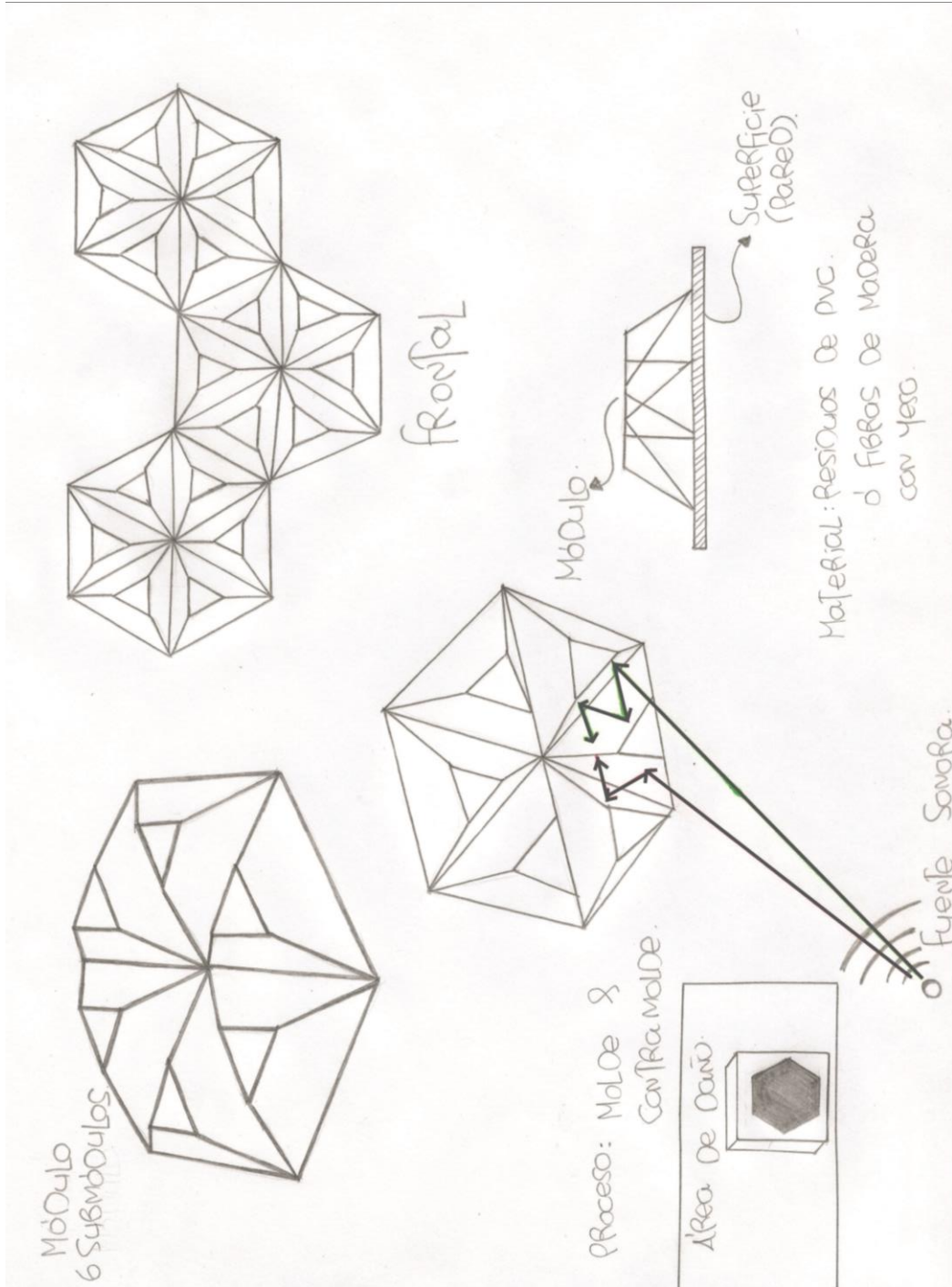


Figura 40. Maqueta. Alternativa 5.

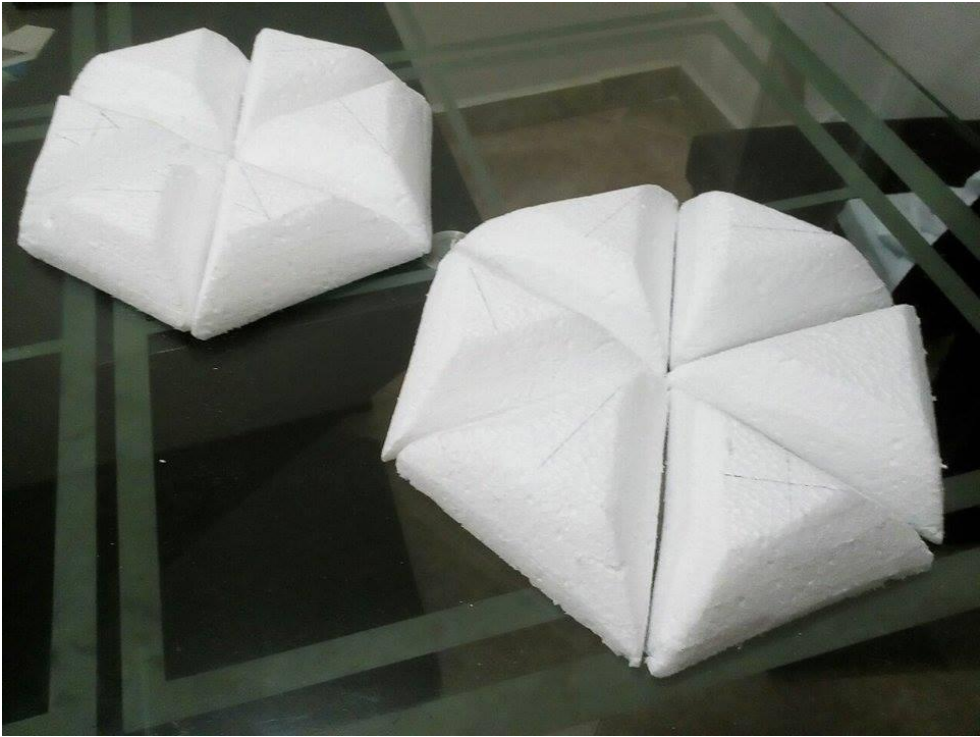


Figura 41. Render. Alternativa 5.



5.1.6. Alternativa 6.

Figura 42. Boceto. Alternativa 6.

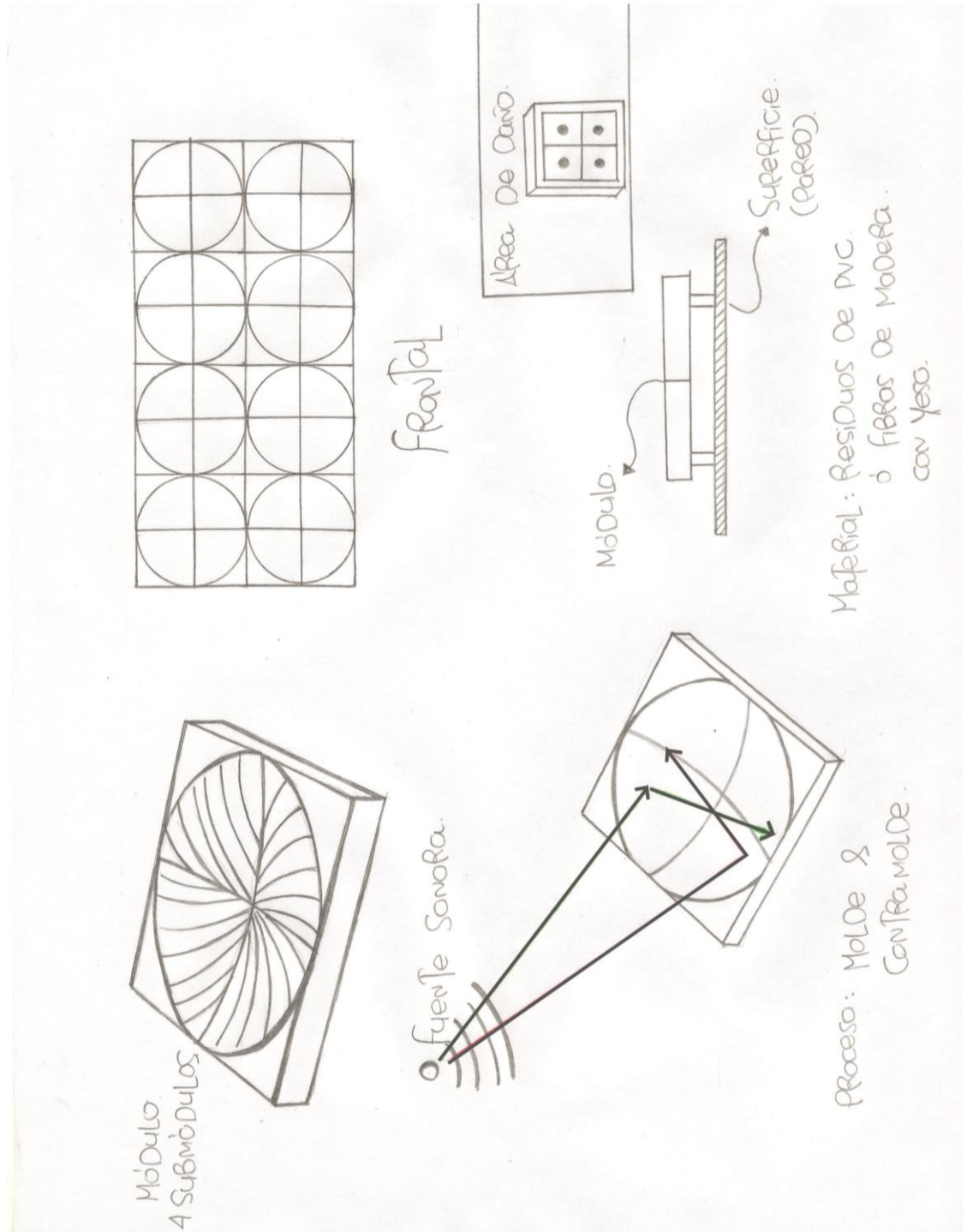


Figura 43. Maqueta. Alternativa 6.



Figura 44. Render. Alternativa 6.



5.1.7. Alternativa 7.

Figura 45. Boceto. Alternativa 7.

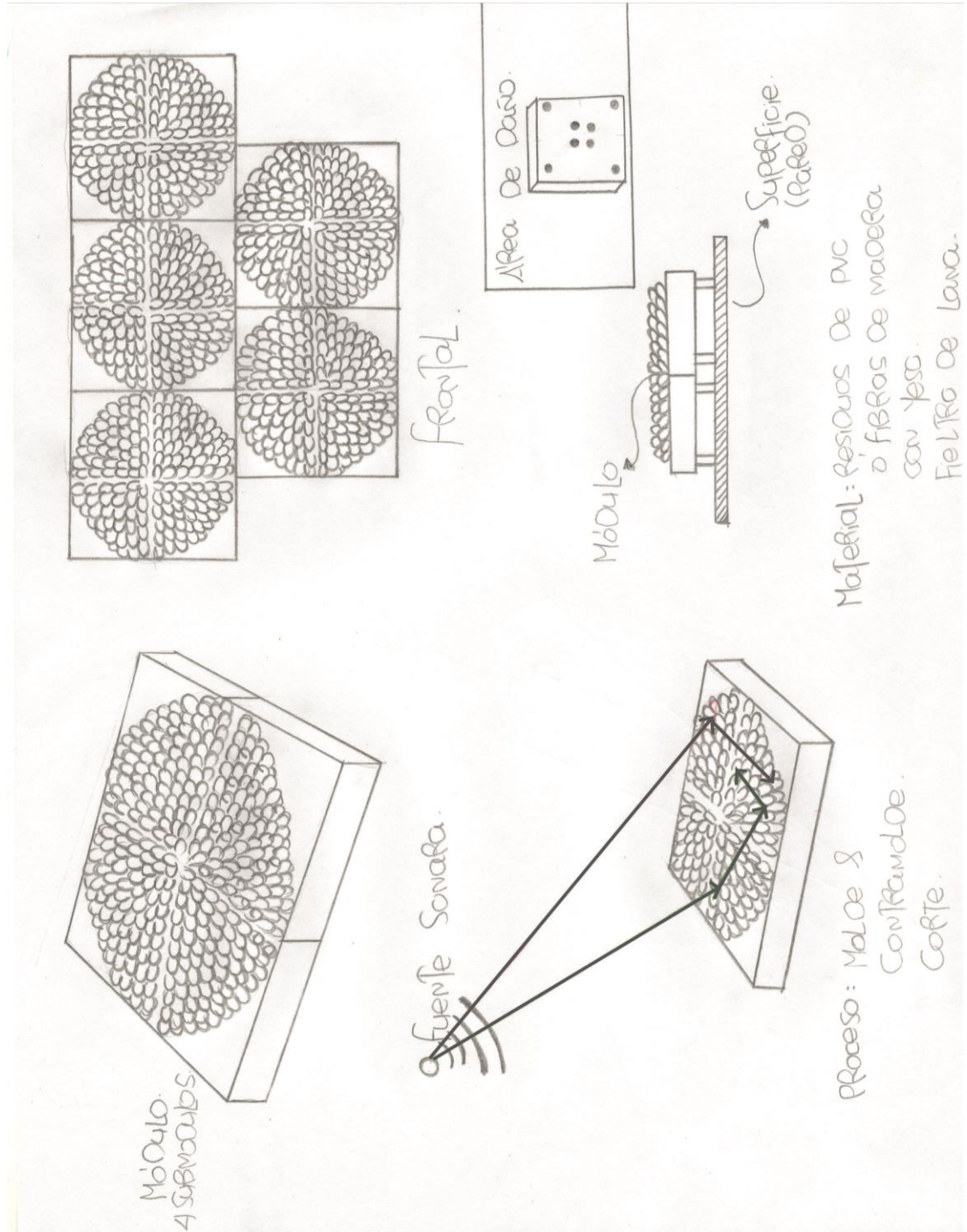


Figura 46. Maqueta. Alternativa 7.



Figura 47. Render. Alternativa 7.



5.1.8. Alternativa 8.

Figura 48. Boceto. Alternativa 8.

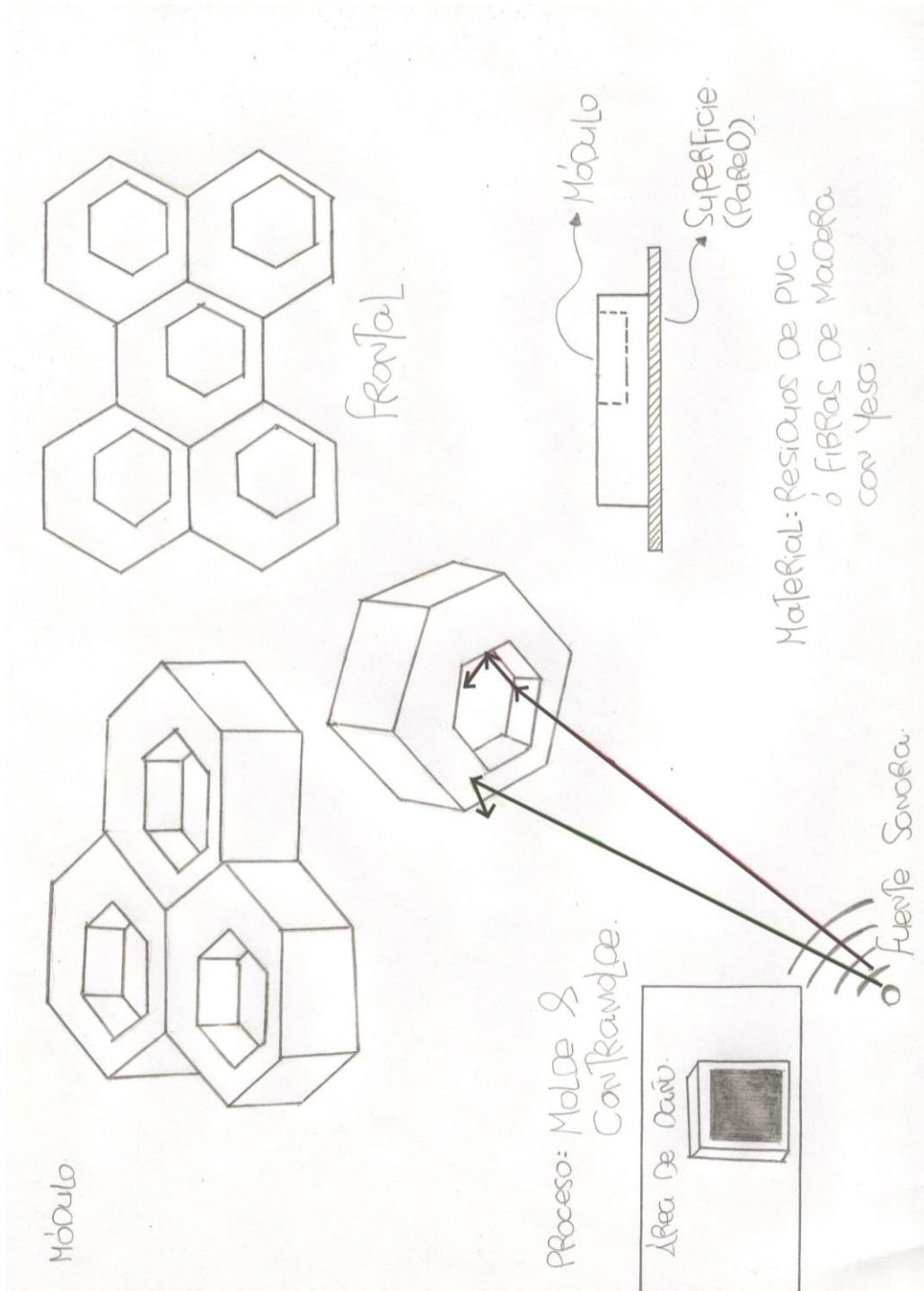


Figura 49. Maqueta. Alternativa 8.



Figura 50. Render. Alternativa 8.



5.1.9. Alternativa 9.

Figura 51. Boceto. Alternativa 9.

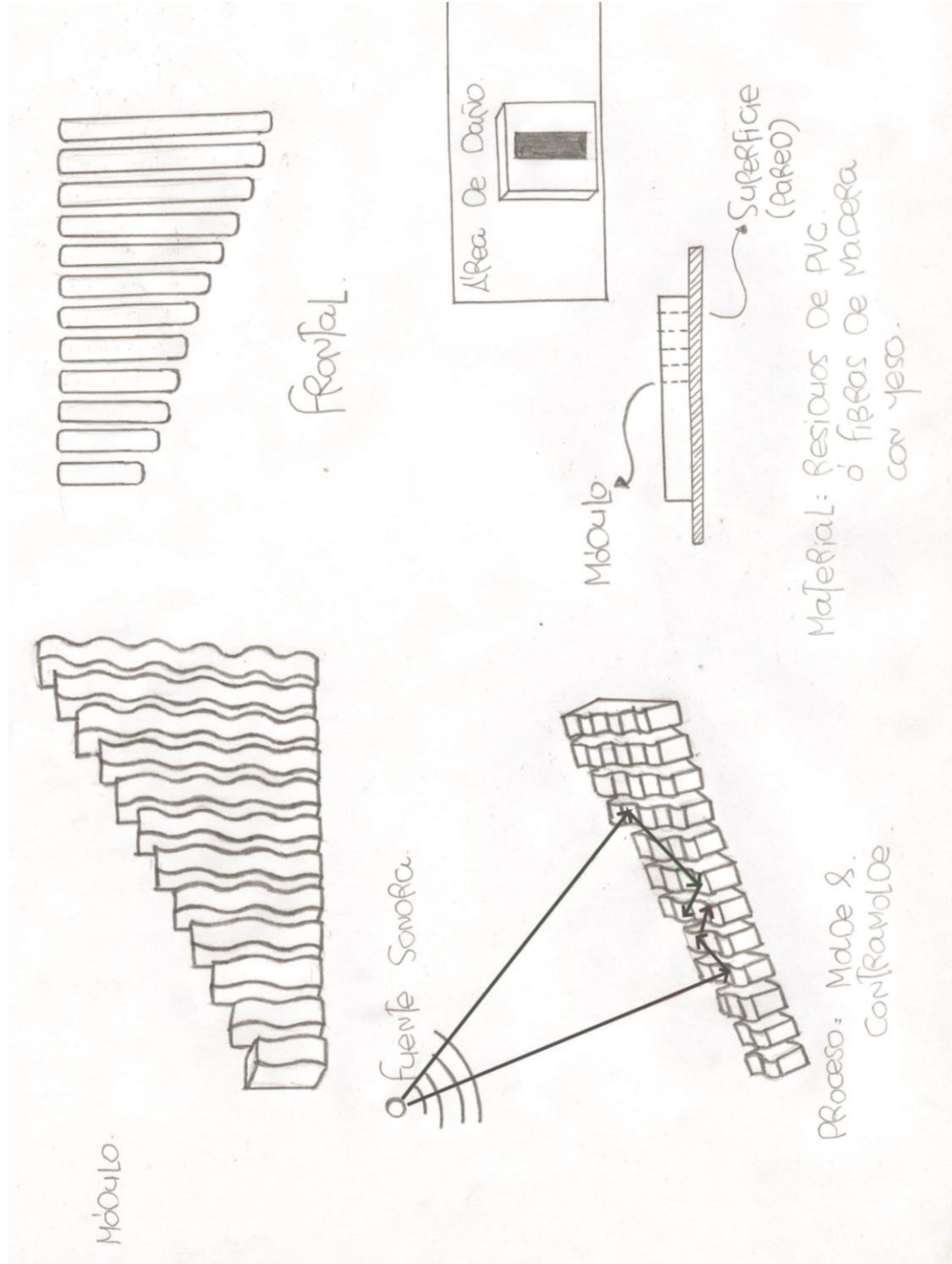


Figura 52. Maqueta. Alternativa 9.



Figura 53. Render. Alternativa 9.



5.1.10. Alternativa 10.

Figura 54. Boceto. Alternativa 10.

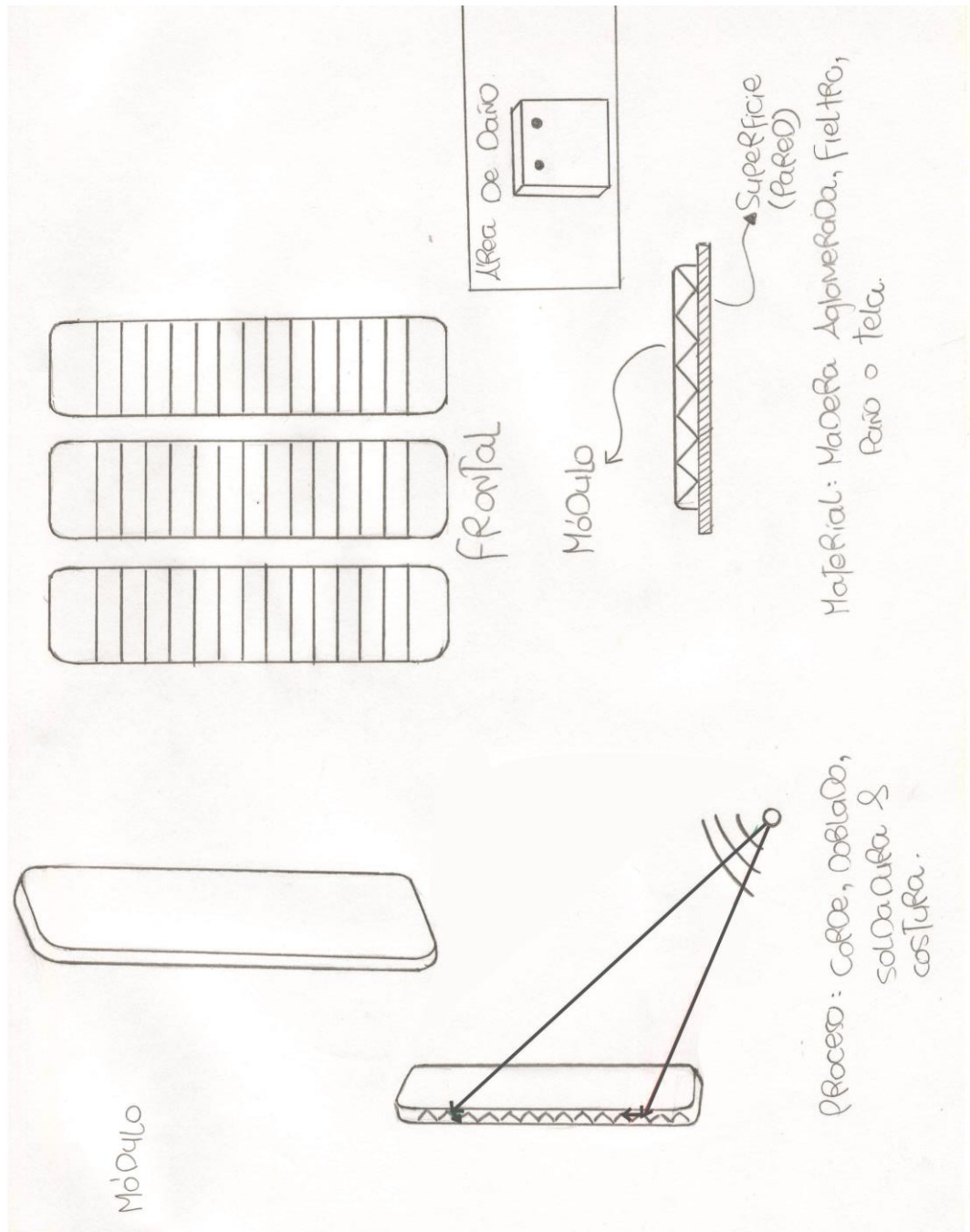


Figura 55. Maqueta. Alternativa 10.



Figura 56. Render. Alternativa 10.



5.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

A continuación, se presenta un modelo de panel de absorción acústica HEXAGON, sirviendo como referente para la selección de las alternativas presentadas anteriormente. Dicho referente nos ayudará a evaluar las alternativas de diseño estableciendo por medio de una matriz de conceptos las 4 alternativas más destacadas según los criterios de selección ya mencionados con anterioridad; luego de esto se realizará una nueva matriz de selección de conceptos donde solo se incluirán dichas alternativas finales con los criterios de evaluación más relevantes del proyecto.

CONCEPTO DE REFERENCIA

Hexagon es un módulo acústico que combina sostenibilidad medioambiental en sus componentes, economía y prestaciones funcionales. Este módulo de baldosas son realizadas con madera, cemento y agua, que mejoran la acústica y aíslan del sonido, a su vez es posible pegar los hexágonos directamente sobre el paramento (pared o techo) con un adhesivo adecuado, o fijarlos mediante imanes sobre un panel de acero galvanizado en forma de bandeja, pudiendo recolocar cada elemento a voluntad en cualquier momento.²⁴

Figura 57. Hexagon- Referencia.

²⁴ TECTONICA ONLINE Hexagonales fibra madera fonoabsorbentes paneles form with love dekor [en línea] disponible en: http://www.tectonicaonline.com/productos/2491/hexagonales_fibra_madera_fonoabsorbentes_paneles_form_with_love_dekor/














Fuente: Traüllit

Ahora, se propone una matriz de selección de conceptos tomada del libro *Diseño y desarrollo del producto* de Karl T Ulrich, donde utilizando un producto ya comercializado en el mercado como referencia se logrará definir cuál de las alternativas realizadas por el autor está mejor, igual o peor que. De igual manera los criterios de selección con los que se ha de evaluar las alternativas son los identificados anteriormente en las necesidades de usuarios y propietarios.

Para esta selección se maneja “+” “mejor que” “0” “igual que” y “-” “peor que”, de tal forma que se logre la selección de las 4 alternativas finales por medio de los criterios ya establecidos.

Figura 58. Matriz de conceptos.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	CONCEPTOS										
	Ref	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8	Alt 9	Alt 10
Imagen											
1. Estructura formal		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Materiales		0	0	0	0	0	0	+	0	0	+
3. Practico (Instalación y desinstalación)		0	0	0	0	-	0	0	-	-	+
4. Facilidad de ensamblaje		0	0	-	-	0	0	-	0	0	+
5. Número de módulos		0	0	-	0	0	-	-	0	0	+
6. Acabados del material		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7. Atractivo visual		+	+	+	+	0	+	+	0	+	+
8. Cómodo (Tamaño)		0	-	0	-	0	0	0	0	-	-
9. Punto de adhesión a la pared		0	-	0	0	-	0	0	-	-	+
10. Facilidad de remplazo		0	-	0	0	-	0	0	-	-	+
11. Número de enchapes		0	0	+	+	-	-	+	0	-	+
12. Empalme		0	0	-	-	0	0	0	0	0	-
13. Área de instalación vs Área de superficie		+	0	+	+	0	+	+	0	0	+
14. Coherencia formal		0	0	+	-	0	0	+	0	0	+
15. Mínimo de color del módulo		0	0	+	+	0	0	+	0	0	+
16. Seguro (Filos, Esquinas)		+	0	+	+	-	0	0	0	+	+
17. Tipos de estructura		+	0	+	0	0	0	+	0	-	+
18. Ajuste de configuración formal		+	+	+	0	0	0	+	0	-	0
19. Sobrio		+	0	+	0	0	+	+	0	0	+
20. Percepción de liviandad		+	-	+	-	0	0	-	0	0	-
Suma "+"		9	4	12	7	2	5	11	2	4	16
Suma "0"		11	12	5	8	13	13	6	15	9	1
Suma "-"		0	4	3	5	5	2	3	3	7	3
Evaluación Neta		9	0	9	2	-3	3	8	-1	-3	13





A partir de las alternativas presentadas anteriormente y según los criterios de selección fueron identificadas cuatro alternativas con los rangos más altos en la evaluación neta. Ahora bien, aunque estas alternativas presentaron los mayores puntajes se planteara más adelante otros criterios de selección incorporados por los propietarios de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda para identificar la alternativa más integral en el proceso de diseño, producción y/o fabricación.

En la siguiente matriz de conceptos se añaden nuevos criterios de selección, teniendo en primer lugar la funcionalidad en su coeficiente de absorción según su forma/ estructura, en segundo lugar la facilidad de fabricación siendo Hecho en Colombia una empresa con procesos de fabricación ya establecidos y en los cuales se intenta ser más productivos en tiempos y costos en la fabricación de los productos.

En tercer lugar y como factor relevante se incluye el lenguaje del producto, de tal manera que el usuario logre identificar el panel acústico desarrollado en este proyecto como un producto de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda, donde se incluyan los procesos de fabricación, materiales y superficies con las cual como empresa ya se identifican el mercado actual. Así mismo, este modelo funcional de panel acústico es un producto secundario según la razón social a la cual esta dedica la empresa, que es mobiliario de oficina, y debido a esto como resultado se esperaba algo sobrio y congruente con los diseños que ya hacen parte de las líneas de mobiliario, de tal manera que existiera coherencia formal entre el mobiliario y los paneles a fabricar.

En consecuencia en la siguiente tabla se presentan los porcentajes respectivos para cada uno de los criterios según el grado de importancia que como empresa identifican para hacer de este panel un producto viable de producirse y llevarse al mercado.

Figura 59. Matriz de selección de conceptos.

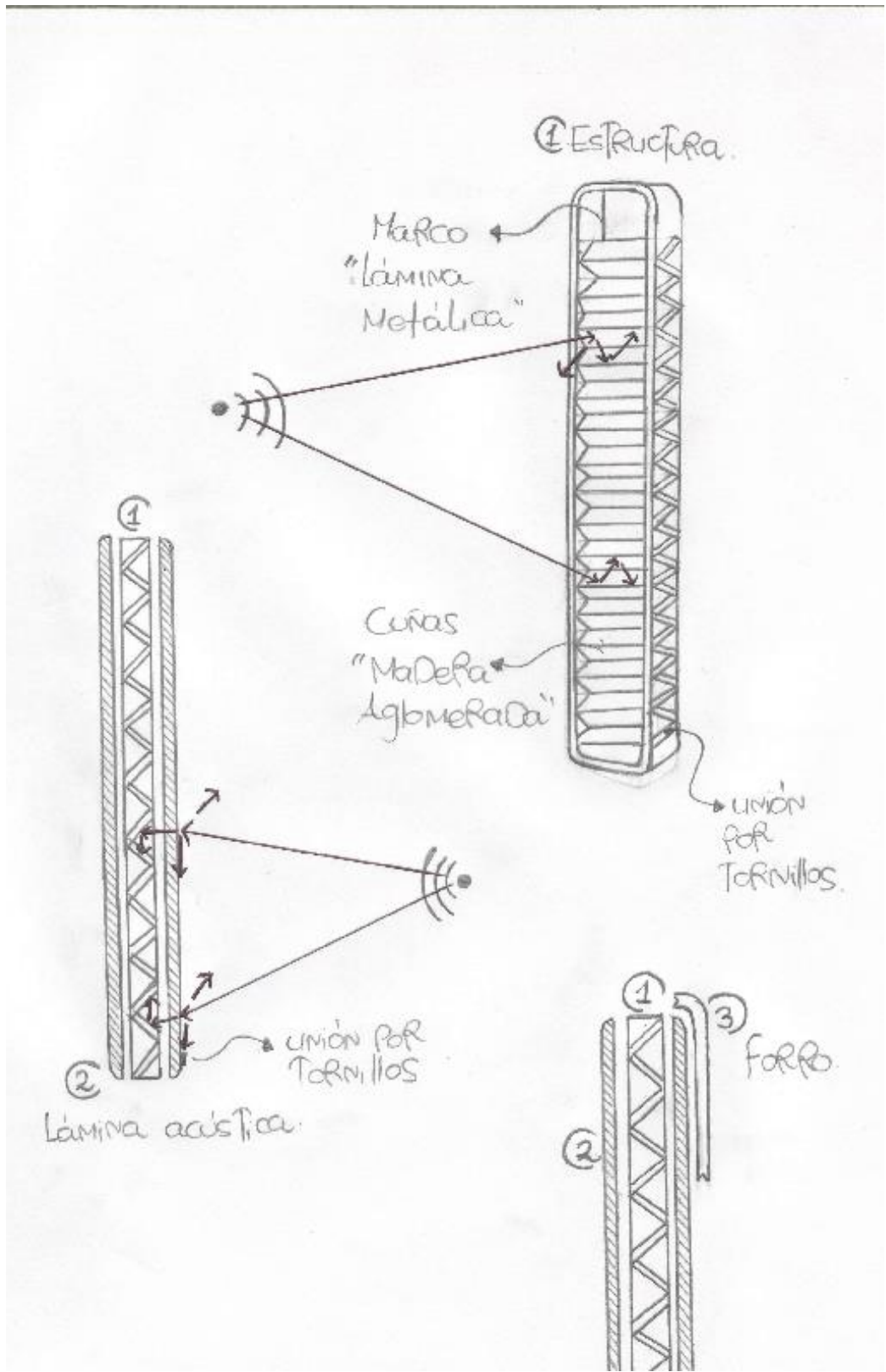
CRITERIOS DE SELECCIÓN	(%)	CONCEPTOS			
		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Imagen					
1. Absorción acústica	53%	-	+	+	+
2. Facilidad de fabricación	15%	+	0	-	+
3. Lenguaje del producto	10%	-	-	+	+
4. Limpieza	7%	0	0	-	+
5. Configuración variable	6%	+	+	-	+
6. Riqueza formal	5%	-	+	+	-
7. Facilidad de transporte	4%	0	-	+	+
Suma “+”		2	3	4	6
Suma “0”		2	2	0	0
Suma “-”		3	2	3	1
Evaluación Neta		-1	1	1	5

En consecuencia, la alternativa final seleccionada es la número 4, siendo la que cuenta con mayor coeficiente de absorción debido a las cuñas incrustadas en su estructura formal, a su vez la facilidad y los procesos de fabricación que ya hacen parte la identidad que como empresa se manejan. Por otro lado, el lenguaje del producto para esta alternativa es el factor relevante de selección debido a la identidad que como empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda busca mostrar en sus productos en el mercado, de tal forma que los usuarios logren identificar este panel acústico como un producto propio de Hecho en Colombia.

5.3. SÍNTESIS FORMAL

Para este panel de absorción acústica de acondicionamiento de sonido se plantea un módulo el cual cuenta con tres partes; en primer lugar, la estructura, la cual forma el marco que dará resistencia al panel y funcionalidad por medio de las cuñas anecoicas que tiene integradas por medio de tornillos. En segunda instancia cuenta con dos las láminas acústicas de lado y lado del panel que servirán de refuerzo para la absorción de sonido, y como tercero y último, el forro que permitirá dar una apariencia y acabo final al panel ayudando de igual manera al mejoramiento del acondicionamiento de sonido.

Figura 60. Síntesis formal.



5.4. MODELADO CAD/ COMPONENTES.

Para la configuración variable en el proceso de diseño se sugiere que este panel acústico sea de piso, colgante y/o de pared, de tal forma que el usuario pueda modificar su posición según como desee. Así mismo, este panel contara con accesorios que funcionaran de soporte para la colocación en las diferentes disposiciones propuestas.

Figura 61. Modelado CAD.

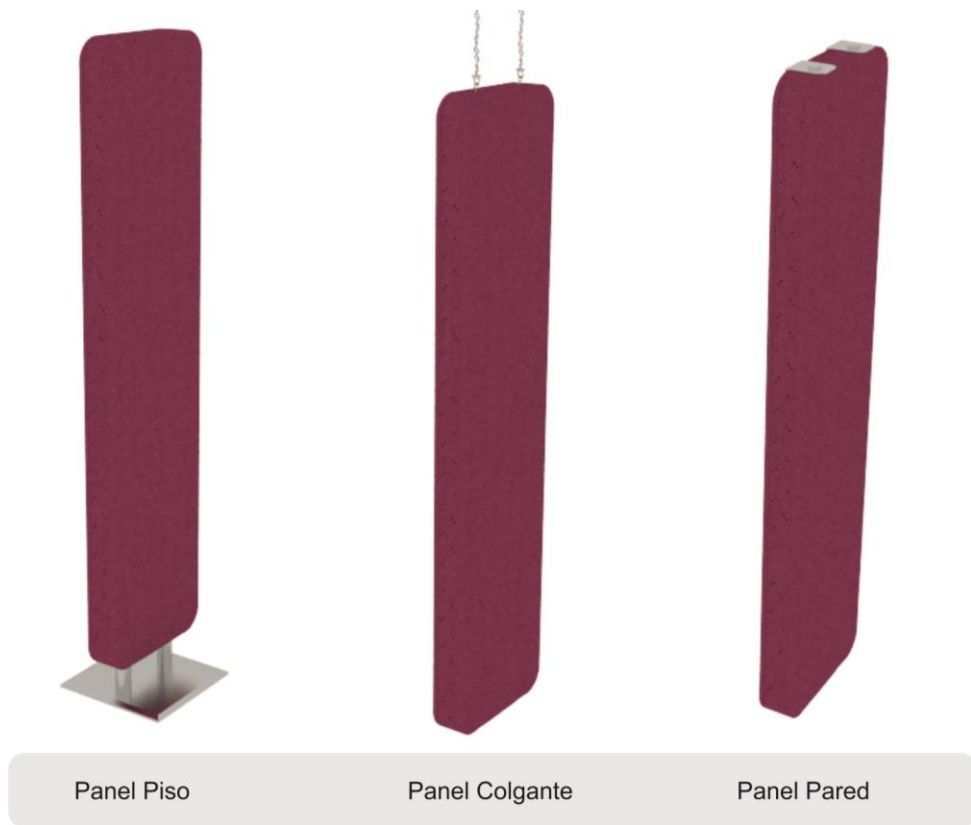
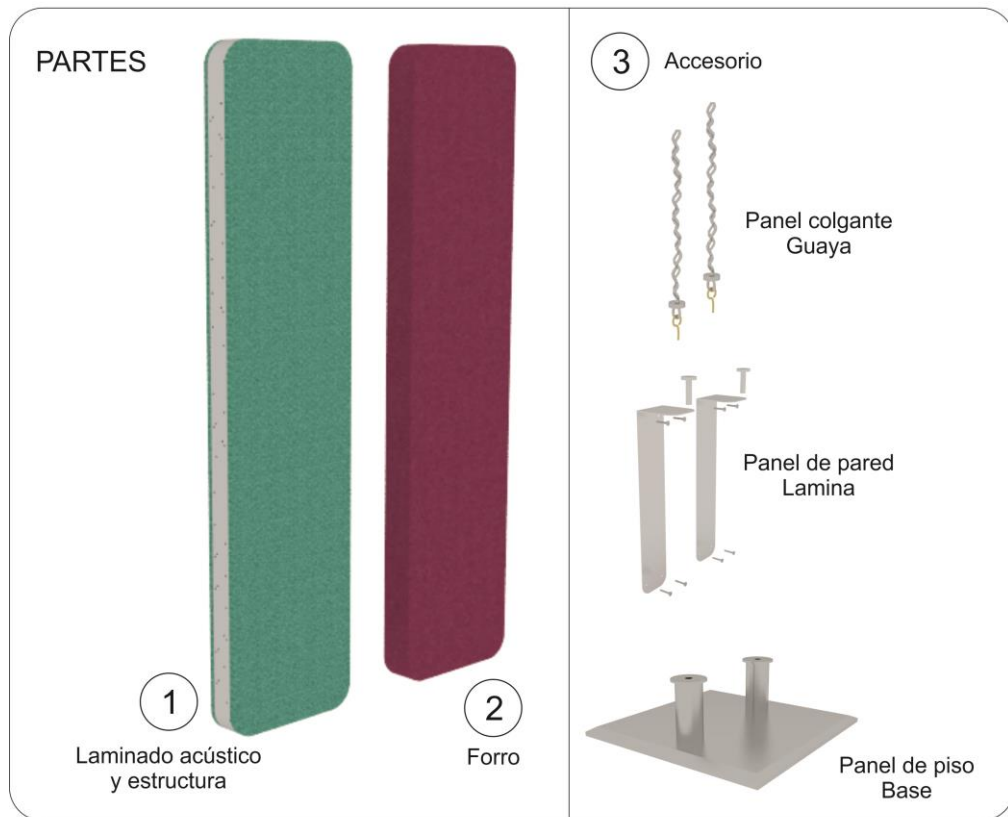


Figura 62. Componentes y partes.



Según los planteamientos de diseño, el panel acústico está formado por 3 partes, las cuales son:

1. Estructura y laminado, donde estará incluido el marco metálico, las cuñas en madera aglomerada y las láminas acústicas del material seleccionado según sean los resultados de las pruebas de coeficiente de absorción.
2. Forro, el cual funcionara dándole una apariencia de unidad al panel y como material de protección y absorción de sonido.
3. Los accesorios, según sea el gusto o la necesidad del cliente, se tendrán tres opciones: guaya, lamina de refuerzo a la pared y base de piso.

6. PRUEBAS TECNICAS

A continuación, se presenta en primer lugar la prueba de coeficiente de absorción que se le realizará a las diferentes alternativas de probetas cada una con un respectivo material, tal prueba será llevada a cabo en la Universidad Industrial de Santander en la facultad de físico mecánicas, por medio de instrumentos de medición, normatividad y procesos de pruebas establecidos por el NTC e ISO.

En segundo lugar, se realizará la prueba de tiempo de reverberación con la cual se dará respuesta a si es posible disminuir tal tiempo por medio del panel acústico elaborado. Para esta prueba se utilizará la fórmula de Sabine usada por el CT para calcular los tiempos de reverberación, tales resultados son los más cercanos a si se llegara a realizar todo un acondicionamiento de una sala para realizar las pruebas con instrumentos de medición.

“Para el caso propuesto, en un modelo de práctica empresarial, se desarrollará la prueba de tiempo de reverberación solo por medio de la fórmula de Sabine, ya que según sea las dimensiones de la sala y sus respectivos materiales tal tiempo variará”.

Para las pruebas del tiempo de reverberación:

1. Se definirá la sala a trabajar.
2. Se realizarán los cálculos con la sala sin acondicionamiento por medio del panel.
3. Nuevamente se realizarán los mismos cálculos para la sala ya acondicionada por medio del panel.

De esta forma, se obtendrá la diferencia de resultados respecto al tiempo de la misma sala a la cual se le realizaran las pruebas.

6.1. COEFICIENTE DE ABSORCIÓN.

6.1.1. Normatividad.

- ASTM C384- 98. Método de prueba estándar para impedancia y absorción de materiales acústicos por el método del tubo de impedancia.
- Norma técnica colombiana NTC 5754, ISO 140-3, Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción.
- UNE- EN ISO 10534-2. Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia. Parte 2: Método de la función y transferencia.
- ASTM E1050- 12. Método de prueba estándar para la impedancia y absorción de materiales acústicos utilizando un tubo, micrófonos y un sistema de análisis de frecuencia digital.

6.1.2. Procedimiento de prueba

OBJETIVO

Seleccionar el material que cuente con mayor coeficiente de absorción según sean los resultados de la prueba.

HIPOTESIS

Aplicando el procedimiento para la determinación del coeficiente de absorción de sonido sobre las alternativas de los materiales escogidos, es posible determinar la mayor y menor efectividad de absorción sobre dichos materiales.

VARIABLES

Se tiene como variable independiente el material y como variable dependiente el coeficiente de absorción de sonido.

MARCO TEORICO

Para los coeficientes de absorcion *Federico Miyara* autor del libro *acustica y sistemas de sonido*, el coeficiente de absorcion optimo de un material son los valores de igual a 1 los cuales indican que toda la energia sonora incidente es absorbida, mientras que los valores de igual a 0 representan que toda la energia es reflejada.²⁵

Figura 63. Clasificacion de absorcion acústica.

Clase de absorción acústica	Valores α	Descripción de la clase
A	$1 \leq 0.90$	Extremadamente absorbente
B	$0.85 \leq 0.80$	Altamente absorbente
C	$0.75 \leq 0.60$	Muy absorbente
D	$0.55 \leq 0.30$	Absorbente
E	$0.25 \leq 0.15$	Poco Absorbente
Sin clasificar	$0.05 \leq 0.10$	Reflectante

Fuente: acústicaysonido.com

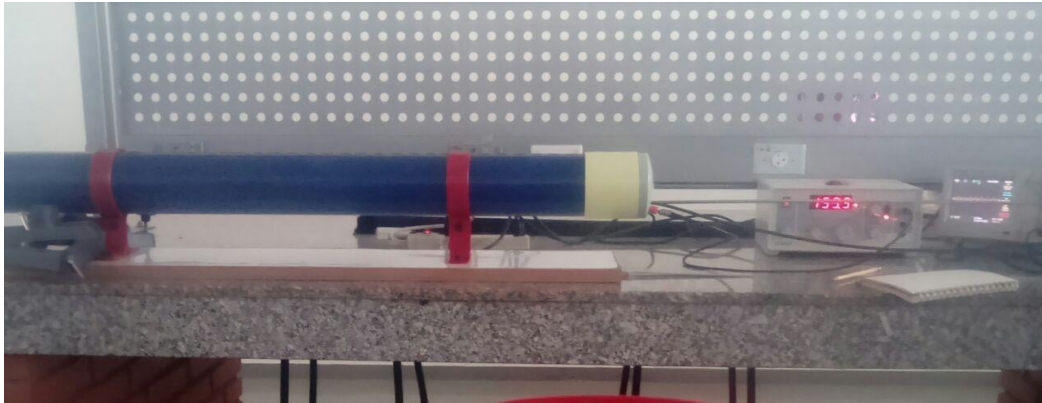
INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Para realizar las pruebas fueron necesarios los siguientes equipos:

- Tubo de resonancia.
- Generador de ondas (LEYBOLD).
- Osciloscopio (Tektronix TDS 200 2B).
- Escalímetro.

²⁵ EUMUS Op. Cit.

Figura 64. Elementos del proceso de medición de la absorción de sonido.



PROCEDIMIENTO NORMALIZADO

Para la realización de este procedimiento se presentaron las siguientes condiciones:

- Laboratorio sin recubrimiento contra el ruido.
 - Verificar que la posición de la muestra sea lo más perpendicular posible a la dirección del tubo, para garantizar la incidencia normal.
 - La muestra del material debe estar en condición de apriete dentro del tubo.
1. Auto calibrar el osciloscopio.
 2. Colocar la muestra de material acústico absorbente con la ayuda del embolo en el tubo de impedancia.
 3. Conectar el micrófono directamente a la entrada del osciloscopio y el generador de señales al parlante.
 4. Prender el generador y regular la amplitud de la señal a la 5.00 milivoltios (mV).
 5. Prender el osciloscopio y fijar una velocidad de barrido de 5 ms.
 6. Colocar la aguja sobre los 17 cm en el escalímetro el cual será nuestro punto cero.

7. Fijar el generador de señales para producir 125 Hz en honda sinusoidal.
8. Fijar el osciloscopio para obtener las gráficas de amplitud de ondas.
9. Localizar el tubo a una distancia de 1 cm con respecto del parlante.
10. Obtener del osciloscopio la lectura de la mayor amplitud de la onda; este es el valor correspondiente a (P_{max}).
11. Desplazar el micrófono hasta obtener en el osciloscopio la onda con la menor amplitud; este valor corresponde a (P_{min}).
12. Repetir desde el nuro (6) para las frecuencias de 125, 250, 500 y 1000 Hz.

6.1.3. Pruebas de selección de materiales. Para la prueba de materiales de coeficiente de absorción se analizaron 6 muestras de materiales, y se determinó su coeficiente de absorción para frecuencias de 125, 250, 500 y 1000 Hz.

Figura 65. Materiales de prueba.



Los materiales a los cuales se les realizaron las pruebas presentan las siguientes características:

- Material 1. Black Theater.

Solución de aislamiento y acondicionamiento acústico en lana mineral de fibra de vidrio, liviano, de color negro y textura uniforme.

- Material 2. Serie 702.

Aislamiento acústico y térmico de lana mineral de vidrio biosoluble en forma de láminas rectangulares, aglutinada entre sí con una resina de fraguado termoestable que le imparte propiedades térmicas y acústicas que se emplean de acuerdo a las necesidades.

- Material 3. Acoustic control PB y VP

Aislamiento acústico en láminas de fibra de vidrio de alta densidad y membranas acústicas, diseñado para el control de ruido y vibraciones.

- Material 4. Acustifibra.

Aislamiento y acondicionamiento acústico en lana mineral de fibra de vidrio en forma de lámina.

- Material 5. Frescasa Eco.

Aislamiento acústico y térmico en rollos en lámina mineral de fibra de vidrio, diseñado para controlar el ruido y la temperatura de los espacios.

- Phonofloor.

Aislamiento termo-acústico de lana mineral de vidrio en forma de láminas.²⁶

²⁶ FIBERGLASS COLOMBIA [en línea] disponible en: <http://fiberglasscolombia.com/>

Figura 66. Proceso pruebas de coeficiente de absorcion.

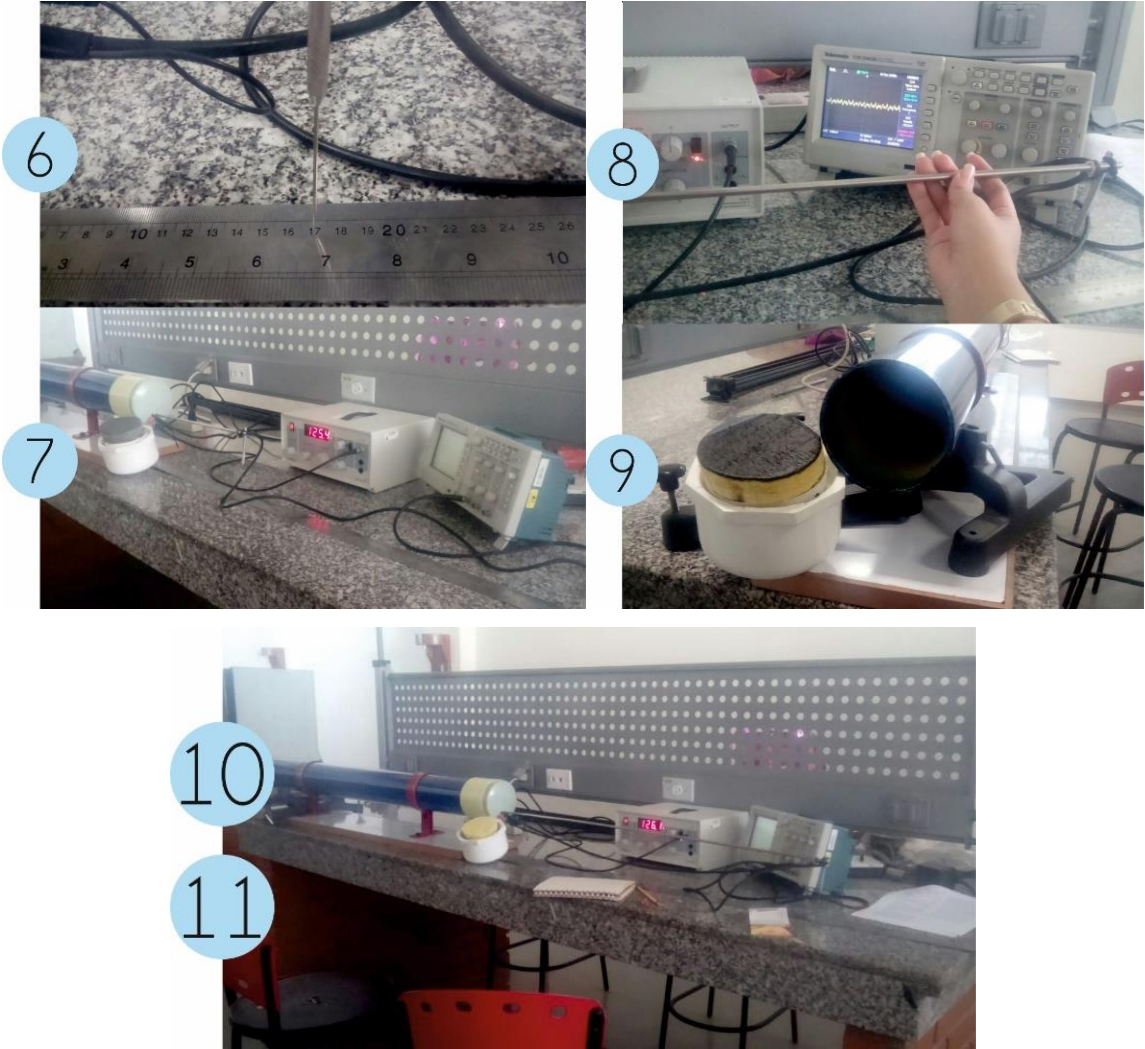
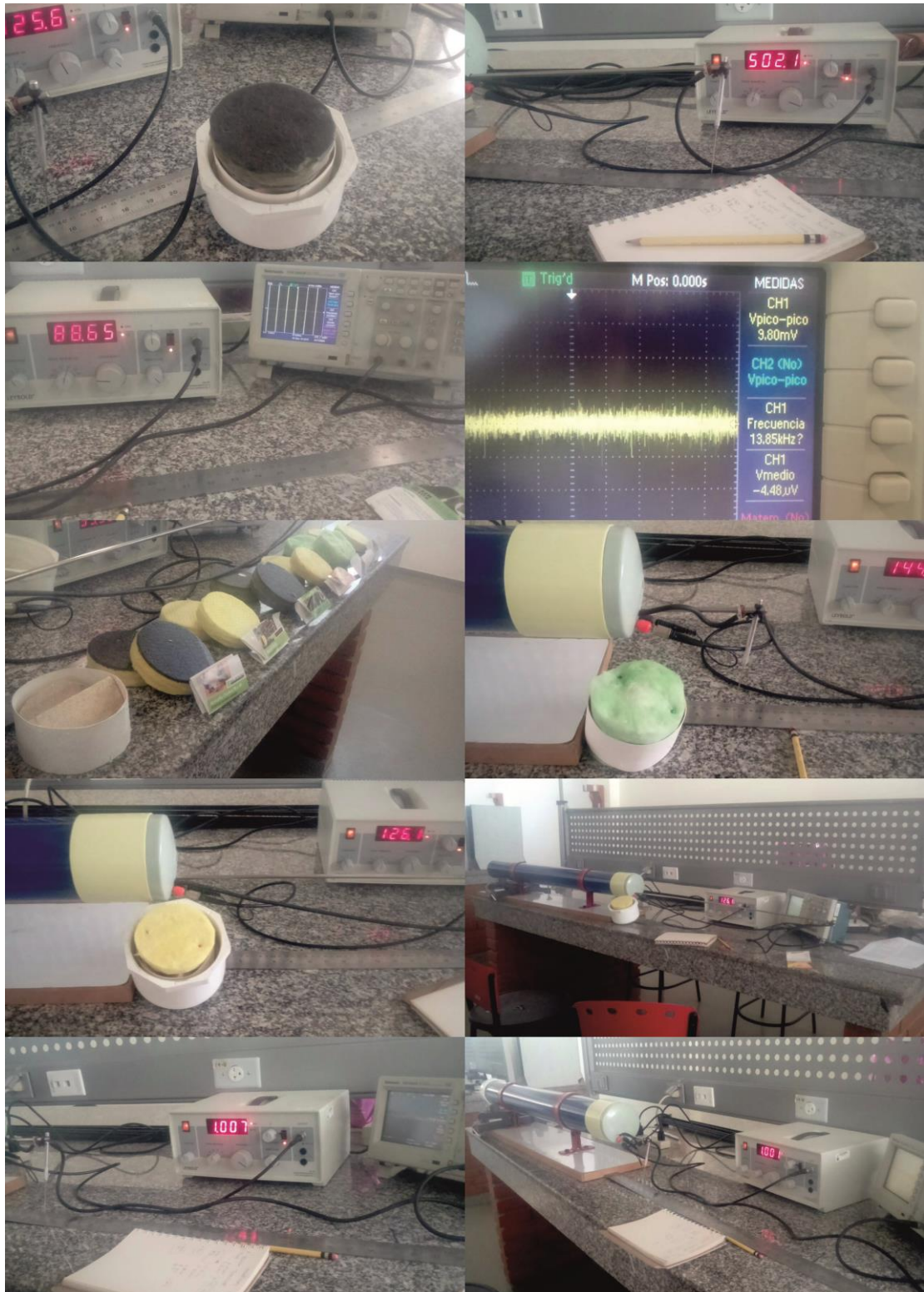


Figura 67. Proceso pruebas coeficiente de absorcion.



6.1.4. Resultados. Para cada uno de los materiales y de las frecuencias ya establecidas se toman los picos máximos y mínimos de la amplitud de la onda para de esta manera determinar el SWR.

Figura 68. SWR (Pmax/Pmin).

$$SWR = \frac{P_{max}}{P_{min}}$$

Fuente: Norma ASTM C384

Donde SWR= Relación entre máximos y mínimos en una onda estacionaria.

MAXIMOS Y MINIMOS DE CADA MATERIAL

1. Black Theater

Tabla 5. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltios	Amplitud de onda
125 Hz	7.60 mV	Pico max.
	4.80 mV	Pico min.
250 Hz	12.6 mV	Pico max.
	7.2 mV	Pico min.
500 Hz	18.2 mV	Pico max.
	11.8 mV	Pico min.
1000 Hz	7.20 mV	Pico max.
	3.40 mV	Pico min.

2. Serie 702.

Tabla 6. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltios	Amplitud de onda
125 Hz	7.40 mV	Pico max.
	5.20 mV	Pico min.
250 Hz	18.2 mV	Pico max.
	11.2 mV	Pico min.
500 Hz	13.6 mV	Pico max.
	9.40 mV	Pico min.
1000 Hz	7 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.

3. Frescasa Eco

Tabla 7. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	8.60 mV	Pico max.
	4.80 mV	Pico min.
250 Hz	15.8 mV	Pico max.
	10 mV	Pico min.
500 Hz	17.2 mV	Pico max.
	9 mV	Pico min.
1000 Hz	12.2 mV	Pico max.
	7.20 mV	Pico min.

4. Acoustic Control PB y VP

Tabla 8. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	7.80 Mv	Pico max.
	4 mV	Pico min.
250 Hz	8.80 mV	Pico max.
	3.60 mV	Pico min.
500 Hz	21.6 mV	Pico max.
	9.8 mV	Pico min.
1000 Hz	7.60 mV	Pico max.
	5.20 mV	Pico min.

5. Acustifibra

Tabla 9. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	13.2 mV	Pico max.
	5 mV	Pico min.
250 Hz	18.8 mV	Pico max.
	5.80 mV	Pico min.
500 Hz	20.8 mV	Pico max.
	11.8 mV	Pico min.
1000 Hz	7.60 mV	Pico max.
	3.20 mV	Pico min.

6. Phonofloor.

Tabla 10. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	8.80 mV	Pico max.
	4.40 mV	Pico min.
250 Hz	11 mV	Pico max.
	5.20 mV	Pico min.
500 Hz	19.2 mV	Pico max.
	13.6 mV	Pico min.
1000 Hz	7 mV	Pico max.
	3.20 mV	Pico min.

SWR DE CADA MATERIAL

Tabla 11. SWR de materiales.

Black Theater	SWR	Serie 702	SWR
125 Hz	1.58	125 Hz	1.42
250 Hz	1.75	250 Hz	1.62
500 Hz	1.54	500 Hz	1.44
1000 Hz	2.11	1000 Hz	1.75
Frescasa Eco	SWR	Acoustic control PB y VP	SWR
125 Hz	1.79	125 Hz	1.95
250 Hz	1.58	250 Hz	2.44
500 Hz	1.91	500 Hz	2.20
1000 Hz	1.69	1000 Hz	1.46
Acustifibra	SWR	Phonofloor	SWR
125 Hz	2.64	125 Hz	2
250 Hz	3.24	250 Hz	2.11
500 Hz	1.76	500 Hz	1.41
1000 Hz	2.37	1000 Hz	2.18

Y finalmente se calculó el coeficiente de absorción mediante la ecuación:

Figura 69. Formula de coeficiente de absorcion.

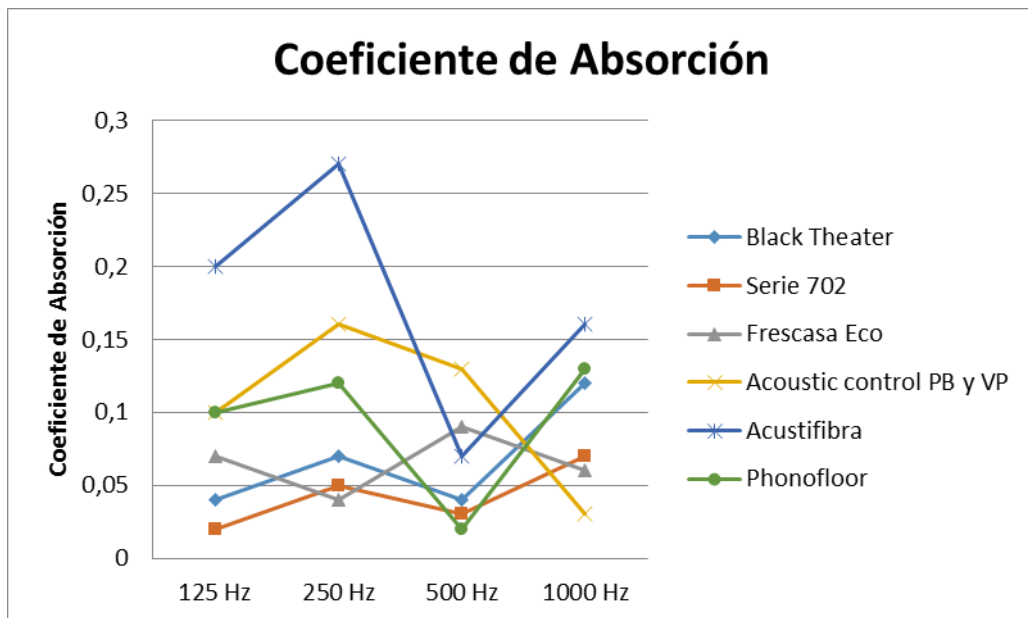
$$a_n = \left[\frac{SWR-1}{SWR+1} \right]$$

Fuente: Norma ASTM C384

Tabla 12. Coeficiente de absorcion de materiales

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Black Theater	0.04	0.07	0.04	0.12
Serie 702	0.02	0.05	0.03	0.07
Frescasa Eco	0.07	0.04	0.09	0.06
Acoustic control PB y VP	0.10	0.16	0.13	0.03
Acustifibra	0.20	0.27	0.07	0.16
phonofloor	0.10	0.12	0.02	0.13

Figura 70. Coeficiente de absorcion acustica ponderada.



Según los resultados tabulados anteriormente el material con mayor coeficiente de absorción lo presenta la **Acustifibra**, presentando un decaimiento en la frecuencia de 500 Hz de la banda de frecuencia media.

Ha de indicarse que sobre las bandas de frecuencia baja y media la absorción del material es menor, debido a que la intensidad de la onda sonora está en su menor de emisión. La **acustifibra**, para este caso será el material a utilizar en los laminados acústicos en ambos lados de la estructura del panel.

6.1.5. Prueba con material seleccionado, cuñas y textil.

Figura 71. Sección de cuña de prueba/ tubo de impedancia.



Nuevamente se hallan los máximos y mínimos de amplitud de la onda, el SWR y el coeficiente de absorción para la sección del panel final donde se incluya el segmento de las cuñas.

MAXIMOS Y MINIMOS DE AMPLITUD DE ONDA

Tabla 13. Pmax/ Pmin.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	15.6 mV	Pico max.
	3.8 mV	Pico min.
250 Hz	14.8 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.
500 Hz	19.2 mV	Pico max.
	4.2 mV	Pico min.
1000 Hz	18.8 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.

SWR DEL MATERIAL

Tabla 14. SWR del acustifibra y cuñas.

Material	SWR
125 Hz	4.10
250 Hz	3.7
500 Hz	4.57
1000 Hz	4.7

COEFICIENTE DE ABSORCION

Tabla 15. Coeficiente de absorcion de acustifibra y cuñas.

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Acustifibra y cuñas	0.36	0.32	0.40	0.40

Y finalmente se obtienen los resultados de coeficiente de absorción del panel incluyendo las cuñas, la lámina acústica (Acustifibra) y el forro (textil). A

continuación, se realizó el mismo procedimiento de coeficientes de absorción con los siguientes textiles:

Figura 72. Textiles de prueba.

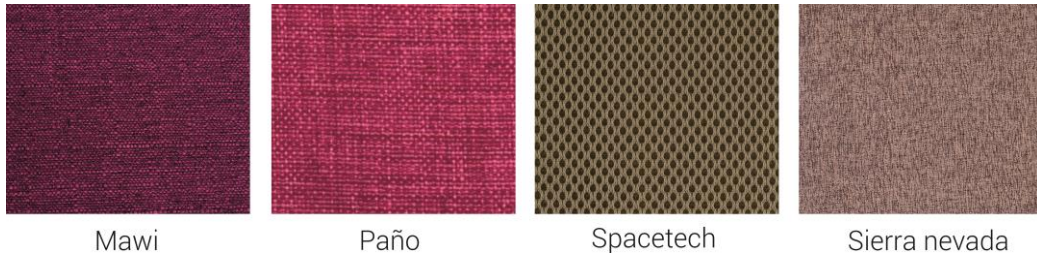


Figura 73. Prueba del material de forrado.



Según los resultados el material que mejora el coeficiente de absorción acústica es el textil Mawi, este textil posee una delgada lámina de fieltro en su parte posterior.

A continuación, se presentan los resultados de absorción llevados a cabo en el laboratorio.

MAXIMOS Y MINIMOS DE AMPLITUD DE ONDA

Tabla 16. Pmax/ Pmin. Acustifibra, cuñas y textil.

Frecuencia	Voltaje	Amplitud de onda
125 Hz	16.2 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.
250 Hz	15.2 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.
500 Hz	19.4 mV	Pico max.
	4.2 mV	Pico min.
1000 Hz	19.2 mV	Pico max.
	4 mV	Pico min.

SWR DEL MATERIAL

Tabla 17. SWR. Acustifibra, cuñas y textil.

Material	SWR
125 Hz	4.05
250 Hz	3.8
500 Hz	4.61
1000 Hz	4.8

COEFICIENTE DE ABSORCION

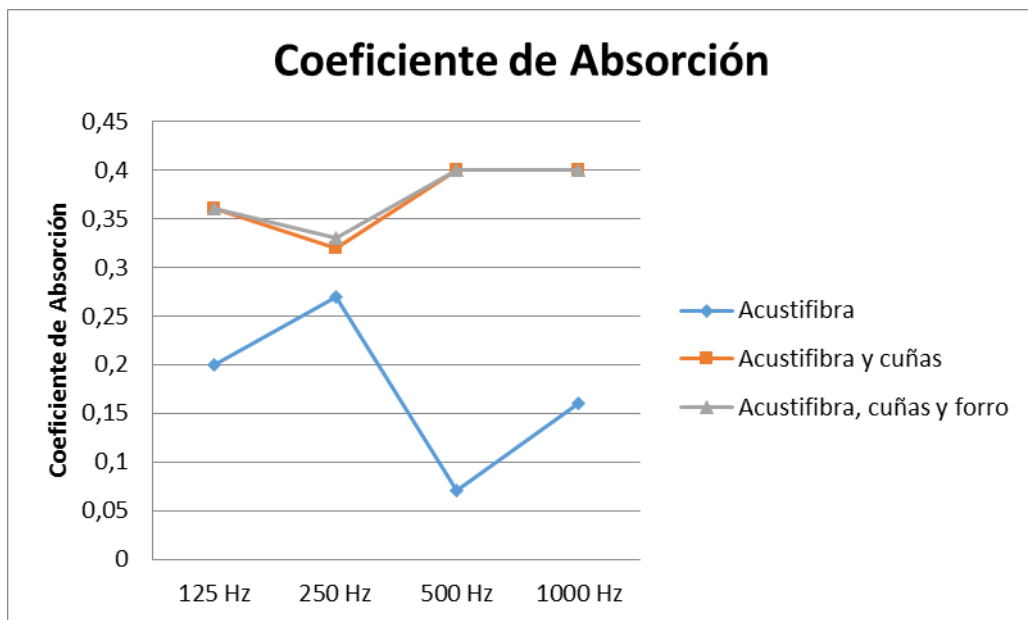
Tabla 18. Coeficiente de absorción. Acustifibra, cuñas y textil.

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Acustifibra, cuñas y forro	0.36	0.33	0.40	0.42

6.1.6. Resultados finales. Según los resultados de los coeficientes de absorción se presenta la siguiente grafica en la cual se muestra el grado de aumento de absorción de cada material. Para el grafico se utilizó:

1. Solo la Acustifibra.
2. La acustifibra montada en el segmento del panel (cuñas).
3. La acustifibra, el segmento del panel (cuñas) y el textil final que obtuvo mayor coeficiente de absorción.

Figura 74. Coeficiente final de absorcion del panel acustico.



6.1.7. Conclusiones.

1. Según los resultados en el proceso de coeficiente de absorción realizado a los materiales, se encontró que el más viable para lograr obtener menor reverberación en una oficina es la Acustifibra.

2. Teniendo en cuenta las pruebas con el material final (Acustifibra) pero así mismo añadiendo el segmento del panel (cuñas) se logra demostrar que la trampa que se crea por medio de las cuñas tiene efectividad sobre el coeficiente final de absorción del panel.
3. Para los diferentes textiles a los cuales se les realizaron las pruebas de absorción, se ha de notar que no existe gran variación en ellas, de esta manera el textil que más logra aumentar en pequeña proporción la absorción es el textil Mawi, no siendo muy notorio el cambio.

6.2. TIEMPO DE REVERBERACIÓN

6.2.1 Normatividad.

- UNE- EN ISO 3382-2: 2008. Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: tiempo de reverberación en recintos ordinarios.

6.2.2. Procedimiento de prueba

OBJETIVO

Hallar el tiempo que transcurre (medido en segundos), desde que la fuente emisora deja emitir sonido hasta que la presión sonora cae en 60 DB respecto a su valor inicial.

HIPOTESIS

Es posible disminuir la reverberación de una sala incorporando los paneles de absorción acústica.

VARIABLES

Se tiene como variables independientes el coeficiente de absorción, superficie y volumen tanto de la sala como del material; y como variable dependiente se considera el tiempo de reverberación.

MARCO TEORICO

Según el *Código Técnico de la Edificación (CTE)*, para aulas, salas de conferencias y oficinas vacías con niveles sonoros de 40 a 45 DB los tiempos óptimos de reverberación del sonido van desde 0.4 a 0.6 seg, teniendo un valor marginal de 0.7 seg.²⁷

INSTRUMENTOS

- Computador (modelado de la sala CAD).
- Calculadora.

PROCEDIMIENTO NORMALIZADO

Para la realización de este procedimiento se presentaron las siguientes condiciones:

- Ha de determinarse el tiempo de reverberación para la sala sin acondicionamiento acústico.
- Ha de determinarse el tiempo de reverberación para la sala con acondicionamiento acústico, a partir de material seleccionado según sea su mayor coeficiente de absorción.

²⁷ <http://www.noizacustica.com/ingenieria-acustica/codigo-tecnico/>

- Se tendrá en cuenta la frecuencia media de las bandas de octava, ya que en este tipo de sala la voz tiene los máximo de emisión
1. Descripción de la geometría de la sala.
 2. Determinar el volumen y superficie de la sala.
 3. Describir el coeficiente de absorción de cada uno de los materiales de la sala.
 4. Calculo del tiempo de reverberación.

6.2.3. Pruebas.

6.2.3.1. Sala sin acondicionamiento.

Paso 1. Geometría de la sala.

Figura 75. Geometria de la sala de estudio.

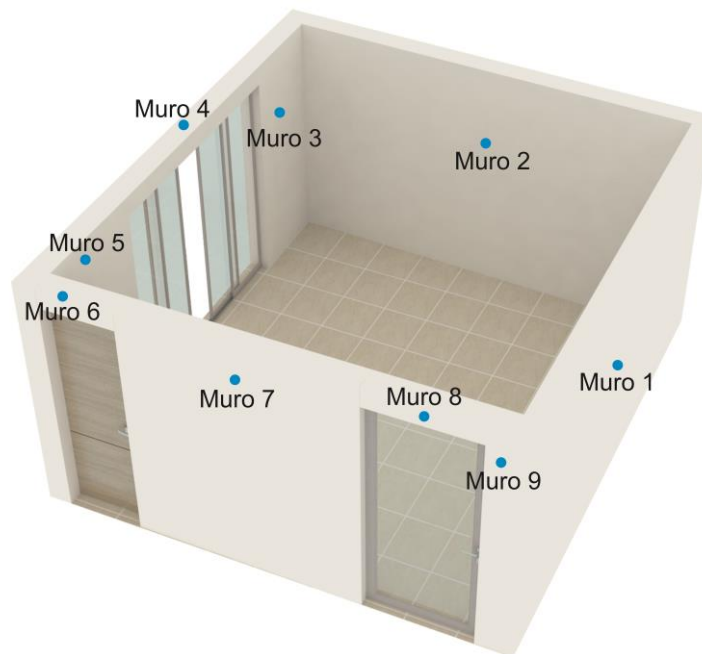


Tabla 19. Materiales de la sala de estudio.

Partes	Materiales
Muros	Placa de yeso
Techo	Placa de yeso
Piso	Porcelanato
Puerta	Madera
Puerta 1	Vidrio
Puerta corredera 4	Vidrio

Paso 2. Volumen y superficie total de cada material.

Tabla 20. Volumen y superficie total.

Partes	Superficie (m2)
Muro 1	10.248
Muro 2	9.6
Muro 3	2.208
Muro 4	0.474
Muro 5	2.784
Muro 6	0.142
Muro 7	5.064
Muro 8	0.2
Muro 9	0.48
TOTAL MUROS:	31.2
Techo	17.889
Piso	17.889
Puerta madera	1.533
Puerta vidrio 1	1.701
Puerta vidrio 4	5.237
Volumen	76.434 m3

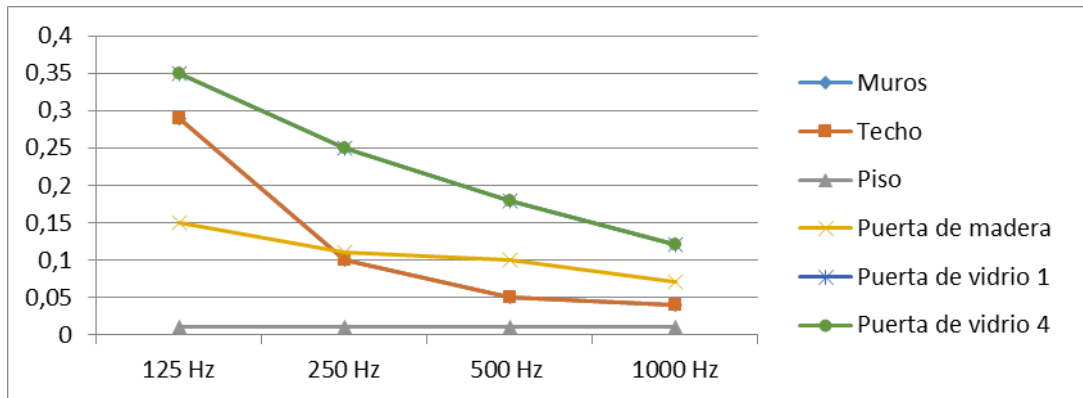
Paso 3. Coeficiente de absorción.

Tabla 21 Coeficiente de absorción de materiales de la sala.

Partes	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Muros	0.29	0.10	0.05	0.04
Techo	0.29	0.10	0.05	0.04
Piso	0.01	0.01	0.01	0.01
Puerta madera	0.15	0.11	0.10	0.07
Puerta vidrio 1	0.35	0.25	0.18	0.12
Puerta vidrio 4	0.35	0.25	0.18	0.12

Fuente: Noisesolver.com.

Figura 76. Diagramas de coeficientes de absorción.



Paso 4. Calculo tiempo de reverberación.

$$TR = \frac{0.161 V}{A}$$

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$T_{125Hz} = \frac{0.161 (76.434)}{(31.2 \times 0.29) + (17.889 \times 0.29) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.15) + (1.701 \times 0.35) + (5.237 \times 0.35)}$$

$$T_{125Hz} = \frac{12.305}{17.069}$$

$$T_{125Hz} = 0.72 \text{ Seg}$$

$$T_{250\text{Hz}} = \frac{0.161 (76.434)}{(31.2 \times 0.10) + (17.889 \times 0.10) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.11) + (1.701 \times 0.25) + (5.237 \times 0.25)}$$

$$T_{250\text{Hz}} = \frac{12.305}{6.988}$$

$$T_{250\text{Hz}} = 1.76 \text{ Seg}$$

$$T_{500\text{Hz}} = \frac{0.161 (76.434)}{(31.2 \times 0.05) + (17.889 \times 0.05) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.10) + (1.701 \times 0.18) + (5.237 \times 0.18)}$$

$$T_{500\text{Hz}} = \frac{12.305}{4.033}$$

$$T_{500\text{Hz}} = 3.05 \text{ Seg}$$

$$T_{1000\text{Hz}} = \frac{0.161 (76.434)}{(31.2 \times 0.04) + (17.889 \times 0.04) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.07) + (1.701 \times 0.12) + (5.237 \times 0.12)}$$

$$T_{1000\text{Hz}} = \frac{12.305}{3.08}$$

$$T_{1000\text{Hz}} = 3.99 \text{ Seg}$$

Figura 77. Diagrama tiempo de reverberacion de la sala sin acondicionamiento.



CONCLUSION

Según el código técnico de la edificación (CTE) el óptimo del tiempo de reverberación para una sala u oficina es de 0.4- 0.6 segundos, debido a esto se concluye que esta área de trabajo no cumple con la norma, iniciando su tiempo de reverberación en la frecuencia baja de 125 Hz en 0.72 segundos y su última frecuencia media de 1000 Hz en 3.99 segundos. Para este estudio se tendrá en cuenta la frecuencia baja y media, debido a que son los rangos en los cuales la voz está en su normal y máximo de emisión.

SALA CON ACONDICIONAMIENTO (PANEL)

Paso 1. Geometría de la sala.

Figura 78. Geometría de la sala de estudio con el panel.



Tabla 22. Materiales de la sala de estudio y panel.

Partes	Materiales
Muros	Placa de yeso
Techo	Placa de yeso
Piso	Porcelanato
Puerta	Madera
Puerta 1	Vidrio
Puerta corredera 4	Vidrio
Panel acústico	Fibra acústica

Paso 2. Volumen y superficie total de cada material.

- Superficie 1 panel: 0.56 m²
- Superficie 4 paneles colgantes: 4.48 m²
- Superficie 4 paneles de pared: 2.24 m²

Tabla 23. Volumen y superficie total.

Partes	Superficie (m²)
Muro 1	8
Muro 2	9.6
Muro 3	2.208
Muro 4	0.474
Muro 5	2.784
Muro 6	0.142
Muro 7	5.064
Muro 8	0.2
Muro 9	0.48
TOTAL MUROS:	28.95
Techo	17.889
Piso	17.889
Puerta madera	1.533
Puerta vidrio 1	1.701
Puerta vidrio 4	5.237
Panel acústico	6.72
Volumen	76.434 m³

Paso 3. Coeficiente de absorción

Tabla 24. Coeficiente de absorcion de materiales.

Partes	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
Muros	0.29	0.10	0.05	0.04
Techo	0.29	0.10	0.05	0.04
Porcelanato	0.01	0.01	0.01	0.01
Puerta madera	0.15	0.11	0.10	0.07
Puerta vidrio 1	0.35	0.25	0.18	0.12
Puerta vidrio 4	0.35	0.25	0.18	0.12
Panel acústico	0.36	0.33	0.40	0.42

Paso 4. Calculo tiempo de reverberación.

$$TR = \frac{0.161 V}{A}$$

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

$$T_{125Hz} = \frac{0.161 (76.434)}{(28.95 \times 0.29) + (17.889 \times 0.29) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.15) + (1.701 \times 0.35) + (5.237 \times 0.35) + (6.72 \times 0.36)}$$

$$T_{125Hz} = \frac{12.305}{18.835}$$

$$T_{125Hz} = 0.65 \text{ Seg}$$

$$T_{250Hz} = \frac{0.161 (76.434)}{(28.95 \times 0.10) + (17.889 \times 0.10) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.11) + (1.701 \times 0.25) + (5.237 \times 0.25) + (6.72 \times 0.33)}$$

$$T_{250Hz} = \frac{12.305}{6.988}$$

$$T_{250Hz} = 1.76 \text{ Seg}$$

$$T_{500Hz} = \frac{0.161 (76.434)}{(28.95 \times 0.05) + (17.889 \times 0.05) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.10) + (1.701 \times 0.18) + (5.237 \times 0.18) + (6.72 \times 0.40)}$$

$$T_{500Hz} = \frac{12.305}{6.608}$$

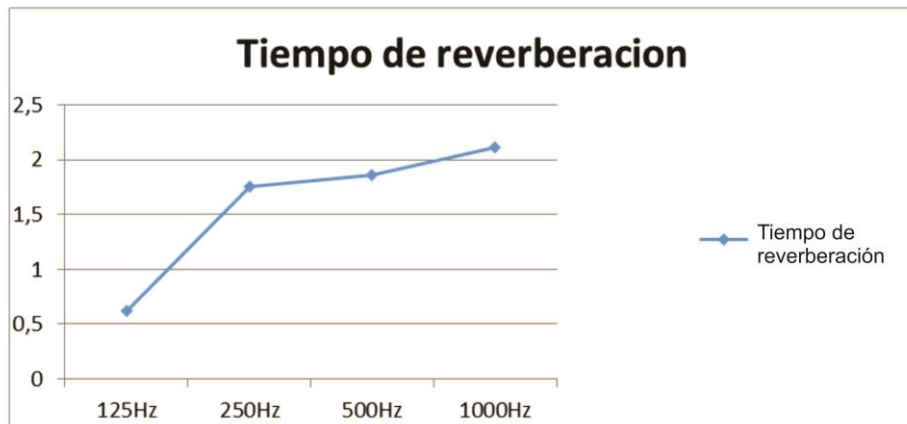
$$T_{500Hz} = 1.862 \text{ Seg}$$

$$T_{1000\text{Hz}} = \frac{0.161 (76.434)}{(28.95 \times 0.04) + (17.889 \times 0.04) + (17.889 \times 0.01) + (1.533 \times 0.07) + (1.701 \times 0.12) + (5.237 \times 0.12) + (6.72 \times 0.42)}$$

$$T_{1000\text{Hz}} = \frac{12.305}{5.812}$$

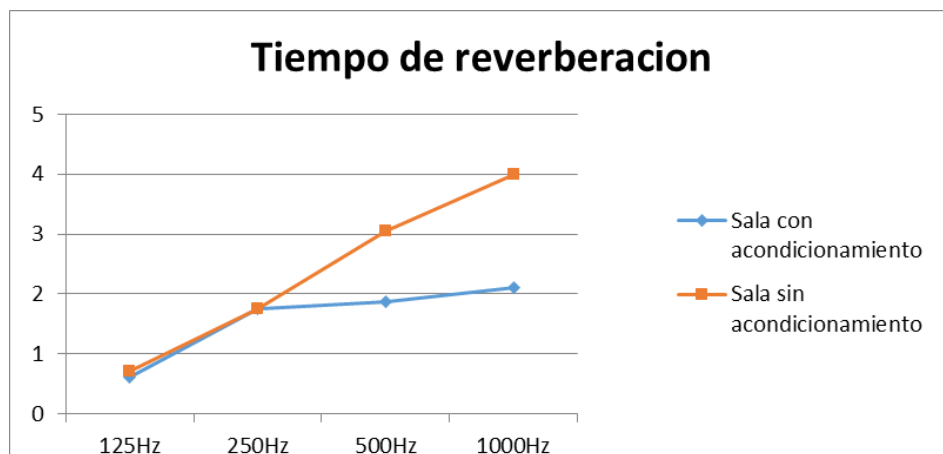
$$T_{1000\text{Hz}} = 2.11 \text{ Seg}$$

Figura 79. Diagrama tiempo de reverberacion de la sala con acondicionamiento.



6.2.4. Resultados. En el siguiente grafico se muestran los resultados de una misma sala, con y sin acondicionamiento acústico para frecuencias bajas y medias.

Figura 80. Diagrama reverberacion final de la sala.



6.2.5. Conclusiones. Se concluye a partir de los resultados la disminución de la reverberación del área de oficina, con esto se demuestra que si es eficiente el acondicionamiento acústico planteado en este proyecto. Sin embargo a pesar de que los resultados obtenidos por medio de los experimentos se demuestra que no se disminuye según lo establece la norma del código técnico (CT) para que exista inteligibilidad de la palabra y mejorar las condiciones de trabajo, aun así se logró reducir en gran manera la reverberación de la oficina objeto de experimento (Figura 80. Diagrama de la reverberación final de la sala).

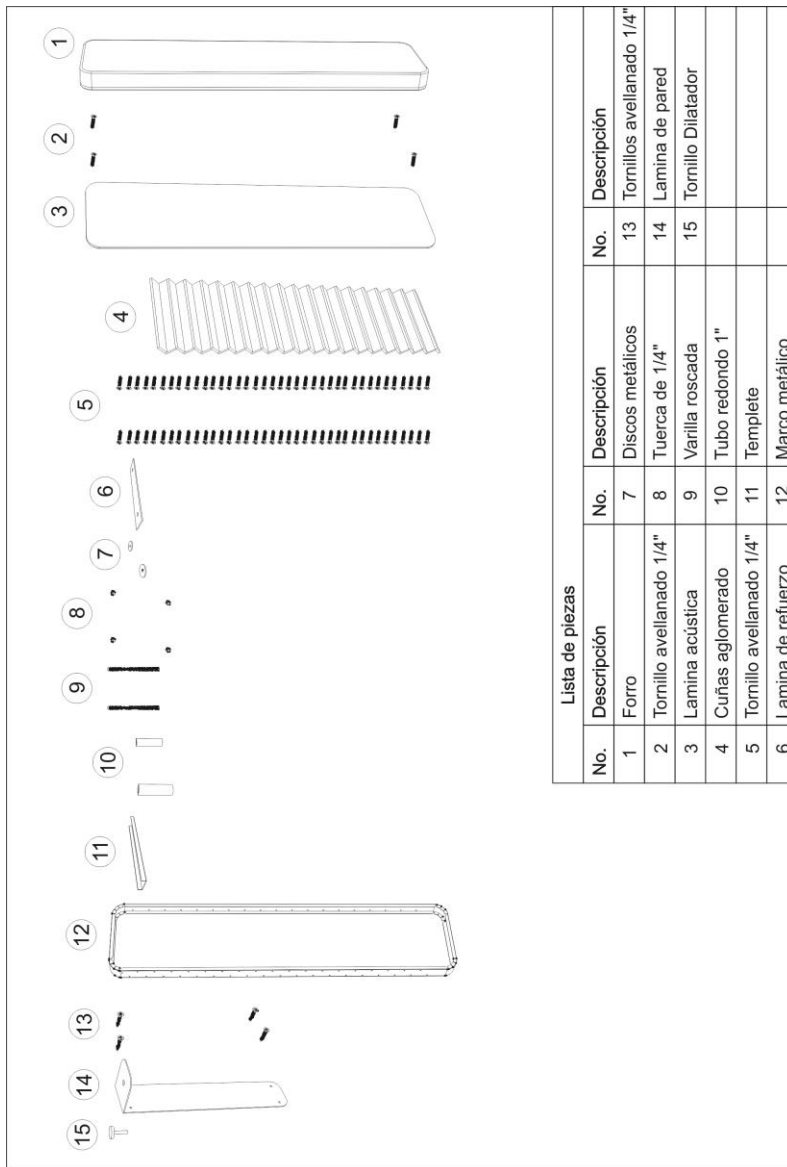
Con lo cual se permite deducir, que en cualquier área donde se presente reverberación y se incluyan los paneles acústicos desarrollados en este proyecto ha de disminuirse el tiempo de reverberación de la sala u oficina según sean los demás materiales con los cuales estén construidas las áreas de trabajo.

7. CONSTRUCCION Y DETALLE

7.1. PARTES/ EXPLOSIÓN

7.1.1. Panel de pared.

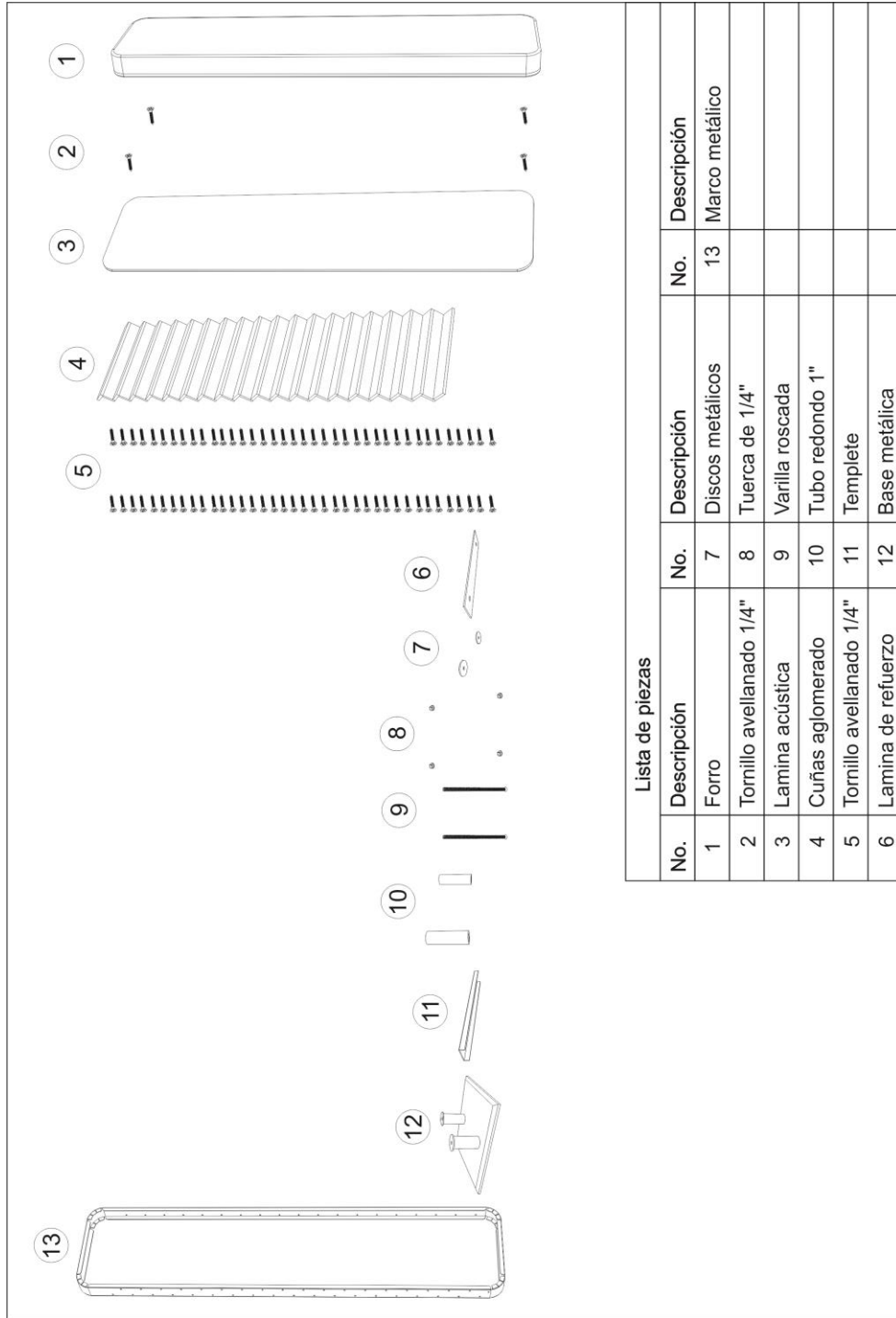
Figura 81. Explosión de partes, panel de pared.



Lista de piezas					
No.	Descripción	No.	Descripción	No.	Descripción
1	Forro	7	Discos metálicos	13	Tornillos avellanado 1/4"
2	Tornillo avellanado 1/4"	8	Tuerca de 1/4"	14	Lamina de pared
3	Lamina acústica	9	Varilla roscada	15	Tornillo Dilatador
4	Cuñas aglomerado	10	Tubo redondo 1"		
5	Tornillo avellanado 1/4"	11	Templete		
6	Lamina de refuerzo	12	Marco metálico		

7.1.2. Panel de piso.

Figura 82. Explosion de partes, panel de piso.

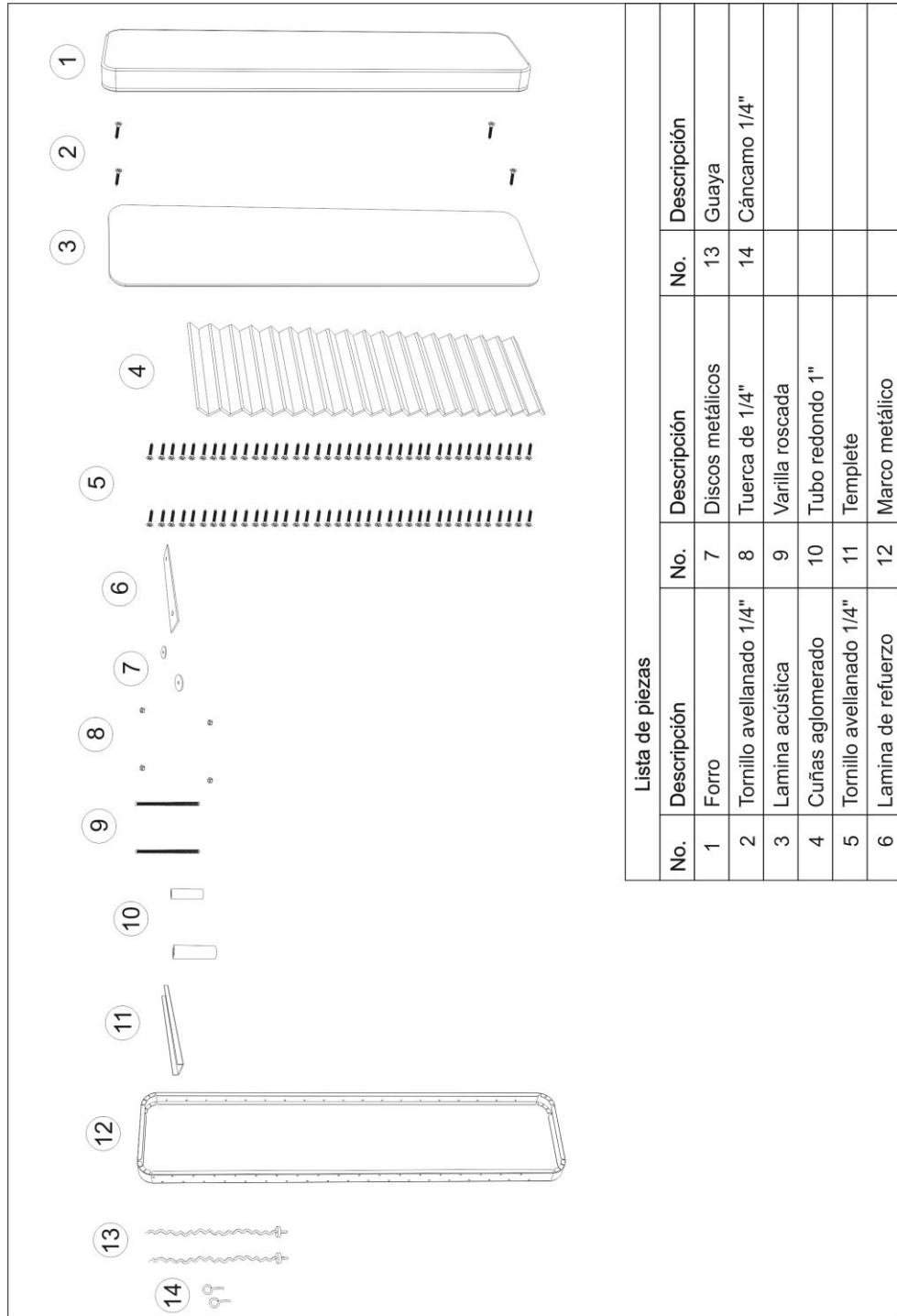


Lista de piezas

No.	Descripción	No.	Descripción	No.	Descripción
1	Forro	7	Discos metálicos	13	Marco metálico
2	Tornillo avellanado 1/4"	8	Tuerca de 1/4"		
3	Lamina acústica	9	Varilla roscada		
4	Cuñas aglomerado	10	Tubo redondo 1"		
5	Tornillo avellanado 1/4"	11	Templete		
6	Lamina de refuerzo	12	Base metálica		

7.1.3. Panel colgante.

Figura 83. Explosion de partes, panel colgante.



Lista de piezas					
No.	Descripción	No.	Descripción	No.	Descripción
1	Forro	7	Discos metálicos	13	Guaya
2	Tornillo avellanado 1/4"	8	Tuerca de 1/4"	14	Cáncamo 1/4"
3	Lamina acústica	9	Varilla roscada		
4	Cuñas aglomerado	10	Tubo redondo 1"		
5	Tornillo avellanado 1/4"	11	Templete		
6	Lamina de refuerzo	12	Marco metálico		

7.2 PLANOS

Figura 84. Plano estructura metalica.

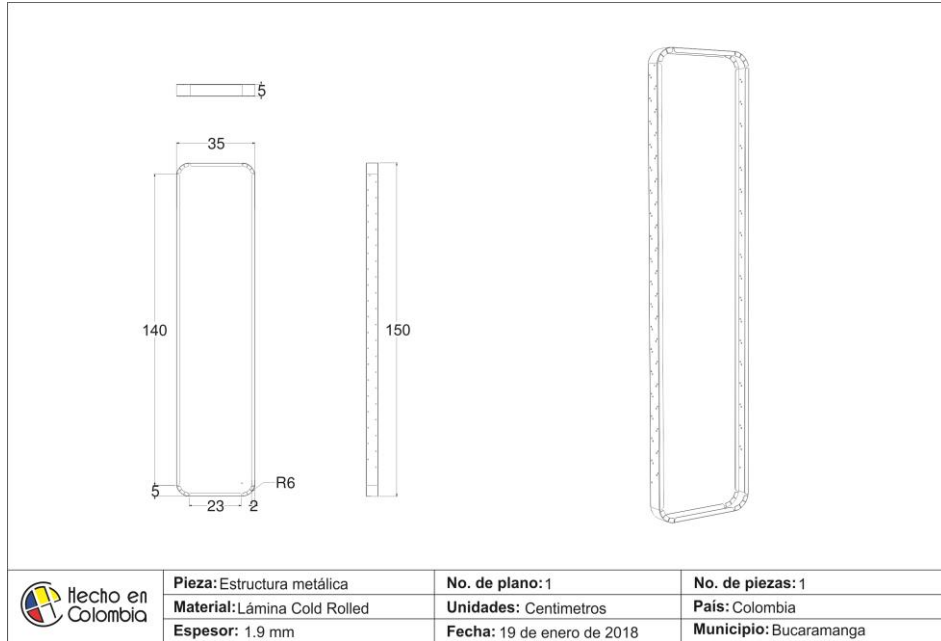


Figura 85. Plano forro.

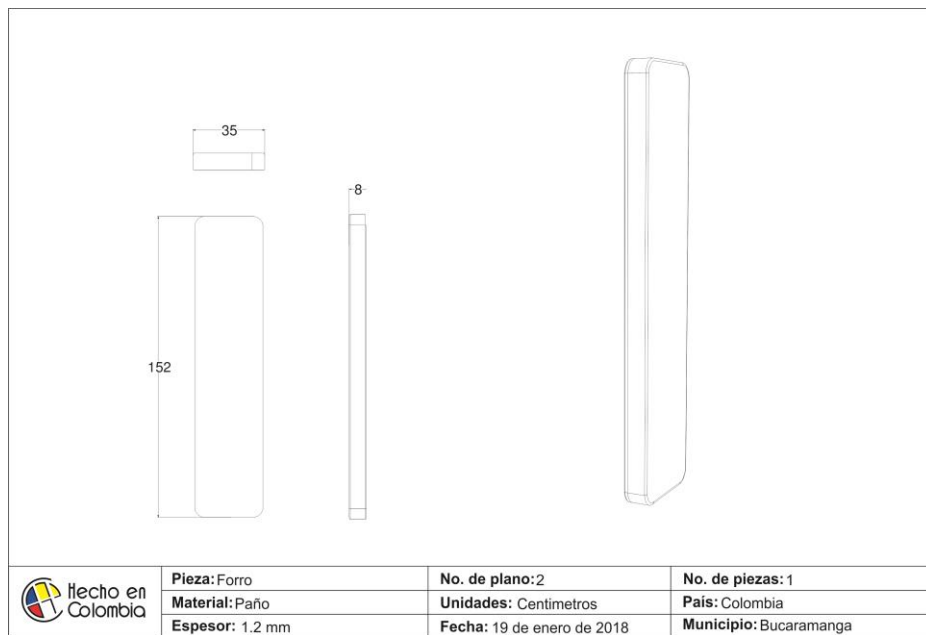


Figura 86. Plano lamina acustica.

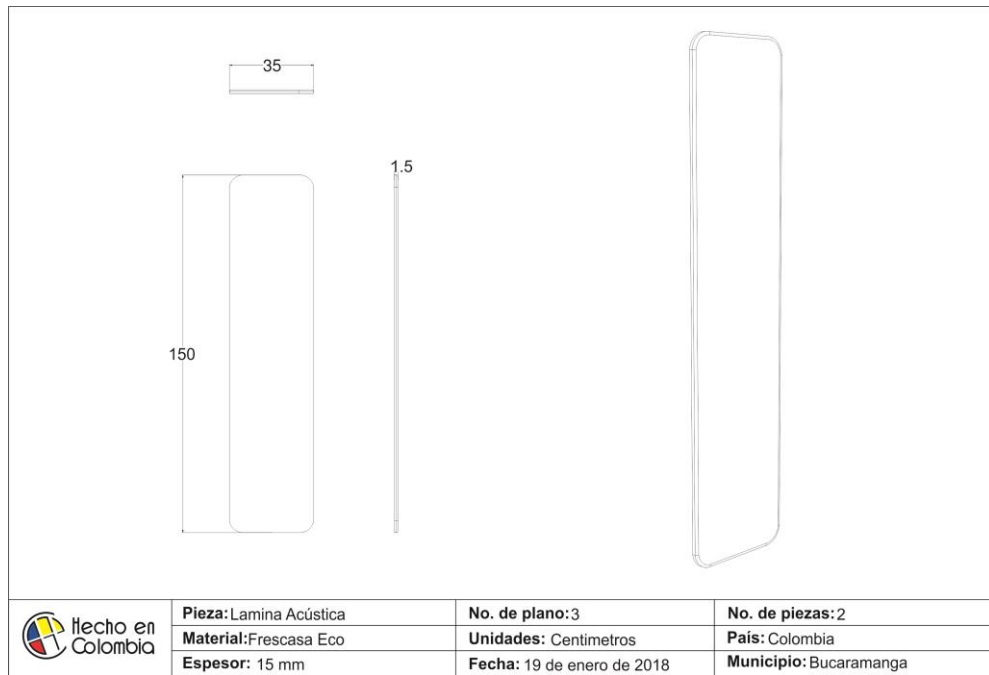


Figura 87. Plano cuñas.

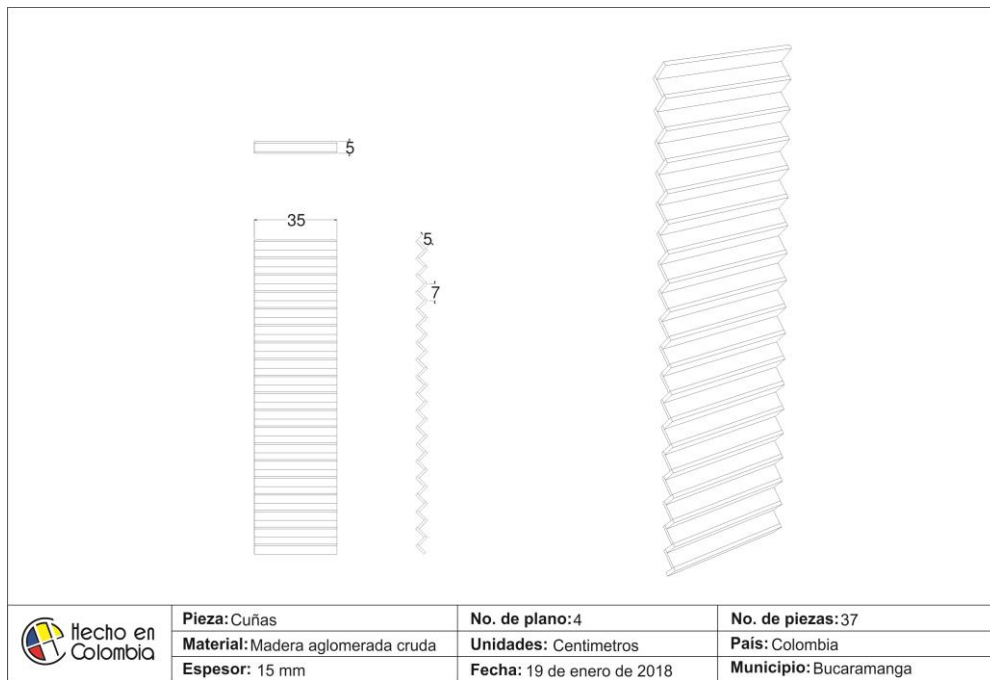


Figura 88. Plano templete.

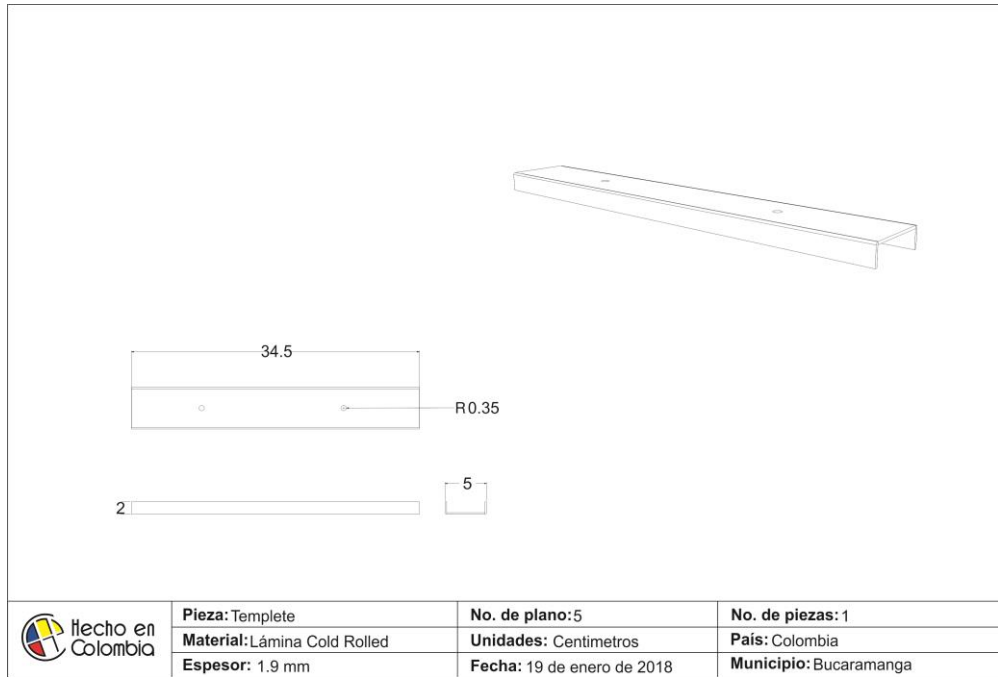


Figura 89. Plano tubo redondo.

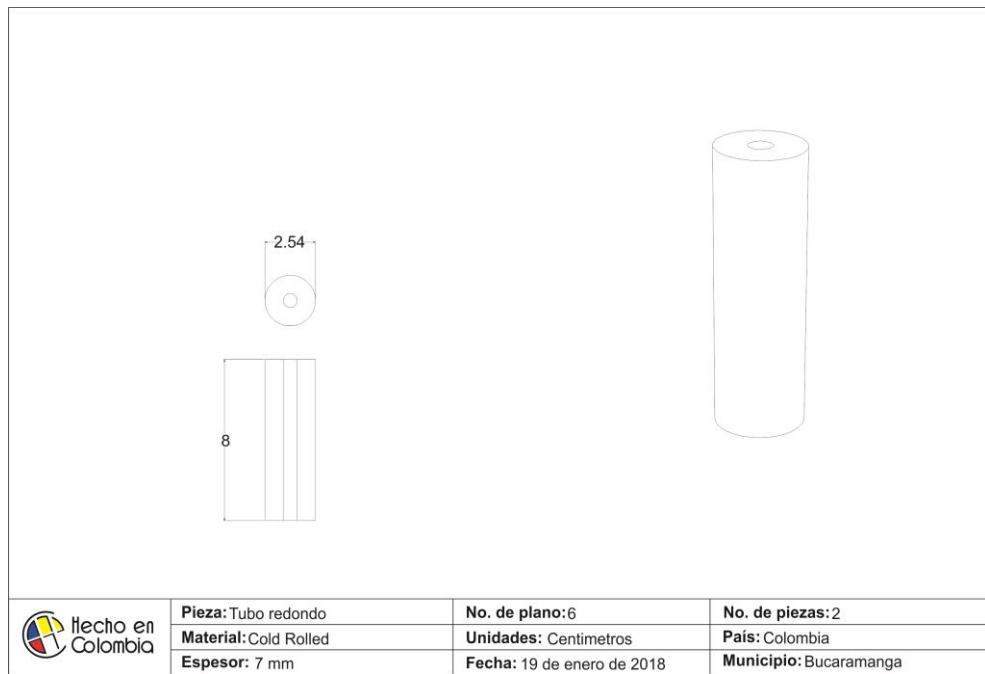


Figura 90. Plano lamina de refuerzo.

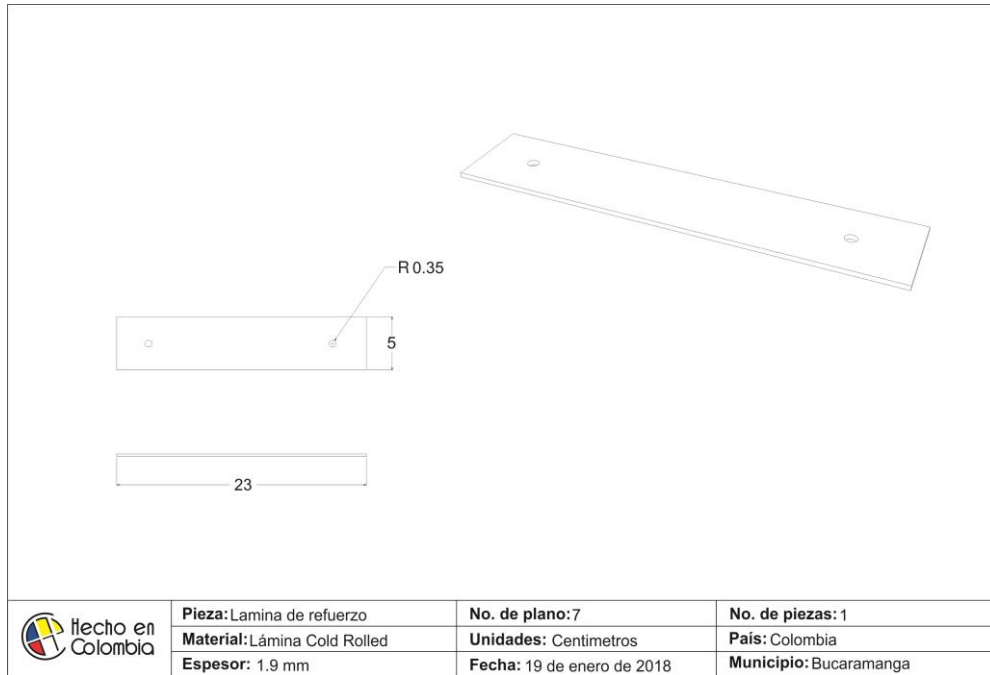


Figura 91. Plano lamina de pared.

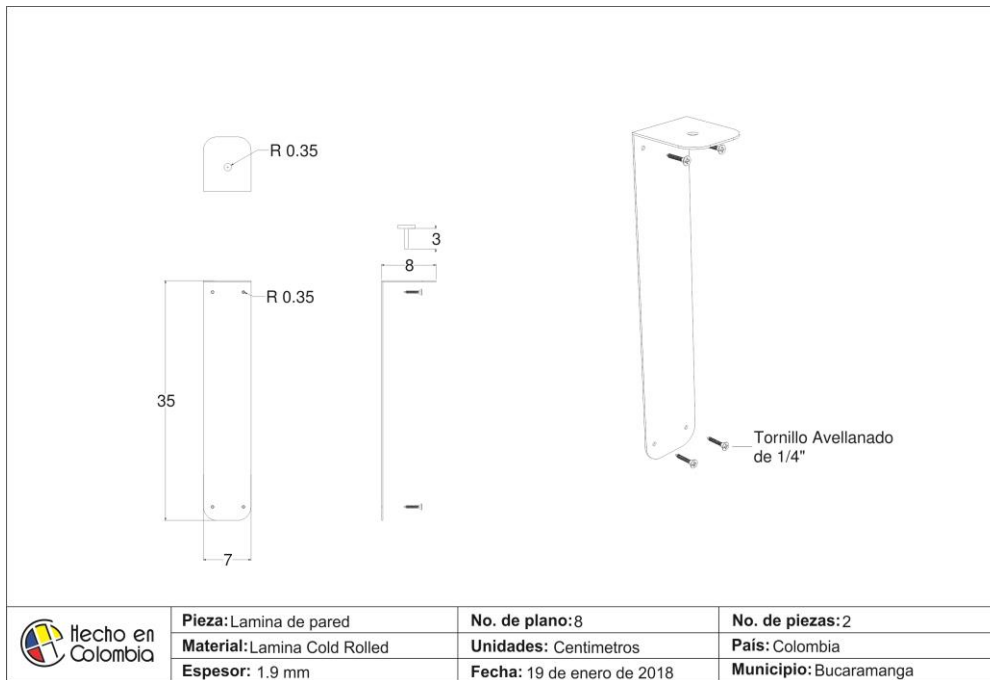


Figura 92. Plano esparrago.

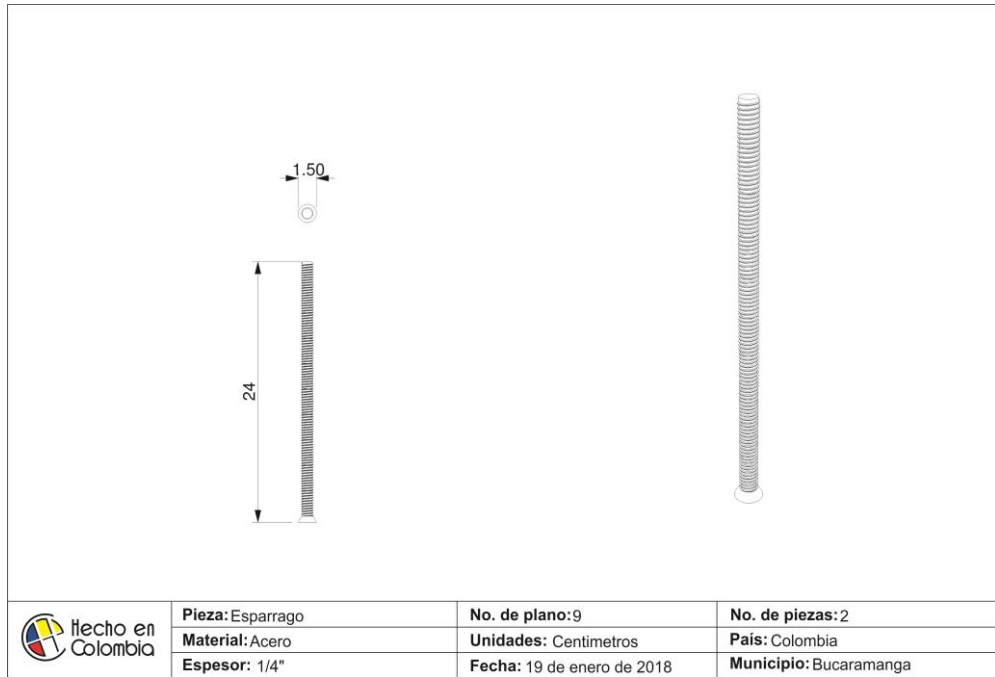
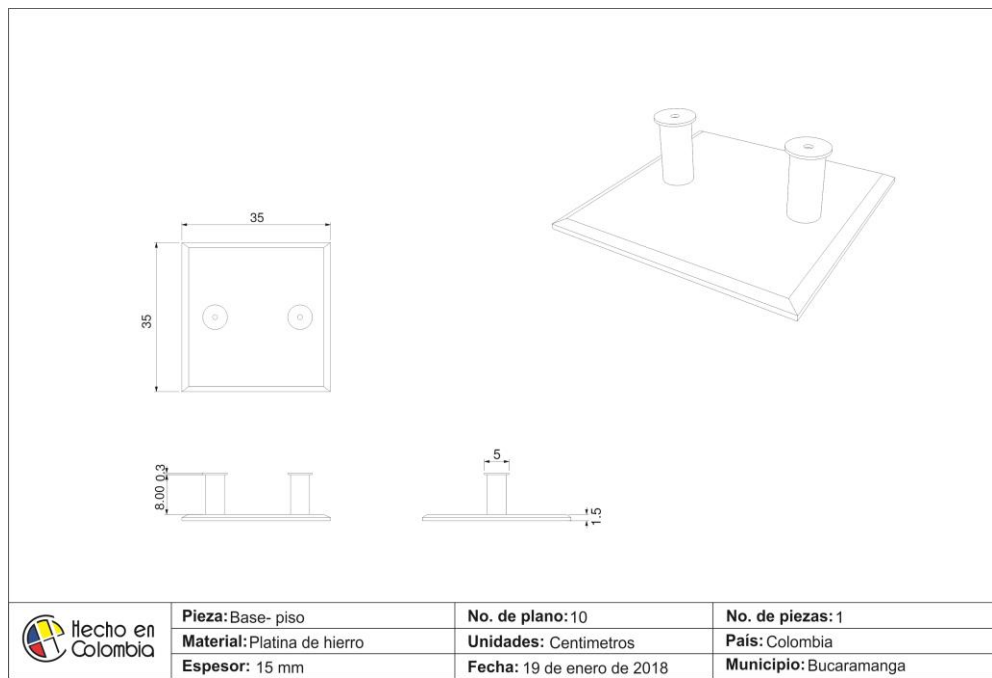
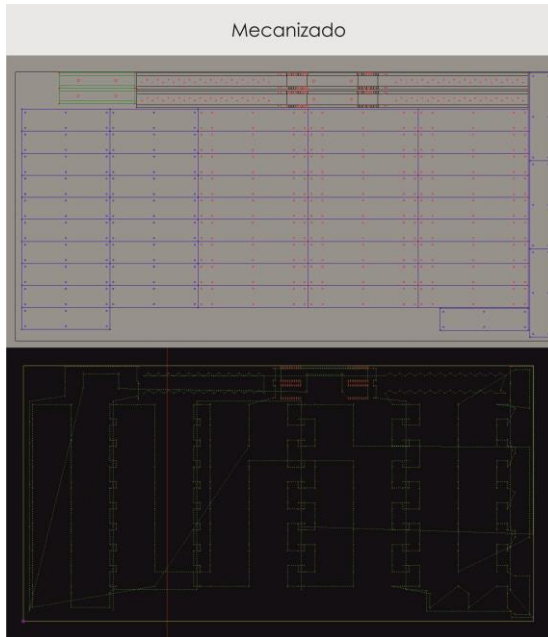


Figura 93. Plano base piso.



7.3. PROCESOS DE FABRICACIÓN.

Figura 94. Proceso de mecanizado.



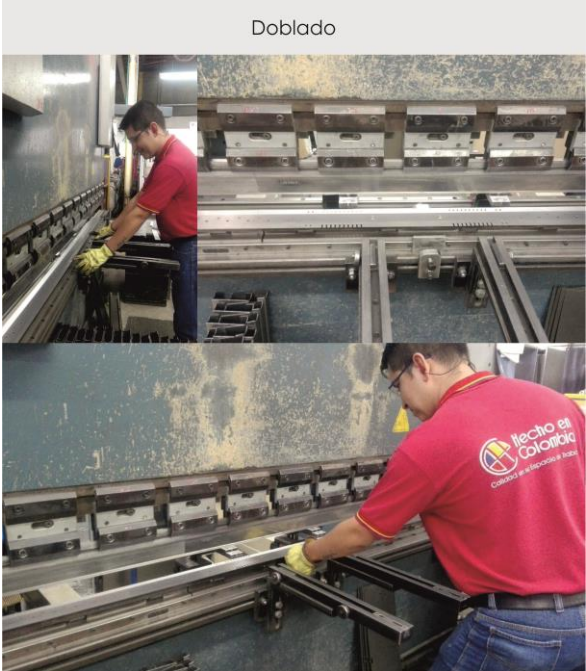
Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 95. Proceso de corte.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 96. Proceso de doblado.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 97. Proceso de armado y soldadura.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 98. Proceso de armado y soldadura.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 99. Proceso de corte y armado.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 100. Proceso de punzonado.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 101. Proceso de pintura.



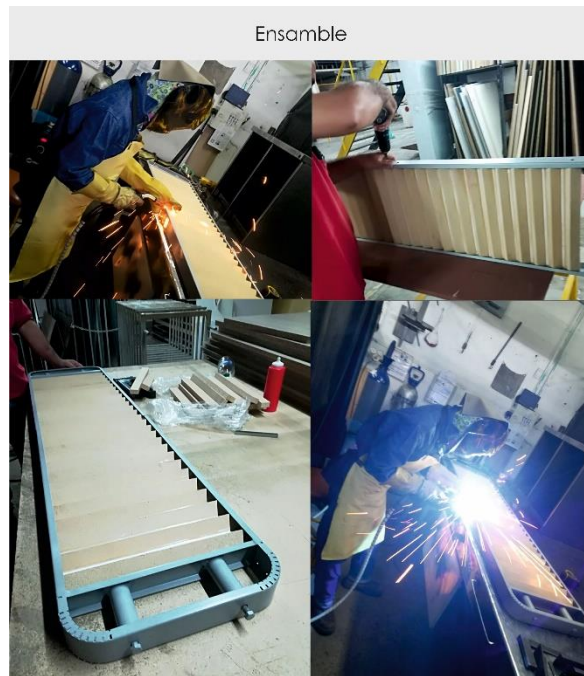
Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 102. Proceso de corte/ lamina acustica.



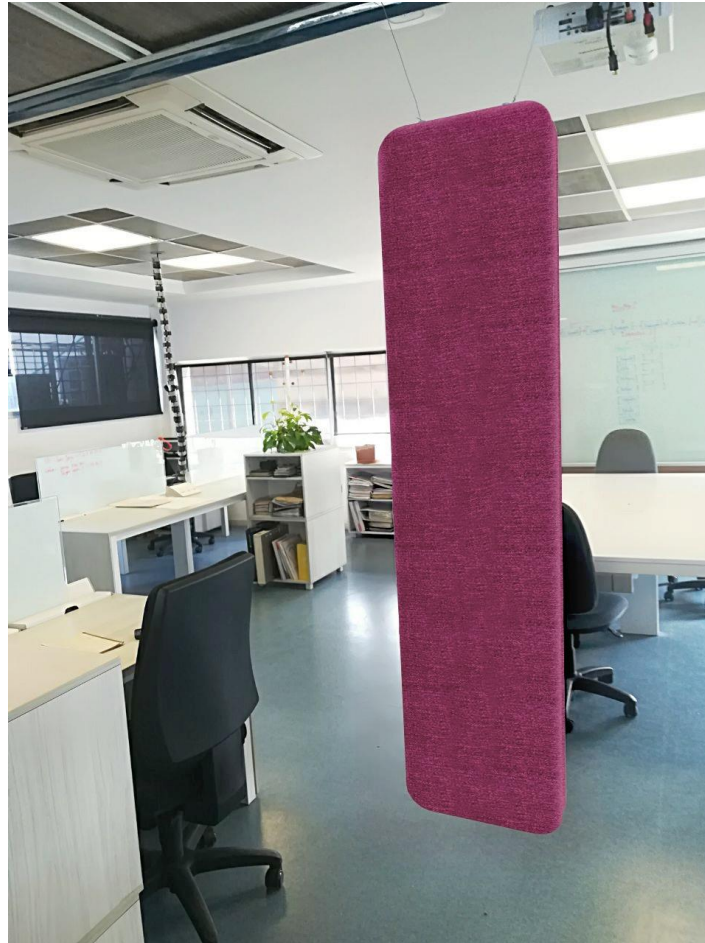
Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 103. Proceso de ensamble.



Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

Figura 104. Panel final/ colgante.











Fuente: Planta de produccion Hecho en Colombia Ltda.

7.4. DIAGRAMA DE ACTIVIDADES, HERRAMIENTA Y TIEMPO

Para la siguiente tabla se tuvo en cuenta las partes a fabricar, asignándole a cada una de ellas las actividades para el proceso de fabricación, a su vez el área y maquinaria a utilizar en la empresa Hecho en Colombia en el que se desarrollaría cada actividad.

Para cada uno de los procesos se tuvo en cuenta el tiempo que se llevó a cabo desde el inicio hasta su finalización, esto para conocer el tiempo de fabricación total del panel.

Figura 105. Diagrama de actividades, herramienta y tiempo.

Imagen	Actividad	Área / Contexto	Herramienta	Tiempo
 Marco metálico	1. Modulación. 2. Mecanizado. 3. Punzonado. (Guías de corte, guías de dobles y soldadura). 4. Corte lamina metálica. 5. Corte de lamina de madera - molde. 6. Doblado. 7. Soldadura y pulida. 8. Pintura. (Electrostática gris tormenta).	Metal- mecánica. Pintura.	- Computador (software). - Punzonadora de control numérico. - Cortadora de metal de control numérico. - Sierra de banco. - Caladora. - Dobladora de control numérico. - Equipo de soldadura. - Pintura.	4 horas 30 min
 Forro	1. Modulación. 2. Guías de corte. 3. Corte. 4. Costura.	Tapicería.	- Tijeras. - Maquina de cocer.	60 min
 Lamina acústica	1. Modulación. 2. Guías de corte. 3. Corte.	Tapicería.	- Tijeras. - Maquina de cocer.	30 min
 Cuñas	1. Modulación. 2. Mecanizado. 3. Corte. 4. Armado. (tornillos).	Centro de mecanizado de maderas.	- Computador (software). - CNC de control numérico.	2 horas 30 min
 Templete	1. Modulación. 2. Mecanizado. 3. Punzonado. (Guías de corte y guías de dobles). 4. Corte lamina metálica. 5. Doblado. 6. Pintura. (Electrostática gris tormenta).	Metal- mecánica. Pintura.	- Computador (software). - Punzonadora de control numérico. - Cortadora de metal de control numérico. - Dobladora de control numérico. - Pintura.	30 min
 Tubo redondo	1. Modulación. 2. Guías de corte. 3. Corte. 4. Pulida.	Metal- mecánica. Pintura.	- Tronzadora neumática. - Pulidora.	15 min
 Lamina de refuerzo	1. Modulación. 2. Mecanizado. 3. Punzonado. (Guías de corte). 4. Corte lamina metálica. 5. Pulida. 6. Pintura. (Electrostática gris tormenta).	Metal- mecánica. Pintura.	- Computador (software). - Punzonadora de control numérico. - Cortadora de metal de control numérico. - Pintura.	15 min
 Lamina de pared	1. Modulación. 2. Mecanizado. 3. Punzonado. (Guías de corte y guías de dobles). 4. Corte lamina metálica. 5. Doblado. 6. Pulida. 7. Pintura. (Electrostática gris tormenta).	Metal- mecánica. Pintura.	- Computador (software). - Punzonadora de control numérico. - Cortadora de metal de control numérico. - Dobladora de control numérico. - Pintura.	30 min
	ENSAMBLE	Zona de armado	Proceso manual	60 min

Fuente: Produccion Hecho en Colombia

7.5. ANÁLISIS MODAL DE FALLA Y EFECTOS.

En la siguiente tabla se plantea un análisis de posibles fallos para cada componente del panel acústico, clasificando la gravedad a la cual están expuestos y donde se encuentra el mayor grado de gravedad, teniendo en cuenta que 5 es el mayor grado y 1 el menor, de igual manera se describe cual sería la causa potencial de tal fallo.

Tabla 25. Analisis modal de falla y efecto.

COMPONENTE	FUNCION	MODO DE FALLO	GRAVEDAD	CAUSA DE POTENCIAL FALLO
Marco	Forma y estructura	Puntos de soldadura	3	Desprendimiento o puntos de soldadura
Cuñas	Estructurabilidad y absorción acústica	Unión entre las laminas	4	Desprendimiento o del tornillo
Lamina acústica	Absorción acústica y revestimiento del marco	Rompimiento	1	Procesos humanos
Forro	Estética, absorción acústica y protección	Rompimiento	1	Cantos con filos y/o procesos humanos
Lamina de pared	Fijar el panel a la pared	Doblamiento de la lamina	5	Peso del panel
Base metálica	Fijación del panel y estabilidad	Doblamiento por golpe	5	Procesos humanos
Guaya	Suspensión del panel	Rompimiento	5	Peso del panel

7.6. RENDERS.

Figura 106. Render de pared/ Auditorio.



Figura 107. Render de piso/ Area de presentaciones.



Figura 108. Render colgante/ Biblioteca.



7.7. DIAGRAMA DE USO

Figura 109. Diagrama de uso panel de piso.

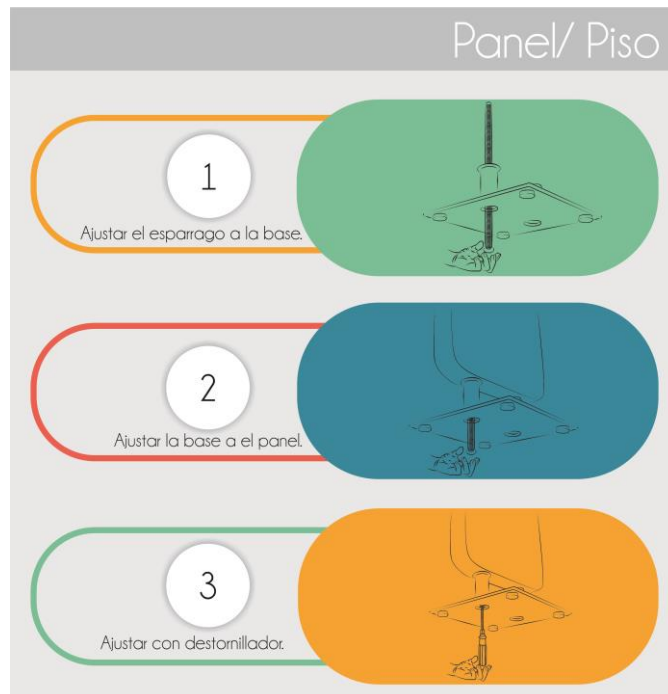


Figura 110. Diagrama de uso panel de pared.

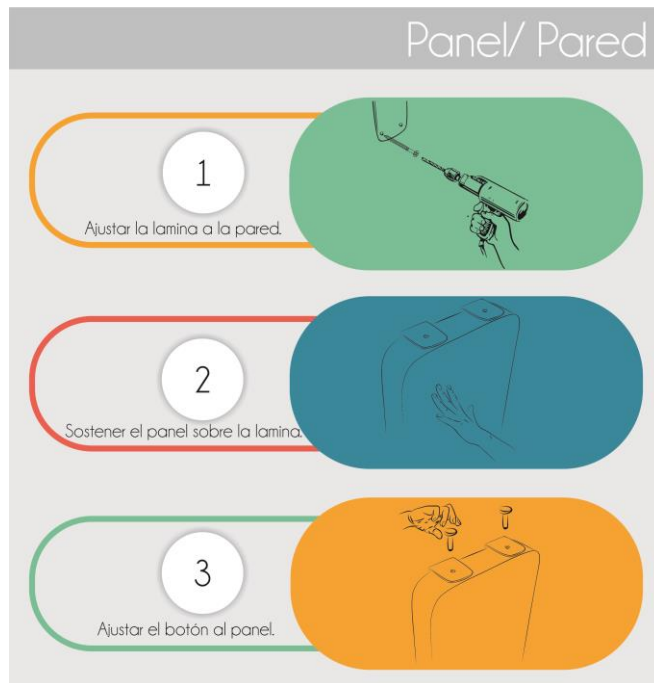
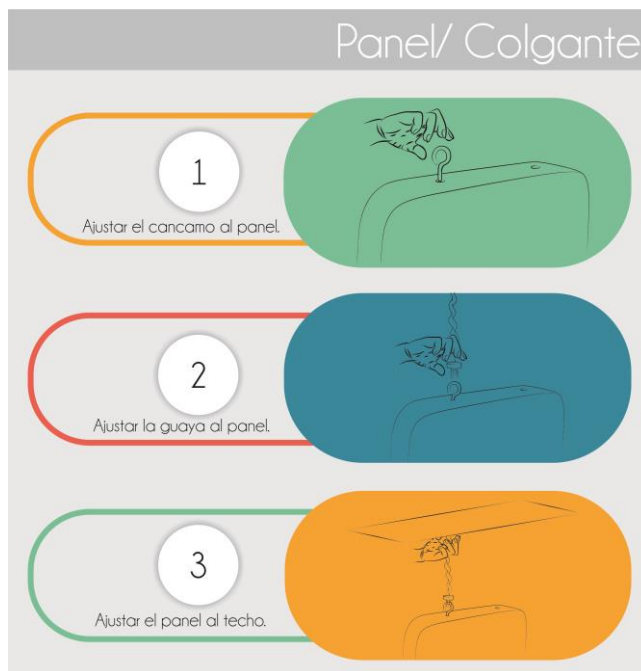


Figura 111. Diagrama de uso panel colgante.



7.8. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO.

Figura 112. Ciclo de vida del producto.



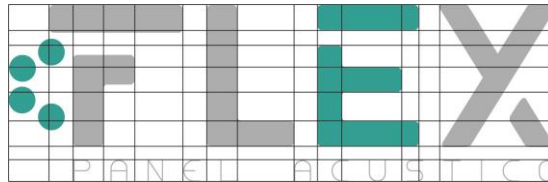
8. MARCA

8.1. NOMBRE

“FLEX, panel acústico”

8.2. PLANIMETRÍA

Figura 113. Planimetria.



8.3. LOGO COLOR

Figura 114. Logo color.



8.4. LOGO BLANCO Y NEGRO

Figura 115. Logo blanco y negro.



8.5. TIPOGRAFÍA

Figura 116. Tipografía.



8.6. ETIQUETA

Figura 117. Etiqueta.



8.7. EMPAQUE

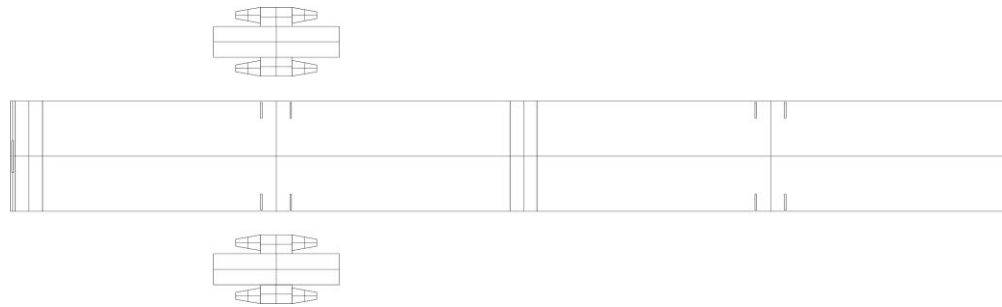
Figura 118. Empaque.



Figura 119. Empaque/ simbolos.



Figura 120. Plano empaque.



9. CONCLUSIONES

- Se concluye que a partir del acondicionamiento por medio del panel acústico diseñado se logra disminuir la reverberación en las bandas de octava de las frecuencias bajas y medias (Ver figura 80. Diagrama de reverberación final de la sala). Esto se logra acondicionando el área de trabajo con 4 paneles colgantes y 4 paneles de pared para esta sala estudiada.
- La disminución de la reverberación total de una oficina depende de la cantidad de paneles incluidos en ella y del coeficiente de absorción de cada material de las superficies que hay en ella.
- Se demuestra por medio de pruebas realizadas en laboratorio que las cuñas como trampas de sonido aumentan el coeficiente de absorción del panel permitiendo que las ondas de sonido choquen en varias oportunidades sobre dicha superficie, de tal manera que la intensidad de la onda final reflejada es menor que la intensidad de la onda inicial emitida.
- La base rectangular diseñada para el panel acústico de piso (Ver figura 93. Plano base piso) planteada en el proceso de diseño y detalle, fue necesario variarla en su diseño, debido al alto costo (\$155.000 cada una) lo cual dificultaría que este modelo funcional pudiera llegar a ser fabricado y comercializado por la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda.
- En la fabricación del segundo y tercer panel, los procesos de producción fueron optimizados disminuyendo el número de puntos de soldadura en un 50% y el número de punzonados en un 90%; lo cual permite deducir que el costo del panel fue disminuido en un 50% (incluyendo la base).

- Por estética y un mínimo en el aumento del coeficiente de absorción del panel se propone el textil Mawi, para otros casos, según sea el área el área de trabajo puede ser utilizado uno de los otros textiles estudiados en el laboratorio, esto debido al alto costo de algunos de los textiles y el contacto directo que tenga el usuario con el panel.
- Es indispensable incorporar un forro aparte del ya planteado, el cual encierre la fibra acústica de manera que al ser quitado el forro exterior el usuario no tenga contacto directo con la fibra.
- Como atributo, este modelo de panel acústico fue elaborado a partir de materiales ecológicos (madera aglomerada) y productos reciclados del sobrante de otros proyectos ya fabricados por la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda.
- Como propuesta de valor de este proyecto de modelo de práctica empresarial se concluye que su diseño estructural y los procesos productivos establecidos favorecen a la implementación en otro tipo de producto acústico para mobiliario de oficina.
- Después de estar en contacto directo con la realidad de la industria del diseño es indispensable conectar el diseño, con procesos productivos, tiempos de fabricación, calidad del producto y costos para el desarrollo de un producto, estos son factores que en la realidad de la industrial colombiana harán de un producto viable a comercializar.

El desarrollo exitoso de un producto resulta en productos que se pueden producir y vender con rentabilidad.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ BAYONA, Teresa. Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación [en línea] disponible en: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>

ARIZMENDI, L. J. Contaminación acústica y urbanismo. Fundación Bancaja (ed.), La contaminación sonora: evaluación efectos y control. 1995

BUZZI SPACE Kalpakian [en línea] disponible en <http://buzzi.space/dealers/kalpakian-2/>

CASTAÑEDA Jaime Andrés, GONZÁLEZ Héctor Álvaro. Medición del coeficiente de absorción del sonido Scientia et Technica Año X, No 25, Agosto 2004. UTP. ISSN 0122-1701 101 [en línea] disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/7219/4247>

CASTILLO Joaquín, COSTA Alejandro. Características físicas de materiales absorbentes sonoros porosos [en línea] disponible en: <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0412E1-Castillo-Costa.pdf>

CONCEPTO DEFINICIÓN acústica [en línea] disponible en <http://conceptodefinicion.de/acustica/>

CONCEPTO DEFINICION Sonido [en línea] disponible en: <http://conceptodefinicion.de/sonido/>

CONTAMINACION ACUSTICA. La contaminación acústica [en línea] disponible en:
<http://contaminacionacustica.net/la-contaminacion-acustica/>

CURSO DE ACÚSTICA, acondicionamiento acústico [en línea] disponible en
<http://www.ehu.eus/acustica/espanol/ruido/acaces/acaces.html>

EHU tiempo de reverberación [en línea] disponible en:
<http://www.ehu.eus/acustica/espanol/salas/tires/tires.html>

EUMUS Acústica Arquitectónica [en línea] disponible en:
<http://www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/cap04.pdf>

EVEREST A. "The Master Handbook Of Acoustics". 4 th Edition McGraw-Hill, 2001.

FCEIA Criterios sobre ruido de la organización mundial de la salud [en línea]
disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/omscrit.htm>

FIBERGLASS COLOMBIA [en línea] disponible en: <http://fiberglasscolombia.com/>

FORSMAN Jonas Interior fitting acoustic panel [en línea] disponible en
http://www.archiexpo.com/prod/abstracta/product-79076-650856.html#product-item_1202229

GORDILLO, D. Contaminación por ruido. En: Ecología y contaminación ambiental.
México D.F: Interamericana, 1995 p.79-89

HARRIS, Cyril. Manual de medidas acústicas y control del ruido / Cyril m. Harris. –
3a ed. España: McGraw-Hill companies inc.1995, capítulo 30.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Norma técnica colombiana NTC 3520. 1993

KINSLER, Lawrence E. Fundamentos de la acústica. – 3a ed. México: Editorial Limusa, 1988, capítulo 7y 8.

MADEREA. Porque la madera es un buen aislante acustico [en línea] disponible en: <https://www.maderea.es/por-que-la-madera-es-un-buen-aislante-acustico/>

MARTINEZ TORIO, Alexandra. Materiales Absorbentes en Arquitectura Acústica [en línea] disponible en: https://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_08_09/io3/public_html/MaterialesI.html

MATERIALES ANDIMAT. Soluciones de aislamiento acústico [en línea] disponible en: <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf>

MINISTERIO DE SALUD. Resolución 8321 del 4 de Agosto de 1.982.

MIYARA, Federico. Acústica y sistemas de sonido. Editorial UNR, Universidad nacional de rosario, 2006, capítulo 4 acústica arquitectónica.

NOISMART. Diseño biofilico solución para reducir el ruido en las oficinas [en línea] disponible en: <https://www.noismart.com/disenio-biofilico-solucion-para-reducir-el-ruido-en-las-oficinas/>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). Guías para el ruido urbano. Ginebra.1999. P 1-6.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Ruido [en línea] disponible en:
<http://www.who.int/topics/noise/es/>

PAUL MARISOL. Claves para conseguir una oficina libre de ruidos [en línea] disponible en:
http://cincodias.elpais.com/cincodias/2007/11/21/sentidos/1195615636_850215.html

RUSSELL, Daniel A. GMI Engineering & Management Institute, Absorption Coefficients and impedance, [www.gmi.edu/~drussell/GMI-Acoustics Absorption.html](http://www.gmi.edu/~drussell/GMI-AcousticsAbsorption.html).

TECTONICA ONLINE. Hexagonales fibra madera fonoabsorbentes paneles form with love dekor [en línea] disponible en:
http://www.tectonicaonline.com/productos/2491/hexagonales_fibra_madera_fonoabsorbentes_paneles_form_with_love_dekor/

TREVOR J. C., Dantonio P. "Acoustic absorbers". Taylor y Francis Group. 2004
ULRICH Karl T., EPPINGER Steven D Diseño y desarrollo de productos -. - 5ta Edición, 2004.

WYHATT, Mason. Sound Absorbing Materials, www.noisecontrol.net/materials.html.

ZULUAGA ECHEVERRY. Claudia Lucía Un aporte a la gestión del ruido urbano en Colombia, caso de estudio: Municipio de Envigado [en línea] disponible en:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2027/1/32106032.2009.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Encuesta realizada a usuarios.

La presente encuesta fue realizada a un grupo de 30 personas que laboran en oficinas cerradas donde su tiempo de labor es de 8 horas diarias.

Nombre:		
Edad:		
Profesión/ Cargo:		
Fuentes de interacción del sonido		Su espacio de trabajo es:
Aires acondicionados	Atención al público	Compartido
Computadores	Impresoras	Individual
Teléfonos		



ENCUESTA A USUARIOS Practica Empresarial

ENCHAPE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE TRABAJO

Teniendo en cuenta que la **reverberación** es la refracción de sonido que se produce en un recinto cuando la onda sonora incide sobre las paredes, Responder las siguientes preguntas.

1. ¿Cree usted que en su espacio de trabajo se presenta, en algún nivel, reverberación del sonido?
___ Si ___ No
2. ¿Ha visto comprometida su productividad laboral por la reverberación del sonido?
___ Si ___ No.
3. ¿En algún momento de desarrollo de su vida laboral, su espacio de trabajo ha sido intervenido con algún tipo de tratamiento acústico?
___ Si. ___ No.
¿Cual? _____
4. En el momento, ¿Su oficina cuenta con métodos de acondicionamiento de sonido?
___ Si ___ No
¿Cual? _____
5. ¿Cree necesaria la intervención por medio del acondicionamiento acústico en su espacio de trabajo?
___ Si ___ No
6. ¿Utilizaría como solución a este problema un enchape o revestimiento de absorción acústica?
___ Si ___ No
¿Por qué? _____
7. ¿En qué porcentaje de área, para usted sería considerable intervenir su oficina, con un producto de enchape de absorción acústica?
___ 20% ___ 40%
___ 60% ___ 80%
___ 100%
9. A continuación marque con una (A) Agradable o con una (D) Desagradable según sea, que impresión le genera los enchapes presentados.



Aspectos	Fig 1	Fig 2	Fig 3	Fig 4	Fig 5	Fig 6
Color						
Forma						
Atractivo visual						
Creatividad						
Multifunción						
Sensación de tranquilidad						
Cantidad						

Fuente: Autora de proyecto.

Anexo B. Encuesta realizada a propietarios.

Esta encuesta fue realizada a los propietarios de la empresa Hecho en Colombia Diseñadores Ltda quienes presentaron las necesidades/ requerimientos a cumplir según el modelo de producto que desearían ver elaborado en el modelo de práctica empresarial.

Nombre:
Profesión/ Cargo:



ENCUESTA A PROPIETARIOS Practica empresarial.

ENCHAPE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE TRABAJO

1. Sabiendo que el proyecto refiere a un enchape de absorción acústica, ¿Cuales serian los posibles materiales que desearía para el desarrollo del modelo funcional?

- Materiales Ecológicos.
- Materiales Reciclables.
- Materiales poliméricos.
- Materiales cerámicos.
- Materiales compuestos.
- Otros.

2. Desearía que el enchape de absorción sea:

- Fijo (Adaptado a la pared).
- Móvil.
- Colgante.

3. El enchape de absorción estaría dispuesto por:

- Un lado.
- Ambos lados.
- Le resta importancia.

4. ¿Que aspectos de diseño esperaría encontrar como características en la elaboración de éste proyecto?

- Modular.
- Económico.
- Multifuncional.
- Facilidad de ensamblaje.
- Otros

5. A continuación marque con una (A) Agradable o con una (D) Desagradable según sea, que impresión le genera los enchapes presentados.




Aspectos	Fig 1	Fig 2	Fig 3	Fig 4	Fig 5	Fig 6
Color						
Forma						
Atractivo visual						
Creatividad						
Multifunción						
Sensación de tranquilidad						
Cantidad						

Fuente: Autora de proyecto.

Anexo C. Encuesta realizada a expertos.

Asimismo, esta entrevista será realizada a expertos en temas acústicos o afines los cuales puedan realizar aportes según su conocimiento para el desarrollo de este proyecto de práctica empresarial.

Nombre:	
Profesión/ Cargo:	



Universidad Industrial de Santander

Hecho en Colombia
Calidad en su Espacio de Trabajo

ENTREVISTA A EXPERTOS
Modelo de practica empresarial.

ENCHAPE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA EL ACONDICIONAMIENTO DEL SONIDO Y ARMONÍA VISUAL EN ÁREAS DE TRABAJO

1. ¿Cual es el método o características utilizadas para la medición de absorción acústica de un material?

2. ¿Cual sería el posible proceso de pruebas técnicas de absorción?

3. ¿Cuales son los materiales mas viables para obtener un máximo de absorción?

4. ¿Cuales son las ventajas y/o desventajas de materiales ecológicos para la elaboración de un enchape de absorción?













5. ¿Considera usted, que un enchape de absorción puede llegar a disminuir de manera considerable la interferencia y/o reverberación del sonido causada en oficinas de trabajo?
___ Si.
___ No.
6. ¿Que aspectos interfieren para lograr un buen acondicionamiento del sonido en oficinas de trabajo?

7. ¿ Como medir la disminución de reverberación en una oficina de trabajo?






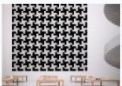
NOTAS: _____

Fuente: Autora de proyecto.

Anexo D. Estado del arte.

ESTADO DEL ARTE															
IMAGEN	VENTAJAS												DESVENTAJAS		
	Modular	Ecológico	Reciclable	Facilidad de Ensamblaje		Presentación		Multifuncional	Forma y Estética	Novedad	Facilidad de transporte	Armonía visual		Creatividad	Movimiento/Fluidez
				Fija	Móvil	Colgante	Fija								
 Empresa: KALPAKIAN Membrane	X			X			X	X	X		X	X	X		
 Empresa: KALPAKIAN Notes	X	X		X			X	X						-Poco atractivo visualmente. -Colores. -Aburrido.	
 Empresa: KALPAKIAN Soundwake Flo	X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	-Material: Espuma de poluretano.	
 Empresa: KALPAKIAN Soundwake Pix	X			X	X			X	X	X	X		X		
 Empresa: KALPAKIAN Soundwake Stand	X			X	X	X	X	X	X		X	X			
 Empresa: KALPAKIAN Soundwake Ando	X		X	X	X			X			X	X		-Su diseño no permite que pueda ser puesto sobre cualquier tipo de ambiente. -Rígido.	
 Empresa: KALPAKIAN BuzzFalls		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	No modular.	
 Empresa: ABSTRACTA AirBloom	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X		
 Empresa: KALPAKIAN Aircone	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
 Empresa: KALPAKIAN Airflake	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
 Empresa: KALPAKIAN Airbal	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
 Empresa: KALPAKIAN Cambio Cross		X		X		X	X	X	X	X	X	X		No modular.	

ESTADO DEL ARTE														
IMAGEN	VENTAJAS												DESVENTAJAS	
	Modular	Ecológico	Reciclable	Facilidad de Ensamblaje	Presentación			Multifuncional	Forma y Estética	Novedad	Facilidad de transporte	Armonía visual		Creatividad
					Fija	Móvil	Colgante							
 Empresa: KALPAKIAN Window Wall	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
 Empresa: TRAULLIT Hexagon	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X
 Empresa: PROYECTO AL CUBO Panel absorbente acústico.				X		X		X	X	X	X	X	X	
 Empresa: ESTEL IBERICA Kite	X			X			X	X	X		X	X		
 Empresa: IDEATEC Mural				X			X				X			
 Empresa: OKKO Soften	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	
 Empresa: OKKO Mood				X		X		X	X	X		X	X	
 Empresa: OKKO Rokoko	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X		
 Empresa: OKKO Gran Ku	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	
 Empresa: OKKO Beck Wall	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X		X
 Empresa: OKKO Dots	X	X	X			X			X		X	X		
 Empresa: OKKO Soften	X	X		X		X			X		X	X		

ESTADO DEL ARTE														
IMAGEN	VENTAJAS												DESVENTAJAS	
	Modular	Ecológico	Reciclable	Facilidad de Ensamblaje	Presentación			Multifuncional	Forma y Estética	Novedad	Facilidad de transporte	Armonía visual		Creatividad
					Fija	Móvil	Colgante							
 Empresa: STONE DESIGNS Ginkgo	X			X Enganche tradicional con tornillo.	X			X Objeto decorativo.	X Variedad de colores. -Atractivo formalmente. -Coherencia formal. -Variedad en composición.		X	X -Denota tranquilidad en el ambiente. -Sobrio. -Ligero.	X	X
 Empresa: KIREI Echopanel Mura	X		X Bollellas PET.	X Ganchos. FastClick.	X	X		X -Lampara LED. -Objeto decorativo.	X Variedad de colores. -Atractivo formalmente. -Coherencia formal.	X -Sostenibilidad/ sustentabilidad ambiental. -Económico. -Permite ser influido de diferentes colores.	X	X -Denota tranquilidad en el ambiente. -Ligereza.	X	X
 Empresa: FEBOSOMA	X		X Desechos de obra, medias deportivas, asfalto, madera.	X Enganche tradicional con tornillo, Guayas.	X	X	X	X Objeto decorativo.	X Variedad de colores y diseños. -Atractivo visualmente.	X -Sostenibilidad/ sustentabilidad ambiental. -Económico. -Intervenciones artísticas y urbanas.	X	X Denota diversión.		- No modular. -No pueden ser colocados en mayor cantidad. (cargara el espacio).
 Empresa: HUNTER DOUGLAS Wavin Wall	X			X Ganchos (Grilla)	X		X	X -Objeto decorativo. -Lampara LED.	X Variedad de color y composiciones		X	X -Denota tranquilidad en el ambiente. -Ligereza. - Sobrio.		X
 Empresa: STONE DESIGNS Gaia	X	X Poliéster.		X Ganchos. FastClick.	X	X		X -Objeto decorativo. -Separador de ambientes.	-Variedad de colores. -Coherencia formal. - Variedad en composición.		X	X -Denota tranquilidad en el ambiente. -Ligereza. - Sobrio.		- Poco Atractivo visualmente.
 Empresa: ARCHPRODUCTOS Baux Inspiration	X	X Lana de madera.		X Clips de plástico.	X	X	X	X -Objeto decorativo. -Separador de ambientes.	X -Variedad de color y tamaño. -Coherencia formal.		X	X Denota sobriedad y elegancia.	X	X

Fuente: Autora de proyecto.

Anexo E. Artículo de: Caruso acoustic & lighting comfort.

TRATAMIENTO ACÚSTICO OFICINAS Y AMBIENTES DE TRABAJO

Está comprobado que en los lugares de trabajo altos niveles de productividad y concentración están en estrecha relación con condiciones ambientales favorables. La normativa ISO 3382-3:2012 representa el estándar de medida acústica de un ambiente y de la calidad de la privacidad del hablado en oficinas open space. Calidad de la inteligibilidad del hablado y de la privacidad, distancia de distracción además del campo sonoro difuso, son elementos que contribuyen al correcto tratamiento acústico de las oficinas. Al analizar la acústica de una oficina open space deberán ser evaluados diversos aspectos, como la distancia entre los puestos de trabajo y la altura de las separaciones entre los puestos. Las exigencias acústicas en este tipo de ambiente pueden variar: por ejemplo, en algunas oficinas se requiere una buena inteligibilidad para favorecer la comunicación entre los empleados, en este caso las separaciones serán en menor cantidad y más bajas. Pero esto disminuirá el aspecto de privacidad del hablado. Menor privacidad significa mayor distracción. Por lo tanto, en ámbitos donde es más importante la concentración se deberá prestar mayor atención al layout y a la dimensión de la separación.

Productos recomendados para el tratamiento acústico de oficinas:

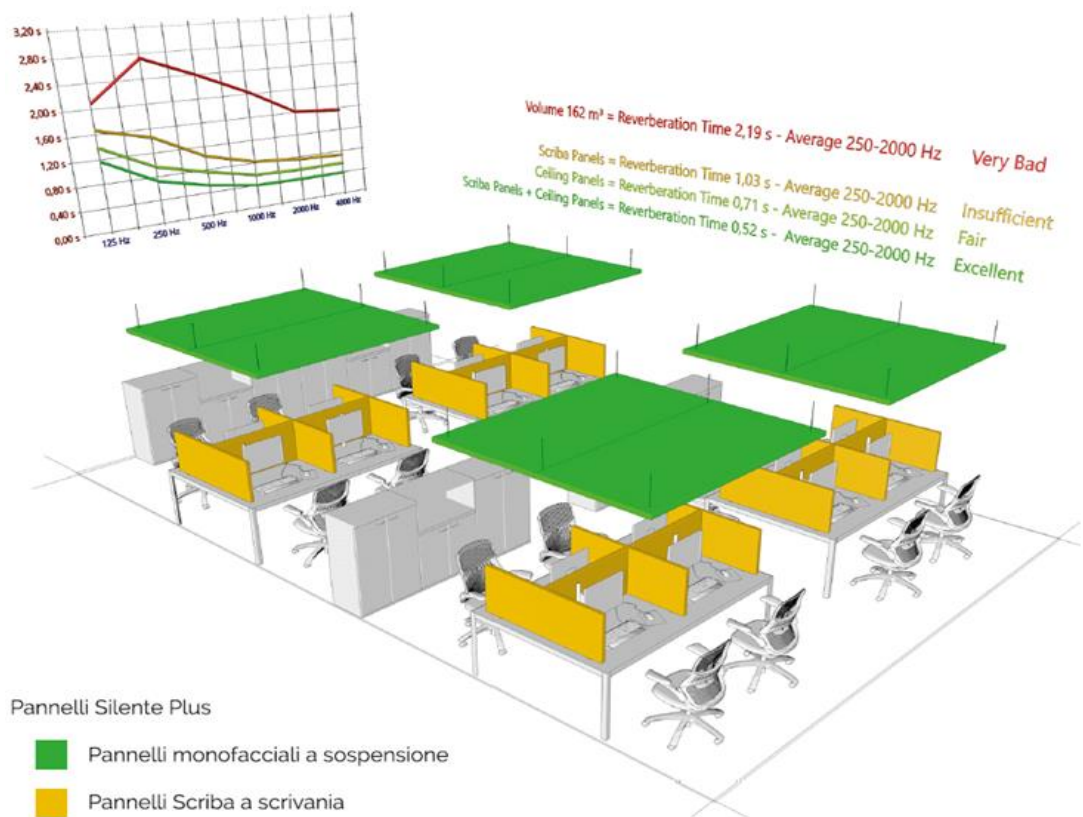
D-Space permite, con extrema facilidad, la creación de diversos ambientes en una única sala. Además de ser excelente desde el punto de vista de la insonorización, además gracias a la superficie amplia, ofrece la posibilidad de adaptar el área a diversas soluciones de amueblado con extremo dinamismo y facilidad.

Silente, el panel insonorizante monofacial revestido en tejido, adaptado para la instalación en pared o techo con adecuados binarios. Disponible además en la versión a suspensión, Silente reduce al mínimo las molestias acústicas derivadas del hablado. Bajo pedido es posible integrar eficientes sistemas de luces a led.

Scriba, el panel bifacial de escritorio capaz de separar el área operativa de los distintos empleados de modo de reducir problemáticas acústicas típicas de un espacio en el cual decenas de voces se sobreponen asiduamente durante el arco de día.

EJEMPLO PRÁCTICO

En el ejemplo que sigue vemos cómo puede cambiar la acústica del local gracias a una eficaz y racional distribución de los elementos insonorizantes.



La oficina de ejemplo tiene una superficie de 60 m² y un volumen de 162 mc, y se caracteriza por la presencia de materiales que se encuentran comúnmente en las oficinas, como gres, guardaagua, vidrio, laminado.

Los materiales considerados para el cálculo del TR son, guardaagua, cerámica, cartón-yeso, acristalamiento, madera. El Tiempo de Reverberación calculado para este local es de 2,10 s, a la media 250-2000 Hz, inadecuado para cualquier actividad.

El Tiempo de Reverberación óptimo para actividades de oficina debería estar comprendido entre 0,4 s y 0,6 s. en base al volumen del local. En nuestro local de ejemplo podemos conseguir un TR de 0,52 s a la media 250-2000 Hz, muy bueno para una oficina open space, simplemente con el empleo de pantallas en escritorios y paneles suspendidos en el techo sobre los puestos de trabajo.

Observando el gráfico veremos cómo el tiempo de reverberación disminuye al aumentar los elementos antisonoros, podremos comprender que será necesario actuar en más frentes, sobre todo en oficinas llenas como la de prueba, diversificando y distribuyendo el material antisonoro de modo homogéneo, para un resultado acústico final óptimo.

Los valores expresados del Tr se refieren al local no ocupado.