

EL CONFORT ACUSTICO EN LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

María Angélica Penagos Sierra

Natalia Rocha Alonso



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Universidad la gran Colombia

Facultad de arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá, Colombia

2018

EL CONFORT ACUSTICO EN LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

María Angélica Penagos Sierra

Natalia Rocha Alonso



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Universidad la gran Colombia

Facultad de arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá, Colombia

2018

Tabla de contenido

Introducción	1
Resumen	2
Hipótesis	5
Objetivos	6
Específicos	7
Planteamiento del problema	8
Marco teórico	9
Fibra de vidrio	10
Celulosa proyectada.....	11
Lana de roca.....	12
Corcho	13
Espuma de poliuretano	14
geotextil	15
metodología	16
bibliografía	17

Introducción

La mampostería estructural es uno de los sistemas constructivos más usados en Colombia para viviendas de interés social debido a su bajo precio y su fácil aplicación lo que lo hace efectivo en los tiempos de ejecución de una obra, sin embargo, siendo una de las más utilizadas se encontró que el ladrillo no es uno de los mejores aislantes acústicos debido a sus perforaciones verticales ya que logra expandir el sonido entre muro y muro, lo cual no resulta confortable para las personas que habitan estos espacios ya que no tienen privacidad entre los habitantes de este tipo de edificaciones de viviendas de interés social el cual su sistema estructural es la mampostería estructural.

El estudio surge de una necesidad que se genera en construir viviendas dignas para las personas que más lo necesiten, pensando en algunos materiales que nos pueden resultar muy provechosos y no generan un gran aumento en el presupuesto del proyecto al contrario nos beneficiamos de este material por su fácil adquisición y contribuimos con la gran problemática como lo son los desperdicios y el daño al medio ambiente que generan las construcciones de viviendas.

La mampostería estructural, según la norma **NSR 10 título D, “es la construcción con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero”** (pág.15)(ministerio de ambiente, 18-10-2018), cubre una necesidad básica de vivienda digna y de bajo precio, se va a intervenir implementando un confort acústico buscando un material factible de adquirir y económico como lo es el papel reciclaje, este material nos genera una notable mejora en la calidad de vida de las personas afectadas por esta problemática, de acuerdo a lo anterior se sugiere que: Si se implementa un relleno de papel archivo debidamente procesado e introducido en los ladrillos de perforación vertical (mampostería estructural) creando un aislamiento acústico a este tipo de estructuras, este proceso se genera sin aumentar su costo inicial y conservando un menor impacto ambiental.

Resumen

Los proyectos de Vivienda de Interés Social (VIS) se han popularizado y cada vez resultan más atractivos para las constructoras del país, destacando que se han realizado con una muy buena labor social contribuye al desarrollo del país, al desarrollo de la comunidad y de las personas más vulnerables, se desea eliminar la percepción en cuanto a que calidad de vida y los grandes placeres solo se pueden obtener con altos ingresos. Se va a implementar una pequeña innovación con gran impacto ecológico y aprovechamiento de recursos renovables y poco convencionales, para las personas que habiten esta clase de viviendas.

Esto se logra trabajando desde el ámbito de construcción mejorando específicamente el aislamiento “acústico” de las (VIS), generando un uso estrictamente necesario e indispensable para las constructoras que desarrollen este tipo de proyectos, trabajando siempre de la mano del medio ambiente nuestra materia prima será el papel “reciclado”, el cual tiene un pequeño pero necesario proceso químico que permita el reciclaje del mismo, y así obtener un producto en óptimas condiciones para su uso final, teniendo en cuenta que el 90% de las construcciones de viviendas de interés social en Colombia el sistema constructivo más utilizado es la “mampostería estructural” con esta información y teniendo claro que estructura se trabaja se procede a vertir la materia prima por las cavidades verticales de los ladrillos este es el producto reciclado el cual es una masa homogénea con grandes propiedades acústicas así logrando un 95% de aislamiento acústico y evitando los fenómenos acústicos más comunes e incómodos en una edificación.

Hipótesis

El tema de la acústica en viviendas multifamiliares ha merecido una gran importancia pese a los problemas de intolerancia que vivimos en la actualidad, se busca radicar con este problema desde el ámbito de la construcción, se piensa radicar con este problema desde la iniciación del proyecto ya que los habitantes de estas viviendas no lo notan en el momento de la compra del mismo, pero si se va generando y se ven directamente afectados con el paso del tiempo.

Las viviendas de interés social están siendo construidas pensando en una buena labor social de un bajo precio y asequibles para las personas de estratos bajos, dada esta razón se está quedando únicamente en bajos precios y no se está tomando en cuenta el confort de los espacios de las personas que habiten esta clase de viviendas.

Por lo anterior se sugiere realizar una implementación para la mampostería estructural: **realizando un relleno de papel reciclado debidamente procesado y vertido en los ladrillos de perforación vertical (mampostería estructural) creando un aislamiento acústico a este tipo de estructuras**, para así generar espacios habitables sin generar mayores costos y creando un aislante acústico (confort) en cada espacio habitable.

Objetivos

General

Innovar e implementar materiales poco convencionales y de fácil adquisición usados en los aislamientos acústicos, para brindar un avance en la construcción de viviendas de interés social.

Específicos

- ❖ Cambiar los materiales utilizados para la acústica en la construcción de viviendas de interés social.
- ❖ Seleccionar material amigable con el medio ambiente (Papelería de reciclaje) y de bajos precios que nos permita vertir en los espacios vacíos presentes en la acústica de las viviendas.
- ❖ Considerar los beneficios tanto ambientales como económicos que resultarán de la construcción mejorada de VIS.
- ❖ Llevar a cabo una modificación e implementación de la acústica en un sistema estructural contemplado por la NSR10.

Planteamiento del problema

El 90% de las edificaciones VIS colombianas se omite el tema de comodidad y calidad de vida para las personas que habitan estas viviendas, se genera muchas veces por el ahorro de recursos económicos y la gran cantidad de demanda que existe en nuestro país, se encontró una forma ecológica que ayuda al ahorro de recursos en el ámbito de construcción y pensando siempre en la confort de los habitantes, se va a implementar un novedoso modelo económico y eficiente para que esta técnica sea tomada en cuenta el momento de llevar a cabo una construcción de esta envergadura, donde queremos mitigar diversos temas uno de estos es el presupuesto del cual tenemos una perspectiva errada ya que las iniciativas de aislantes acústico solo se ven contempladas con un alto ingreso económico por esta razón solo es implementada en construcciones de alto presupuesto y que sea un beneficio estrictamente necesario, en cuanto a confort se observa que en la actualidad se ha venido aumentando la falta de tolerancia entre los habitantes de las edificaciones multifamiliares por el hecho de un ruido molesto entre los apartamentos ya que los muros con los que se divide los espacios están vacíos y estos generan un eco y ruido molesto entre muro y muro.

se utiliza un material el cual nos genera un recurso renovable y de fácil adquisición ya que se trabaja siempre de la mano del medio ambiente se reduce el impacto negativo que generan las construcciones con sus altos desperdicios, si se habla del tiempo el cual se ahorra hay un gran beneficio ya que esta problemática se está reflejando después de estar la construcción acabada o en algunas ocasiones habitado y la solución es proceder con los materiales y métodos convencionales los cuales resultan muy costosos y no permite un acabado en obra blanca.

Marco teórico

En el ámbito de la construcción es frecuente atribuir al éxito de una construcción cuando su tiempo de ejecución es menor o igual al que se obtuvo en la programación de obra y por este motivo se tuvo menos inversión a la que se planificaba durante la ejecución de la obra, de esta manera se está limitando los recursos básicos que necesita cada familia no se toma en cuenta la comodidad de cada habitante, se están limitando a vivir en lo necesario y no en lo deseado, el tema del confort acústico es una problemática la cual se debe solucionar desde el momento de construcción y no como se está realizando en la actualidad ya que se está implementando opcionalmente y después de la finalización de las edificaciones esto obedece a su gran costo en cuanto a materiales y mano de obra, a continuación se realiza un paso a paso del proceso fácil y sencillo del papel reciclado.

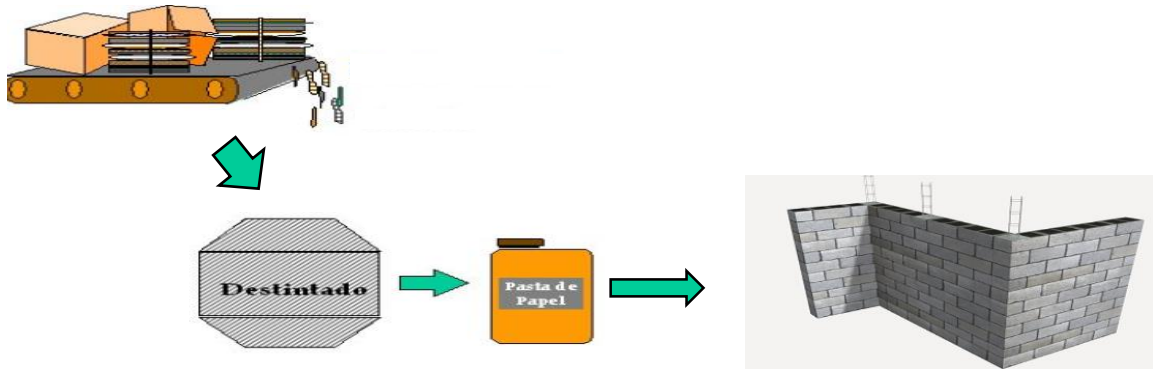
El proceso químico del papel reciclaje pasa por las siguientes fases:

- Se realiza la clasificación del papel reciclado pasándolo por un imán en una banda transportadora para que quite todos los clics y las impurezas de todo aquel material que no es papel.
- Se realiza el corte por tiras muy delgadas aproximadamente de 5cm de ancho por 15cm de largo.
- se centrifuga todo el material, para que estos se separen por su densidad, para su posterior paso, que es la flotación, donde se elimina la tinta con burbujas de aire.
- Toda esta pasta de papel, se lava para eliminar las pequeñas partículas que puedan quedar
- Adherirles ácido bórico este nos ayuda a que sea un material ignífugas, nos combate las plagas y los residuos de lama o moho que genera el papel húmedo.
- finalmente obtener una masa homogénea es la que se utiliza para vertir en los ladrillos de perforación vertical una vez ilado el muro.

Pasos del reciclaje:

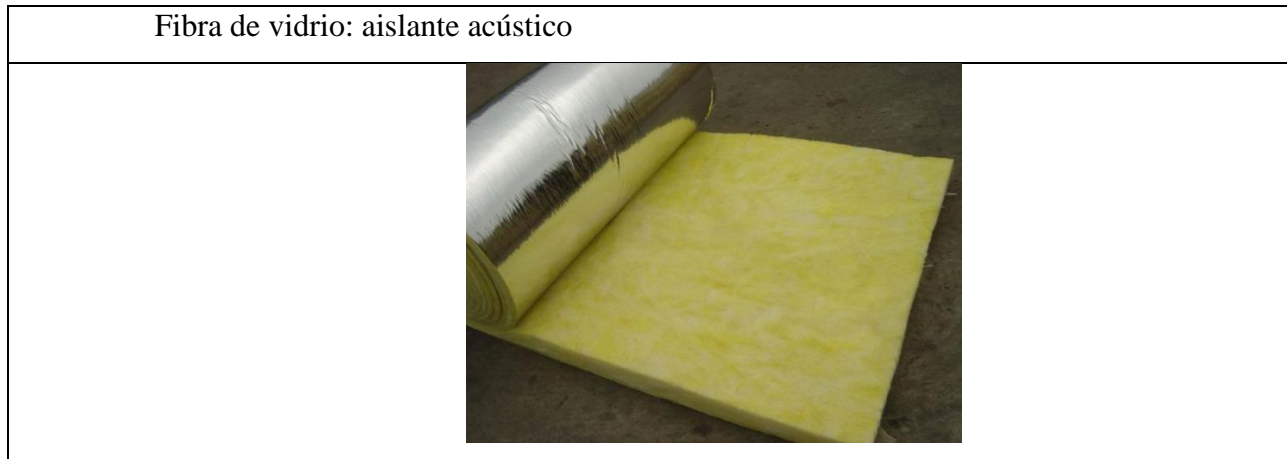


Proceso de planta de reciclaje del papel a reutilizar



(RECICLA, 2014)

A continuación, se realiza un recuento de los materiales, sus ventajas y desventajas utilizados para los aislamientos acústicos.



(TORRES, 2012)

La **fibra de vidrio** es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos basados en dióxido de silicio (SiO_2) extremadamente finos, la manufactura masiva de este material sólo fue posible con la invención de máquinas y herramienta más refinadas. En 1893, Edward Drummond Libbey, también se encuentran materiales con la misma materia prima, pero se diferencian por su presentación y forma de aplicación como lo es la Frescasa, Acustiplaca y la membrana acústica. (Slayter, 2018)

Celulosa proyectada: aislamiento acústico



(THERMOFLOG, 2015)

La **Celulosa proyectada**, es otra técnica para realizar acústica, El aislamiento de celulosa es un tipo de aislamiento térmico y acústico, fundamentalmente dirigido a la construcción, que consiste en papel de periódico reciclado tratado con ácido bórico para darle propiedades **ignífugas**.

Según lo anterior se identifica las clases de materiales acústicos la complejidad y altos costos que generan al realizar esta clase de adecuaciones, debemos entender el concepto dado que con mucha frecuencia se confunden los conceptos de aislamiento acústico y absorción acústica cuando se buscan soluciones a los problemas generados por los sonidos o ruidos. Algunas personas pretenden utilizar materiales destinados a absorber el sonido, para aislarse de los ruidos de sus vecinos.

Existen grandes diferencias entre Un absorbente acústico es el que permite acondicionar acústicamente una habitación o local. Como su nombre indica, absorbe la onda sonora evitando el rebote de la misma, anulando así las distorsiones y la reverberación que perjudican a la buena acústica de la sala. Es importante tener en cuenta que estos materiales no eliminan la parte de la onda que traspasa el material. Esto implica que no aíslan a los vecinos de los ruidos que se produzcan de la otra parte y viceversa, Por su parte entendemos aislamiento acústico como los materiales o conjunto de técnicas que evitan la transmisión de la onda acústica de un espacio a otro.

Por lo anteriormente mencionado nuestra materia prima para esta implementación de la acústica es el papel archivo donde se tomará después de un proceso de reciclaje teniendo en cuenta

que es una de las formas de reciclar más beneficiosas para el medio ambiente, en gran parte por el costo medioambiental que tiene obtenerlo. (Slayter, 2018)



(CANEXEL, 2016)

Lana de roca, La lana de roca, perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite albergar aire relativamente inmóvil en su interior.

Comportamiento acústico

Debido a su estructura multidireccional y elástica, la lana de roca frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora, empleándose como acondicionador acústico para evitar reverberaciones y ecos excesivos. Así mismo se emplea como absorbente acústico en sistemas "masa-muelle-masa".

Seguridad del material, Precauciones deben tomarse al manipular un producto de fibra, ya que puede irritar los ojos, la piel y las vías respiratorias. Un resumen de la información de salud y seguridad en el trabajo es proporcionado por la OSHA (EE. UU.)

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha revisado la carcinogenicidad de fibras minerales artificiales en octubre de 2002. El grupo de trabajo de la IARC Monografía concluyó permanecen sólo los materiales más biopersistentes clasificado por la IARC como "posiblemente cancerígeno para los seres humanos" (Grupo 2B). Estos incluyen fibras cerámicas refractarias, que se utilizan industrialmente como aislamiento en ambientes de alta temperatura, tales como los altos hornos y ciertos usos especiales lanas de vidrio no se utilicen como material aislante. En contraste, las lanas de fibra vítrea más comúnmente usados produjeron desde 2000, incluida la lana de vidrio para aislamiento, lana de roca y lana de escoria, se consideran "no clasificable en cuanto a carcinogenicidad en humanos" (Grupo 3)

Se producen fibras biosolubles alta (HT-fibras) que no causan daño a la célula humana. Estos nuevos materiales se han probado para la carcinogenicidad y la mayoría se encontró que no es cancerígeno, o para causar tumores en animales de experimentación sólo en condiciones muy restringidas de la exposición. Grupo de trabajo del IARC Monografía "eligió no hacer una evaluación global de las fibras de nuevo desarrollo diseñados para ser menos biopersistentes como el silicato alcalinotérreo o de alta alúmina, lanas de baja de sílice. Esta decisión fue tomada en parte porque no hay datos en humanos fueron disponible, aunque estas fibras que han sido probados parecen tener un bajo potencial cancerígeno en animales de experimentación, y debido a que el Grupo de Trabajo tuvo dificultad para categorizar estas fibras en grupos significativos basados en la composición química". (Slayter, 2018)

El corcho: aislamiento acústico



(FEMINITY, 2018)

El corcho, un aislante muy eficaz

Su baja conductividad térmica y su resistencia a la humedad lo convierten en una buena opción para revestir paredes y suelos, se obtiene de la corteza del alcornoque, una especie que crece sobre todo en áreas de clima mediterráneo. Su producción es sostenible, ya que incluso durante su extracción la generación de residuos es baja.

Está compuesto por células poliédricas muy unidas entre sí, prácticamente vacías en su interior y muy impermeables. Es muy resistente a las lluvias, las sequías y las altas temperaturas, por lo que es un material óptimo para el aislamiento térmico. Además, su estructura se compone de pequeñas celdas que absorben muy bien los ruidos, por lo cual el aislamiento acústico que proporciona también es muy bueno. Además, resiste a los agentes químicos, es ligero, elástico y no huele.

Su baja conductividad térmica y su resistencia a la humedad lo convierten en una buena opción para revestir paredes y suelos

El corcho es un aislante térmico y sonoro muy eficaz que, además, tiene una producción muy sostenible y, una vez instalado, requiere de muy poco mantenimiento. Se comercializa en losetas, planchas y rollos, y admite que se le pueda dar un uso decorativo. Este artículo reseña las características aislantes de este material, los tipos de corcho existentes y sus principales propiedades y virtudes.

Se obtiene de la corteza del alcornoque, una especie que crece sobre todo en áreas de clima mediterráneo. Su producción es sostenible, ya que incluso durante su extracción la generación de residuos es baja.

Está compuesto por células poliédricas muy unidas entre sí, prácticamente vacías en su interior y muy impermeables. Es muy resistente a las lluvias, las sequías y las altas temperaturas, por lo que es un material óptimo para el aislamiento térmico. Además, su estructura se compone de pequeñas celdas que absorben muy bien los ruidos, por lo cual el aislamiento acústico que proporciona también es muy bueno. Además, resiste a los agentes químicos, es ligero, elástico y no huele.

En cuanto a su mantenimiento, apenas exige cuidados, lo que le hace un revestimiento muy útil en paredes y suelos, incluso en estancias húmedas como el cuarto de baño.

Dado su carácter aislante, es muy práctico para instalar también en suelos, ya que nunca se enfría en exceso. Tampoco se deforma con facilidad, ni siquiera con el peso de los muebles o los golpes, y responde bien al paso del tiempo. Se puede poner en losetas de diferentes tamaños, colores y texturas. Tras su colocación se suele aplicar alguna capa de barniz, para conseguir de esa forma un acabado suave. (Slayter, 2018)

Espuma de poliuretano: aislante acústico



(UNIMAQ, 2015)

Espuma de poliuretano La espuma de poliuretano (espuma PU) es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, conocido también por los nombres coloquiales de gomaespuma en España o gomapluma en algunos países sudamericanos. Contienen sustancias de escaso poder cancerígeno que si representan algún peligro, sólo sería tras exposiciones intensas y teniendo contacto directo. También es denominado Poliuretano proyectado, debido a la forma en la que se suele aplicar sobre superficies. Se forma básicamente por la reacción química de dos

compuestos, un polioliol y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera dióxido de carbono, gas que va formando las burbujas. Considerando que los cauchos de poliuretano sólidos son productos especiales, las espumas de poliuretano son ampliamente utilizadas y materiales bien conocidos. En muchos aspectos, la química de estas espumas es similar a la de los cauchos tipo Vulkollan, excepto que las reacciones de la evolución de gas se les permite realizar de forma concurrente con el alargamiento de la cadena y cruz / vinculación. Aunque líquidos volátiles también se utilizan con espumas rígidas y para espumas flexibles de baja densidad, el gas para la espuma flexible es normalmente dióxido de carbono producido durante la reacción del polioliol, isocianato y otros aditivos. Las primeras espumas se producen mediante el uso de poliésteres que contienen grupos carboxilo.

Propiedades Acústicas de la Espuma de Poliuretano

La fácil aplicación de la Espuma de Poliuretano es una ventaja en este caso, porque los productos aplicados mediante paneles necesitan de una aplicación realmente cuidadosa.

La Espuma de Poliuretano utilizada para el aislamiento térmico es un material ligero y de baja densidad, compuesto por celdas cerradas (>90%). Este producto, combinado con otros materiales, resulta muy efectivo para disminuir la transmisión de sonidos y para amortiguar vibraciones y eliminar resonancias. (Slayter, 2018)

Geotextiles: aislante acústico



(DUMENTARIA, 2016)

Geotextiles, El Geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación ó filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización.

Existe una gran variedad de Geotextiles; los mismos se eligen según sea su destino y en base al estudio y definición de las propiedades mecánicas e hidráulicas del terreno en cuestión. Ello permite deducir los factores de seguridad mínimos de la obra. (Slayter, 2018)

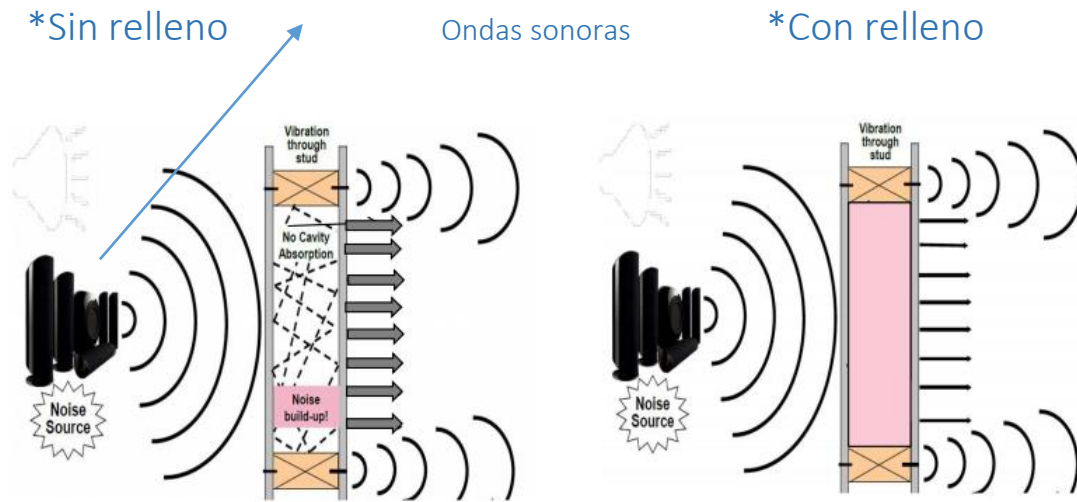
Metodología

Se trabaja siempre con la mano del medio ambiente, nuestra materia prima será papel reciclado ya que se puede justificar con gran preocupación que en Colombia se generan 9.488.204 toneladas al año de residuos sólidos, de las cuales son recicladas 1.775.191 toneladas. La cifra restante es preocupante ya que se evidencia que los ciudadanos estamos **desperdiciando 7.713.102** toneladas anuales, y generando una cadena de desperdicios anualmente. (heraldo, 2018)(pag. 10)

Verificando la abundancia y fácil accesibilidad tanto económica como de transporte del papel reciclado esto nos impulsó a trabajar con este recurso como materia indispensable.

El proceso para la elaboración de la pasta de papel es fácil y sencillo se utilizara fibras recicladas, comienza retirando la tinta del papel se utiliza aire para que la tinta se aislé del papel, se comienzan a retirar las impurezas encontradas, la cual se limpiara de manera progresiva hasta quedar puro, este blanqueamiento se logra con productos químicos los cuales son peróxido de hidrogeno o también agua oxigenada, después de esto sigue el proceso de adherirse mediante una picadora “licuadora” para que este papel quede convertido en una masa homogénea, la cual será almacenada en pistolas las cuales deben estar selladas para no perder la humedad del papel y mantener su consistencia pastosa, la cual se utilizara de forma inyectada en los ladrillos de perforación vertical, así relleno el vacío centran el cual adsorberá el sonido y disminuir la proyección del sonido despues del muro, dando como resultado un mejor manejo de la acústica.

Podemos ver el ejemplo en la (figura 1) mostrando como el sonido se proyecta cuando un sistema de construcción se encuentra hueco, a diferencia si utilizamos algún tipo de relleno.



(Figura 1)

PROCEDIMIENTO

Se mostrará el procedimiento al cual se somete el papel para generar el relleno, el cual genera el aislamiento acústico.

Reciclaje del papel; el papel se pica en pedazos pequeños.



El papel picado se sumerge en una mezcla de agua con los químicos debidos para el proceso.



El papel ya limpio se licua hasta obtener una masa uniforme y fácil de manejar.



La pasta se vierte en la mampostería estructural



A medida de que se levanta el muro de mampostería estructural se rellenan las dobelas que no llevan concreto ni reforsamiento de acero.



Finalmente se obtiene un muro con aislamiento acústico con relleno de papel reciclado.



Pruebas de laboratorio

Con un sonómetro se comenten a pruebas de laboratorio el prototipo con relleno y el prototipo sin relleno.



El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora (de los que depende). En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Si no se usan curvas (sonómetro integrador), se entiende que son dB (decibeles).

(wikipedia, 2018)

DECIBELES

El decibelio o decibel, con símbolo dB, es una unidad que se utiliza para expresar la relación entre dos valores de presión sonora, o tensión y potencia eléctrica (no es una unidad de medida). En realidad, la unidad es el bel (o belio) de símbolo B, pero dada la amplitud de los campos que se miden en la práctica, se utiliza su submúltiplo, el decibelio.

Nivel de intensidad del sonido.

200 dB	Bomba atómica similar a <u>Hiroshima y Nagasaki</u>
180 dB	Explosión del Volcán Krakatoa (a 160 km de distancia). Cohete en despegue
142.2 dB	Récord Guinness de ruido en un estadio
140 dB	<u>Umbral del dolor</u> . Coche de <u>Fórmula 1</u>
130 dB	Avión en despegue
120 dB	Motor de avión en marcha. Pirotecnia.
110 dB	Concierto. Acto cívico
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente / Lavavajillas antiguo
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila

El decibelio es la medida utilizada para expresar el nivel de potencia o el nivel de intensidad del sonido.

(WIKIPEDIA, 2018)

Pruebas de sonido prototipo sin relleno.

Se somete al prototipo a sonido aéreo generado por un equipo de sonido, frente al muro se toma la primera muestra la cual nos indica que el sonido se encuentra en una medida entre 95.2 dB 97.2 dB.



Nuevamente se somete al prototipo a sonido aéreo generado por un equipo de sonido, detrás del muro sin relleno se toma la muestra la cual nos indica que el sonido se encuentra en una medida entre 78.0 dB 82.0 dB.



Pruebas de sonido prototipo con relleno.

Se somete al prototipo a sonido aéreo generado por un equipo de sonido, frente al muro se toma la muestra la cual nos indica que el sonido se encuentra en una medida entre 103.8 dB 104.6 dB



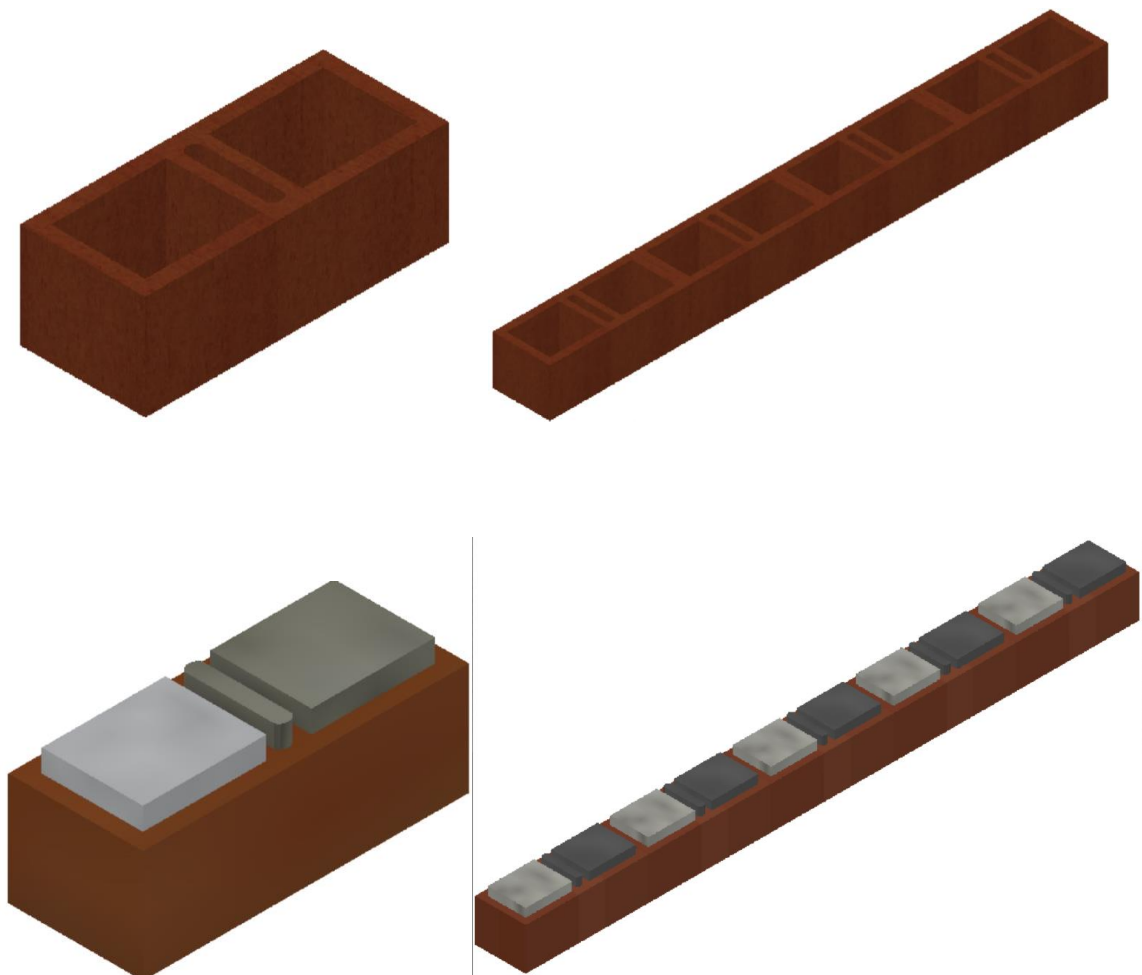
Nuevamente se somete al prototipo a sonido aéreo generado por un equipo de sonido, detrás del muro sin relleno se toma la muestra la cual nos indica que el sonido se encuentra en una medida entre 57.7 dB 61.2 dB.



Finalmente se obtiene un cuadro comparativo con lo cual se evidencia el aislamiento acústico mas alto en el muro relleno de papel reciclado.

	PRUEVAS	
ITEM	nivel de decibeles	
MAMPOSTERIA SIN RELLENO		
sonido aereo		
Frente al muro	95.2 dB	97.2 dB
Detrás del muro	78.0 dB	82.0 dB
MAMPOSTERIA CON RELLENO		
sonido aereo		
Frente al muro	103.8 dB	104.6 dB
Detrás del muro	57.7 dB	61.2 dB

Prototipo



Bibliografía

NO IMPRIMIR

https://es.wikipedia.org/wiki/Lana_de_roca

<https://www.archdaily.co/co/767193/materiales-mamposteria-estructura-y-aislacion-en-una-unica-solucion-constructiva>

https://es.wikipedia.org/wiki/Aislamiento_de_celulosa

<http://www.aislantescelulosicos.com/>

http://www.datecsa.com.co/soluciones/soluciones-acusticas/?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=SolucionesAcusticas&gclid=CjwKCAjwhcjVBRBHEiwAoDe5x2oIYP5Ou6E_BQA9GIMAuks3fBZRHxDhLDLEbhewfba_pky06jjdirBoC9j4QAvD_BwE

<http://www.consumer.es/web/es/bricolaje/carpinteria/2014/03/25/219573.php>

https://es.wikipedia.org/wiki/Espuma_de_poliuretano

http://www.construmatica.com/construpedia/Espuma_de_Poliuretano

https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_vidrio

<http://www.areatecnologia.com/materiales/fibra-de-vidrio.html>