



Diseño y fabricación experimental de bloques modulares a base de micelio

Autor

Carolina Escamilla Chaparro y Sarah Isabel Sepúlveda Zorro

**Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Arquitecta**

Director, Tutor

Laura Cuervo Restrepo

Facultad de Creación

Arquitectura

Universidad del Rosario

Bogotá - Colombia

2026

Tabla de contenido

Abstract.....	3
1. Justificación	3
2. Introducción	3
3. Objetivo general.....	4
3.1 Objetivos específicos.....	4
4. Marco teórico.....	4
5. Hipótesis.....	5
6. Metodología	5
6.1 Criterios de diseño según las propiedades térmicas y acústicas	5
7. Proceso	6
7.1 Molde 1	6
7.2 Molde 2	7
7.3 Molde 3	8
7.4 Molde 4	8
7.5 Molde 5	9
8. Resultados.....	10
8.1 Molde 1	10
8.2 Molde 2	11
8.3 Molde 3	12
8.4 Molde 4	14
8.5 Molde 5	16
9. Conclusiones	17
10. Referencias.....	17

Índice de imágenes

Figura 1 Molde 1 fabricado en cartón corrugado, con diseño de pentágono con perforaciones de 2 cm de diámetro a cada lado previo a la inoculación.	6
Figura 2 Molde 1, relleno con biocompuesto del hongo <i>Ganoderma Lucidum</i>	7
Figura 3 Molde 2 impreso en 3D, con diseño de hexágono alargado, con perforaciones de 1.5 cm que atraviesan el módulo, previo a la inoculación.	7
Figura 4 Proceso del relleno del molde 2, con la estructura interna para que el hongo crezca con los orificios preestablecidos del diseño	7
Figura 5 Molde 2 relleno con biocompuesto del hongo <i>Ganoderma Lucidum</i> , con un plástico en la base para facilitar su desmolde	8
Figura 6 Molde 3 impreso en 3D, de base cuadrada, con una de sus caras irregulares y orificios en las caras laterales, previo a la inoculación.	8
Figura 7 Molde 3 relleno con biocompuesto del hongo <i>Ganoderma Lucidum</i>	8
Figura 8 Molde 4 impreso en 3D, de base rectangular, con orificios para facilitar su desmolde y tapa en la parte superior que funciona como prensa del sustrato.	8
Figura 9 Molde 4 relleno con biocompuesto del hongo <i>Ganoderma Lucidum</i>	9
Figura 10 Bloque del molde 4 sellado para generar presión al sustrato durante su inoculación.	9
Figura 11 Bloque 5 mpreso en 3D, de base cuadrada, con una superficie con relieve y perforaciones para las uniones.	9
Figura 12 Proceso del relleno del molde 5, con la estructura interna para que el hongo crezca con los orificios preestablecidos del diseño	10
Figura 13 Bloque del molde 1 después de 3 días de inoculación.	10
Figura 14 Bloque del molde 1 después de 6 días de inoculación	10
Figura 15 Vista lateral de una arista del bloque del molde 1 después de 14 días de inoculación.....	11
Figura 16 Vista frontal del bloque 1 junto al bloque 2, evidencia de la pérdida de agua en el bloque 1	11
Figura 17 Vista cenital del bloque 1 donde se evidencia crecimiento de zetas sobre la superficie	11
Figura 18 Bloque del molde 2 después de 5 días de inoculación.	11
Figura 19 Bloque del molde 2 después de 7 días de inoculación.	12
Figura 20 Bloque del molde 2 después de 7 días de inoculación y desmolde.	12
Figura 21 Vista en perspectiva del bloque 2, después de pasar por el proceso de deshidratación.	12
Figura 22 Bloque del molde 3 después de 5 días de inoculación.	13
Figura 23 Bloque del molde 3 después de 7 días de inoculación.	13
Figura 24 Vista lateral de un lado del bloque del molde 1, después de 7 días de inoculación y desmolde	13
Figura 25 Bloque del molde 3 después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva desmoldado	13
Figura 26 Vista lateral del modulo 4, después de 3 días de la inoculación, con el sustrato en su interior, se evidencia el progreso de por el color blanco que adquiere el sustrato.....	14
Figura 27 Bloque del molde 4 después de 3 días de inoculación	14
Figura 28 Bloque del molde 4 después de 12 de inoculación.....	14
Figura 29 Bloque del molde 4 después de 14 días de inoculación y desmoldado	15
Figura 31 Bloque 4 después de pasar por la deshidratadora, se evidencia la diferencia de tamaño respecto a las líneas marcadas en el molde, las cuales indican la medida antes de ser horneado.	15
Figura 32 Bloque del molde 4 después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva desmoldado.	16
Figura 33 Bloque del molde 5 después de 3 días de inoculación	16
Figura 34 Bloque del molde 5 desmoldado después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva.	16

Diseño y fabricación experimental de bloques modulares a base de micelio

Sarah Isabel Sepúlveda Zorro, Carolina Escamilla Chaparro
Facultad de Creación, Arquitectura, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia

Abstract

Esta investigación analiza desde la experimentación la viabilidad de fabricar bloques sólidos modulares inoculados con el hongo *Ganoderma lucidum*, evaluando el diseño de moldes y el comportamiento del material para su uso como alternativa a los materiales de aislamiento térmico y acústico convencionales que generan un alto impacto ambiental. Se desarrollaron 5 tipologías de moldes evaluando la colonización biológica en diferentes materiales, así mismo, durante el proceso se modificó la geometría y los sistemas de unión progresivamente. Los resultados demostraron que el uso de impresión 3D permite creación de moldes con geometrías paramétricas, también optimiza la retención homogénea de humedad y facilita el desmolde sin adherencias. Además, se determinó cuantitativamente que el material luego de pasar por la desactivación térmica, experimenta una contracción volumétrica del 24%, lo que exige sobredimensionar las medidas de los moldes con respecto a las medidas finales esperadas de los bloques. Este estudio concluye que la morfología y el relieve geométrico del bloque final permite configurar envolventes continuas, capaces de limitar el paso de calor y dispersar las ondas sonoras para evitar eco, convirtiéndolo en una alternativa técnica y ecológica factible para el sector de la construcción.

Keywords: Biomaterial, *Ganoderma lucidum*, aislamiento termoacústico, sostenibilidad, diseño modular.

1. Justificación

En la actualidad, la industria de la construcción es una de las más contaminantes a nivel mundial, es responsable del 40% de la contaminación, con un alto impacto en la extracción de los recursos naturales. En el contexto Colombiano, la industria demanda alrededor del 30% en materias primas nacionales y suministros energéticos que ejercen presión ante los recursos naturales nacionales (García Ochoa et al., 2020).

Del porcentaje total de contaminación, impactan materiales de manera directa e indirecta de la construcción, como lo son sistemas de aires acondicionados, calefactores o elementos alternos de consumo energético que con su uso cotidiano contribuye al deterioro ambiental, el uso de estos aparatos es evidencia de la poca efectividad del uso de los aislantes térmicos que se encuentran actualmente en el mercado, en donde aquellos que tienen mejores coeficientes de conductividad térmica (λ) y absorción acústica (α) no están al

alcance de todos (Roset Calzada & Coch Roura, 2002). Ante esta problemática, el presente documento evalúa alternativas mediante el uso del micelio como un material viable y competitivo frente a los existentes materiales aislantes derivados del petróleo. El micelio, se define como la red estructural de hifas interconectadas que producen los hongos saprófitos y xilófagos bajo el suelo. Su morfología, biológicamente, es de baja densidad y porosidad natural, lo que le otorga las propiedades aislantes al material (Gualteros Garzón, 2022).

2. Introducción

En esta investigación se desarrolla un método experimental de fabricación de bloques sólidos modulares utilizando el hongo *Ganoderma lucidum*, fundamentando sus criterios de geometría en las propiedades térmicas y acústicas que posee el material gracias a su composición biológica. También se evalúa el comportamiento del hongo ante diferentes materiales usados para la creación de moldes, como cartón corrugado y filamento

PLA (impresión 3D). Con esto se busca aportar parámetros de diseño estandarizados para la producción de bloques a base de micelio para reducir la huella de carbono de la industria de la construcción.

3. Objetivo general

Desarrollar bloques sólidos modulares a base de micelio del hongo *Ganoderma Lucidum* a través del diseño y experimentación de diferentes moldes, con el fin de establecer criterios de forma y fabricación para su uso como alternativa sostenible y no contaminante de aislamiento termoacústico en la industria de la construcción.

3.1 Objetivos específicos

- Establecer criterios de diseño de bloques modulares de micelio mediante la revisión teórica de las propiedades térmicas y acústicas.
- Diseñar y fabricar cinco tipologías de moldes experimentales para la producción de bloques sólidos modulares, garantizando la viabilidad de desmolde y adaptación de la forma.
- Monitorear el proceso de colonización biológica del hongo *Ganoderma lucidum* dentro de los moldes, evaluando el impacto de factores ambientales (humedad y temperatura) y la tolerancia a la contaminación.
- Calcular de forma cuantitativa el porcentaje de contracción volumétrica de un prototipo luego del proceso de desactivación térmica para dimensionar correctamente el molde final.

4. Marco teórico

El sector de la construcción es responsable de una parte significativa de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, debido en gran medida a la dependencia de materiales aislantes de origen petroquímico como el Poliestireno Expandido (EPS). A pesar de su eficiencia térmica, el EPS presenta un ciclo de vida lineal que deriva

en una degradación ambiental persistente y en la acumulación de microplásticos en los ecosistemas (Robertson et al., 2020). Frente a este panorama, los compuestos basados en micelio emergen como una solución disruptiva bajo el paradigma de la biorrefinería fúngica (Jones et al., 2020), transformando residuos lignocelulósicos en materiales de ingeniería con baja energía incorporada. Estos biocompuestos no solo facilitan la transición hacia una economía circular al revalorizar desechos industriales y agrícolas (Barta et al., 2024), sino que actúan como sumideros de carbono, capturando CO₂ biogénico durante su fase de crecimiento y ofreciendo una alternativa técnica viable para la descarbonización del entorno construido (Wildman et al., 2026).

La fabricación de biocompuestos de micelio se fundamenta en un proceso de bio-ensamblaje donde el hongo actúa como un ingeniero biológico. A diferencia de los materiales compuestos convencionales que requieren adhesivos sintéticos, el micelio secreta enzimas complejas para degradar los polímeros naturales del sustrato (celulosa, hemicelulosa y lignina), utilizándolos como fuente de carbono para expandir una densa red de hifas (Camilleri et al., 2025). Esta red de micro-nanofibras penetra y envuelve las partículas del sustrato, creando una matriz tridimensional que cementa el material de manera natural. A nivel químico, estudios de espectroscopia (FTIR) han confirmado que durante la colonización se produce una transformación de la biomasa, resultando en una estructura rica en quitina, lo que otorga al material una combinación única de flexibilidad y resistencia estructural (Aiduang et al., 2022).

El micelio cuenta con un rango mucho más amplio que otros materiales en cuanto a su densidad (50 - 1420 kg/m³), lo cual lo convierte en un material versátil que puede tener diferentes aplicaciones. Entre menos denso sea, se vuelve más ligero debido a que contiene más aire por dentro, lo que permite contener el calor y lo convierte en un material apto para aislamiento térmico. Cuando es más denso es porque se comprime con presión y calor para sacar la mayor cantidad de aire posible, lo que lo vuelve más resistente a las fuerzas de

compresión, convirtiéndolo en un material ideal para uso estructural (Al-Qahtani et al., 2023).

Otra característica de los compuestos a base de micelio es que tienen un contenido inicial de humedad entre el 60% y 80% de su masa total (Aiduang et al., 2022), por lo que durante el proceso desactivación térmica, el agua contenida se evapora para estabilizar la masa del material, esto provoca el compuesto se encoja, ya que las hifas se aplanan al perder su turgencia (Barta et al., 2024). Después de este proceso, el hongo deja de reproducirse y queda completamente inerte, por lo que es seguro para su aplicación en espacios arquitectónicos.

El material para fabricar moldes no puede ser higroscópico (madera y cartón), ya que el micelio es un organismo que requiere oxígeno para colonizar el sustrato de manera uniforme (Elsacker et al., 2019), por esta razón los moldes de plástico son los más eficientes ya que ayudan a mantener altos los niveles de humedad necesarios para su crecimiento. También es necesario que esten en un ambiente con una temperatura controlada ya que es un factor clave para la colonización adecuada (Al-Qahtani et al., 2023).

5. Hipótesis

El uso de moldes no higroscópicos fabricados mediante impresión 3D permite controlar la pérdida de humedad y a la vez plasmar con exactitud en el material la geometría con relieve diagonal, diseñada para optimizar la dispersión y absorción acústica.

6. Metodología

Esta investigación adoptó un enfoque experimental para evaluar la factibilidad de fabricar bloques modulares que cumplan con propiedades de aislamiento térmico y acústico, empleando micelio del hongo *Ganoderma lucidum*. En primer lugar, se diseñaron bloques modulares usando Rhinoceros como software de modelado 3D, con el objetivo de pasar de superficies planas a geometrías con

curvas y diagonales, se utilizó impresión 3D para crear los moldes y que adoptaran estas geometrías con precisión, también para evaluar cómo se comporta el micelio con este material. Para el diseño del bloque final, se tuvo en consideración las propiedades térmicas y acústicas del micelio, las cuales se muestran a continuación.

6.1 Criterios de diseño según las propiedades térmicas y acústicas

De acuerdo a la investigación y a la literatura técnica analizada, las dimensiones y geometría del módulo no serían únicamente por funcionalidad y estética, sino que cada criterio de diseño del mismo debía cumplir con propiedades térmicas y acústicas específicas para lograr que este módulo cumpla el propósito de aislante.

Los compuestos a base de micelio tienen propiedades aislantes térmicas debido a que su estructura interna es porosa, se crean bolsas que atrapan el aire y limitan el paso de calor (De, G et al., 2025). Estas características también vuelven este material fonoabsorbente, gracias a su composición fibrosa y porosa, la red que crean las hifas al interior limita el movimiento de las ondas sonoras y disminuyen su amplitud en cuanto más atraviesan el camino tortuoso (Jones et al., 2020).

Durante la etapa de secado, el volumen inicial del micelio disminuye ya que pierde humedad al ser horneado, por esta razón era necesario calcular el porcentaje de contracción volumétrica a través del método planteado por Elsacker et al., donde V_1 equivale al volumen húmedo de la muestra y V_2 al volumen seco de la muestra (Aiduang et al., 2022).

$$\% \text{Contracción volumétrica} = \left(\frac{V_1 - V_2}{V_1} \right) \times 100$$

Teniendo en cuenta lo anterior, podríamos saber que las dimensiones (alto, largo y ancho) del módulo cambiarían con respecto a las del molde luego de la etapa de secado, por lo que según el porcentaje obtenido, era necesario aumentar el

tamaño del molde con respecto a las dimensiones esperadas.

El espesor del material también es un factor que influye en el rendimiento acústico, ya que a medida que aumenta el espesor, el coeficiente de absorción acústica (α) aumenta en bajas frecuencias (Barta et al., 2024), de acuerdo a los experimentos estudiados que iban de 2.5 a 3 cm de grosor, el grosor ideal del módulo debería ser mayor. Teniendo en cuenta lo anterior, la compresión del material reduce la porosidad, el espesor y por lo tanto la absorción acústica, debido a esto es importante que los módulos no sean prensados en caliente ni en frío (Jones et al., 2020).

En cuanto al diseño del módulo, la superficie no podía ser plana ya que el sonido se refleja de forma directa sobre superficies lisas generando eco, por lo que el uso de diseños con texturas, curvas o patrones piramidales aumenta el área superficial para facilitar la dispersión de las ondas sonoras, lo que produce una mayor absorción del sonido, reduciendo el eco. El micelio tiene la capacidad de cultivarse en moldes con textura o con superficies curvas y diagonales, por lo que puede adoptar cualquier forma. (George et al., 2026).

7. Proceso

Para la elaboración de los bloques, se utilizaron bolsas de micelio proveniente del hongo *Ganoderma Lucidum*, este no requiere la adición de nutrientes o sustratos extra, puesto que fue inoculado previamente por el vendedor con trozos de madera pequeños y aserrín.

El primer paso fue diseñar 5 tipos de moldes diferentes basándonos en las propiedades del micelio, teniendo en cuenta el tiempo de inoculación promedio del hongo, los ángulos en los que mejor crece el hongo, el grosor apropiado para que colonice en poco tiempo y la forma de ensamblar los bloques entre sí. Los moldes que surgieron a partir de esto, se hicieron primeramente en cartón corrugado de 4mm, se analizó uno por uno para que finalmente se eligiera uno de ellos para elaborar el primer molde con el micelio.

7.1 Molde 1

El molde 1 tiene una forma pentagonal, con las esquinas redondeadas, este cuenta con perforaciones de 2 cm de diámetro a cada lado para que se puedan conectar uno con otro, el material que se utilizó fue cartón corrugado (Figura 1).

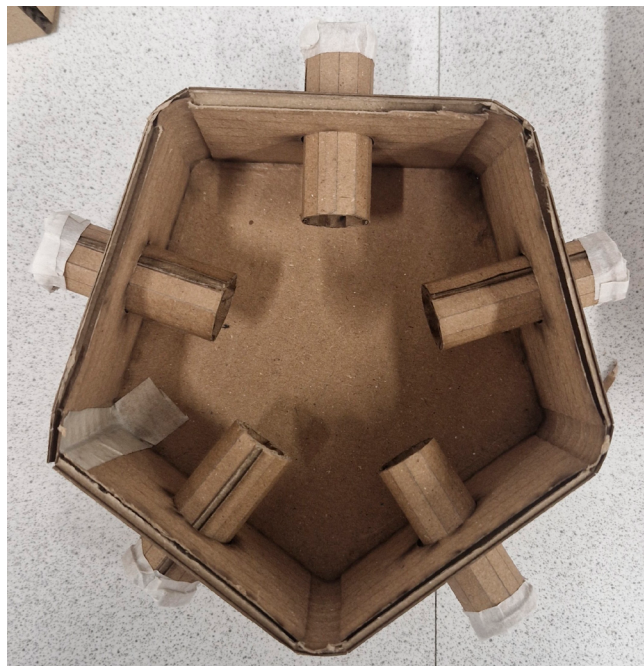


Figura 1 Molde 1 fabricado en cartón corrugado, con diseño de pentágono con perforaciones de 2 cm de diámetro a cada lado previo a la inoculación.

En el proceso en este primer molde, la bolsa de *Ganoderma* se desmenuza dentro del molde y se compacta constantemente durante todo el procedimiento, esto se realiza en dos fases: En la primera, se llena el molde hasta que llegue a los agujeros y se prensa con las manos hasta que el hongo se comprima lo más posible, en ese punto se introducen los conductos tubulares para el acople estructural; Para la segunda fase, se repite el proceso de llenado en el molde hasta llegar al borde superior, compactando el hongo constantemente para optimizar el contacto de las partículas del hongo que durante el proceso de inoculación, con el fin de lograr que inocule correcta e uniformemente (Figura 2). Durante los días en que estuvo el sustrato dentro del molde, se mantuvo una tempera-

tura promedio de 17 a 22 grados y en ausencia de radiación solar directa.

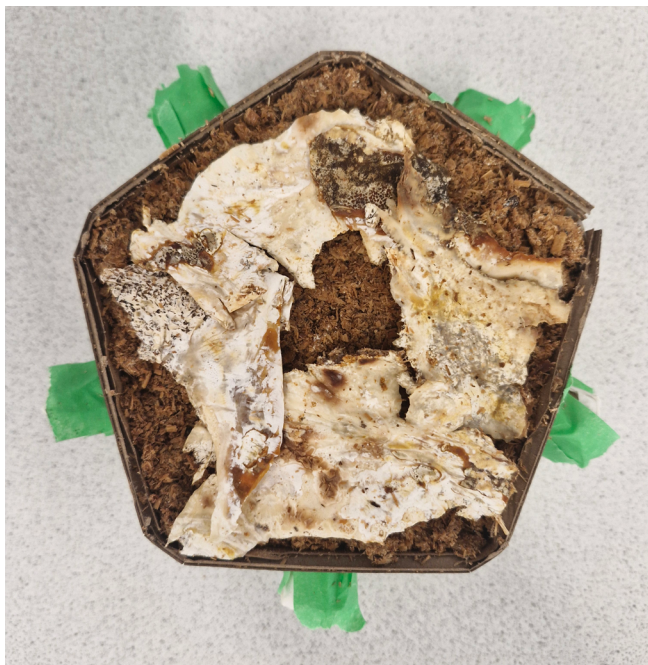


Figura 2 Molde 1, relleno con biocompuesto del hongo *Ganoderma Lucidum* (6 de marzo).

7.2 Molde 2

Con base en los resultados obtenidos de este primer módulo, se procedió a experimentar con impresión 3D para la elaboración del segundo molde, en este se mantuvo la idea de estructura interna que atraviesa el bloque para poder así unirlos en este segundo, los tubos atraviesan por completo la estructura del bloque. El diseño del molde es de base hexagonal alargada y la superficie es curvada, las perforaciones son de 1.5 cm de diámetro (Figura 3).

En el proceso de llenado se repitió el mismo patrón que en el primero, se desmenuza la bolsa de *Ganoderma*, se pone dentro del molde y se presiona manualmente durante dos fases, la previa a la inserción de los tubos de la estructura del bloque y la posterior a esta (Figura 4).

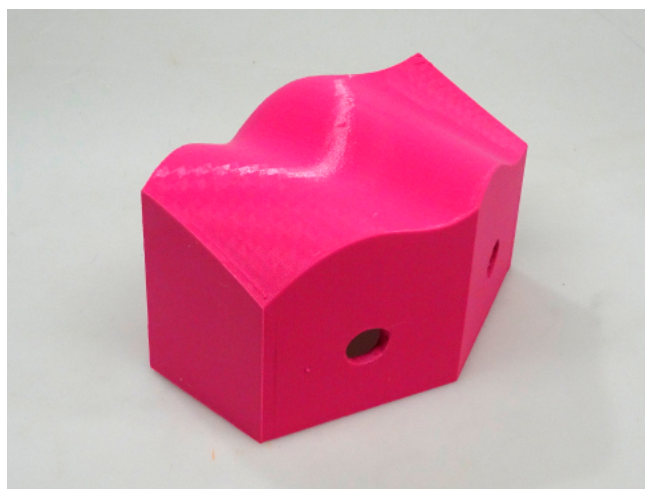


Figura 3 Molde 2 impreso en 3D, con diseño de hexágono alargado, con perforaciones de 1.5 cm que atraviesan el módulo, previo a la inoculación.



Figura 4 Proceso del relleno del molde 2, con la estructura interna para que el hongo crezca con los orificios preestablecidos del diseño.

A diferencia del primer bloque, el desmolde de este segundo sería completamente diferente, puesto que el molde es de un material reutilizable y no debía romperse al momento de sacar el bloque, para evitar que el sustrato se adhiriera, tal como sucedió con el molde de cartón, se puso un plástico antes de empezar a comprimir el micelio dentro del molde para que su desmolde fuera más fácil (Figura 5). Durante los días en que estuvo el sustrato dentro del molde, se mantuvo una temperatura promedio de 17 a 22 grados y en ausencia de radiación solar directa.



Figura 5 Molde 2 relleno con biocompuesto del hongo *Ganoderma Lucidum*, con un plástico en la base para facilitar su desmolde (13 de marzo).

7.3 Molde 3

El tercer molde también se hizo con impresión 3D, el diseño del molde es de base cuadrada y la superficie tiene diagonales, a los costados también contaba con perforaciones (4 por lado) con el fin de que se pudieran conectar entre sí (Figura 6),

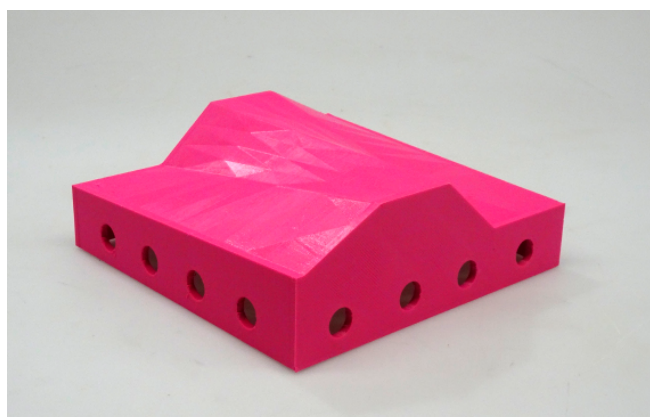


Figura 6 Molde 3 impreso en 3D, de base cuadrada, con una de sus caras irregulares y orificios en las caras laterales, previo a la inoculación.

sin embargo, cuando se hizo el proceso de llenado con *Ganoderma*, se optó por cubrir los huecos con cinta ya que los bordes que quedaban en la parte de abajo eran muy delgados y se podrían quebrar. En este caso no se usó el plástico de base como se hizo en el molde 2, ya que mientras se iba po-

niendo el *Ganoderma* desmenuzando, se resbalaba cuando se presiona manualmente y era más difícil cubrir la forma (Figura 7). Este molde también se dejó dentro de un lugar oscuro a temperatura ambiente junto con el molde 2.



Figura 7 Molde 3 relleno con biocompuesto del hongo *Ganoderma Lucidum* (13 de marzo).

7.4 Molde 4

Para el cuarto molde, se quiso hacer una prueba de prensado manual para que la parte de arriba del molde después de llenarse con *Ganoderma*, tuviera una textura más uniforme y lisa. En este caso, también se hizo el molde en impresión 3D, en este caso se utilizó filamento transparente, por lo que quedó translúcido, esto nos permitió ver desde afuera el color que tenía el bloque, lo que ayudó a ver la evolución del bloque. El diseño era rectangular con perforaciones en la parte de abajo para facilitar el desmolde (Figura 8),



Figura 8 Molde 4 impreso en 3D, de base rectangular, con orificios para facilitar su desmolde y tapa en la parte superior que funciona como prensa del sustrato.

antes de empezar a llenarlo con el Ganoderma desmenuzado, se cubrieron los huecos con cinta de enmascarar para que no se saliera, aparte se imprimió una tapa que serviría de prensa, luego del llenado se selló la tapa con cinta para que no perdiera presión y se puso debajo de un objeto pesado (Figura 9) y (Figura 10).



Figura 9 Molde 4 relleno con biocompuesto del hongo *Ganoderma Lucidum* (24 de abril).

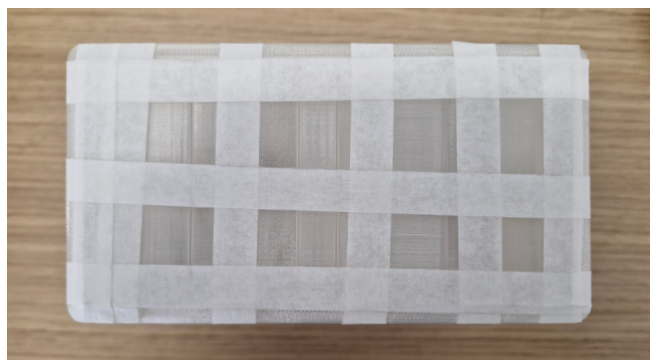


Figura 10 Bloque del molde 4 sellado para generar presión al sustrato durante su inoculación.

7.5 Molde 5

Teniendo en cuenta los aprendizajes de los bloques anteriores y la investigación de las propiedades térmicas y acústicas del micelio, se procedió a diseñar el quinto molde, el cual sería el del bloque final. En este bloque se quería lograr que se ensamblaran unos con otros implementando la técnica de las perforaciones, usando tarugos de madera como conectores. Para que el bloque también era importante que el diseño de la superficie del

bloque pudiera repetirse y conectarse en todas las caras para crear una envolvente continua y fluida, teniendo en cuenta que para la dispersión del sonido es importante no tener superficies planas, se usó una geometría con diagonales (parecida a las del molde 3) que genera relieve (Figura 11).

Para las dimensiones del bloque, se tuvo en cuenta el resultado de la fórmula del porcentaje

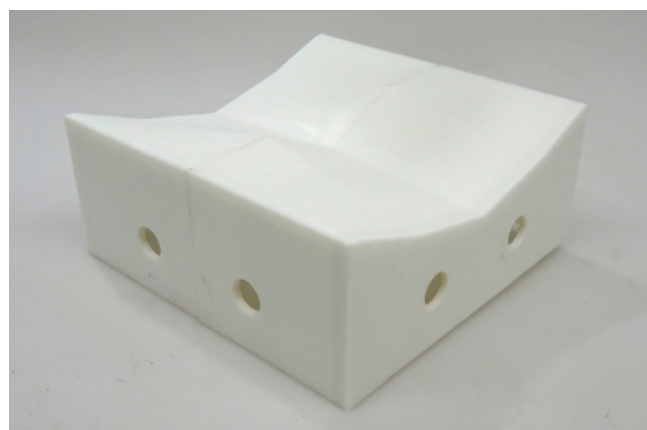


Figura 11 Bloque 5 mpreso en 3D, de base cuadrada, con una superficie con relieve y perforaciones para las uniones.

de contracción volumétrica para aproximar cuáles serían las dimensiones finales después de ser deshidratado. Se realizó el mismo proceso de desmenuzar Ganoderma y ponerlo dentro del molde como en los 4 moldes anteriores, y para crear las perforaciones dentro del bloque se usaron tapones que no atravesaban del todo el bloque sino solo hasta cierta parte (Figura 12).

Finalmente, al igual que los otros moldes, se dejó



Figura 12 *Proceso del relleno del molde 5, con la estructura interna para que el hongo crezca con los orificios preestablecidos del diseño (25 de mayo).*

en un lugar donde no llega radiación solar directa a temperatura ambiente.

8. Resultados

8.1 Molde 1

Desde el día de llenado del molde hasta el día de su desmolde, pasaron 14 días, durante ese tiempo, se supervisó constantemente el bloque para registrar el progreso de inoculación dentro de este molde de cartón. Al tercer día después del llenado del molde, se evidenciaba en la superficie un color blanco bastante translúcido, con textura suave; en cuanto al molde, el cartón se sentía húmedo en todas las aristas laterales e inferior (Figura 13).



Figura 13 *Bloque del molde 1 después de 3 días de inoculación (9 de marzo).*

Para el sexto día, la superficie blanca que había empezado a crecer, se volvió aun mas solida, con un color mas fuerte y una textura mas densa, especialmente en el centro del modulo, mientras que los vertices y las aristas se veian un poco mas

secos y de color cafe; el carton continuo estando humedo (Figura 14).



Figura 14 *Bloque del molde 1 después de 6 días de inoculación (12 de marzo).*

Para el día 14, al bloque ya le habían crecido algunas setas en la parte superior, algunas partes de lo que antes era blanco, se había tornado un poco amarillento, por lo que se procede al desmolde del bloque. Una vez desmoldado, era evidente que la capa del cartón que estaba en contacto directo con el bloque, se había adherido al mismo, por lo que la textura corrugada del cartón prevaleció en todas las aristas laterales del bloque (Figura 15);



Figura 15 Vista lateral de una arista del bloque del molde 1 después de 14 días de inoculación (20 de marzo).

el bloque no era uniformemente blanco debido a que el cartón del molde absorbe la humedad, lo que explica la resequedad de sus costados y aristas, esto generó que el bloque estuviese más propenso a desmoronarse, perdiendo así capacidad de resistir esfuerzos estructurales y generando grietas que disminuyan su efectividad como aislante (Figura 16).



Figura 16 Vista frontal del bloque 1 junto al bloque 2, evidencia de la pérdida de agua en el bloque 1.

Este bloque no fue horneado en ninguna máquina, se mantuvo dentro de una caja a temperatura ambiente, en ausencia de la radiación solar directa. Y debido a que el cartón absorbió gran parte de su humedad, el hongo no continuó creciendo ni las esporas inoculando el sustrato, finalmente el bloque quedó tal como al momento del desmolde (Figura 17).



Figura 17 Vista cenital del bloque 1 donde se evidencia crecimiento de zetas sobre la superficie del bloque.

8.2 Molde 2

Desde el día de llenado del molde hasta el día del desmolde, pasaron 7 días, para el 5 día el bloque ya presentaba evidentes cambios en el proceso de colonización, la superficie estaba completamente blanca, incluso contaba con algunos parches amarillos que al bloque 1 le salieron solo algunos días antes de su desmolde; en cuanto a la textura, al tacto era suave pero suficientemente compacta para que ninguna partícula del sustrato se saliera (Figura 18).



Figura 18 Bloque del molde 2 después de 5 días de inoculación (18 de marzo).

Fue desmoldado al día 7 después de su inoculación debido a la rápida evolución que mostró durante ese tiempo, para este ultimo día la superficie continuaba en su totalidad blanca con más áreas amarillas; su textura era fuerte y lisa, lo que nos dio pie para proceder con el desmolde (Figura 19).



Figura 19 *Bloque del molde 2 después de 7 días de inoculación (20 de marzo).*

Durante la extracción del bloque del molde no se presentaron inconvenientes ni dificultades, primero se retiraron cuidadosamente los tubos que atraviesan el bloque y por último se extrajo halando el plástico que lo rodeaba. Una vez desmoldado, las aristas laterales e inferior quedaron con la marca del plástico, mientras que los orificios del bloque quedaron completamente lisos debido a que no se le puso plástico alrededor de los tubos (Figura 20).

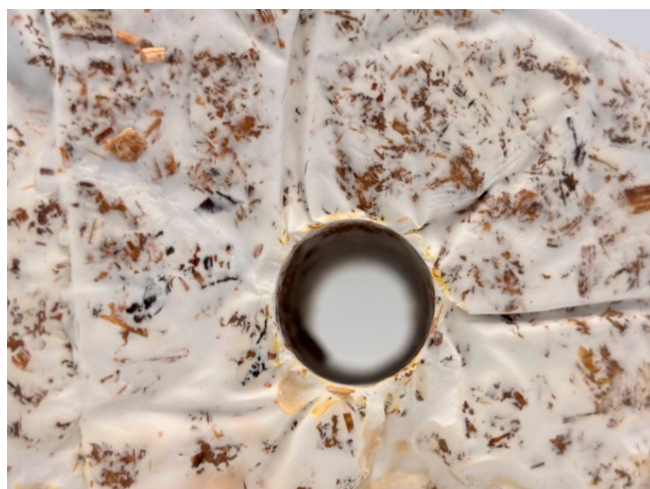


Figura 20 *Bloque del molde 2 después de 7 días de inoculación y desmolde (20 de marzo).*

El bloque no fue llevado a la deshidratadora inmediatamente después de su desmolde, se mantuvo guardado dentro de una bolsa plástica con una pequeña apertura para que pudiera entrar aire, a diario se sacaba el bloque de la bolsa debido a que el hongo seguía sudando y extrayendo humedad, se limpiaba la bolsa con toallas de papel secas hasta dejar su interior completamente seco. Se repitió este proceso durante 6 días consecutivos, pero a pesar de el cuidado diario que se le dio, fue creciendo moho en la superficie debido a la humedad, lo cual era riesgoso porque podía generar variaciones en el resultado en cuanto a su capacidad estructural, después de este tiempo, fue llevado a la deshidratadora por 12 horas a 35 °C.

Posterior al proceso de deshidratación, se observó la reducción del volumen del bloque, pérdida de masa y cambio en la textura. Aunque para este bloque si se observaron cambios, no se realizaron pruebas cuantitativas precisas que detallen estos valores, a partir del molde 4 se evalúan formalmente (Figura 21).



Figura 21 *Vista en perspectiva del bloque 2, después de pasar por el proceso de deshidratación.*

8.3 Molde 3

Desde el día de llenado del molde hasta el día del desmolde, pasaron 7 días, tuvo un progreso muy similar al molde 2, al día 5, tenía la superficie casi por completo blanca y con zonas amarillas, textura suave pero compacta (Figura 22).



Figura 22 Bloque del molde 3 después de 5 días de inoculación (18 de marzo).

Al día 7 después de la inoculación (Figura 23), se llevó a cabo el procedimiento de desmolde, se presentaron dificultades para su extracción, debido a que no se le puso una bolsa en la base como al molde número 2. Como primer paso del desmolde, se utilizó una herramienta plana para despegar los bordes del bloque del molde, introduciéndola por todas las aristas que lo permitían, una vez despegadas se ejerció un efecto de palanca con la misma herramienta para intentar despegar la superficie inferior, por último, se invirtió el molde y se ejerció una fuerza de impacto moderada sobre la superficie de trabajo para agilizar la expulsión del bloque. Como resultado, la superficie del bloque quedó lisa y sin imperfecciones (Figura 24).



Figura 23 Bloque del molde 3 después de 7 días de inoculación (20 de marzo).



Figura 24 Vista lateral de un lado del bloque del molde 1, después de 7 días de inoculación y desmolde (20 de marzo).

Al igual que el bloque 2, el bloque no fue llevado a la deshidratadora inmediatamente después de su desmolde, durante los siguientes 6 días se realizó el mismo proceso de conservación del bloque dentro de una bolsa, con limpieza diaria y cuidados necesarios, sin embargo, tuvo el mismo resultado de crecimiento de otro tipo de hongo que ponía en riesgo al micelio, por esta razón, al sexto día fue llevado a la deshidratadora por 12 horas a 35 °C.

Posterior al proceso de deshidratación, se observó la reducción del volumen del bloque, pérdida de masa y cambio en la textura (Figura 25). Para este bloque se midió la base cuadrada de este para compararla con las medidas de esa base después de pasar por la deshidratadora, el resultado fue que se redujo 1 cm de todos los lados del cuadrado base, hecho importantes que tendrán aún más peso en el molde 5.



Figura 25 Bloque del molde 3 después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva desmoldado..

8.4 Molde 4

Desde el día de llenado del molde hasta el día del desmolde, pasaron 14 días, al día 3 se podrían ver los resultados del progreso del sustrato a través del filamento transparente con el que se hizo el molde (Figura 26), igualmente se retiró la tapa superior del bloque para ver mejor los avances de la inoculación del sustrato (Figura 27),

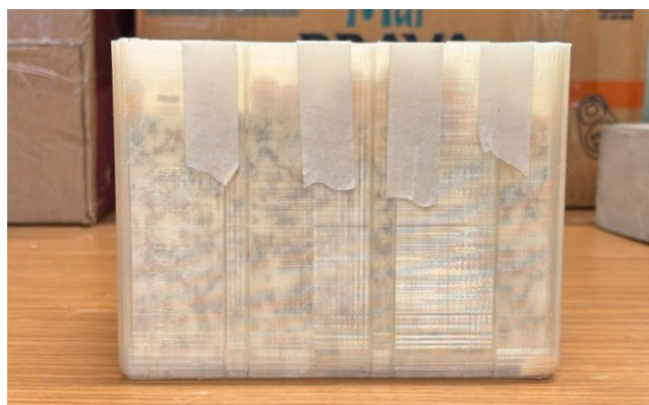


Figura 26 Vista lateral del modulo 4, después de 3 días de la inoculación, con el sustrato en su interior, se evidencia el progreso de por el color blanco que adquiere el sustrato (27 de abril).



Figura 27 Bloque del molde 4 después de 3 días de inoculación (27 de abril).

desde ambas vistas se podía ver que el sustrato iba adquiriendo el color blanco translúcido característico de la colonización, pero se seguía viendo en gran parte café; en cuanto a la textura, era suave y no lo suficientemente compacta para desmoldar, pero lo suficientemente resistente como para

mantener todos los pedazos de micelio juntos. Posterior a hacer el registro de ese día, se volvió a poner la tapa y sellar con cinta. A los 12 días después de la inoculación se hizo otro registro de los avances del bloque dentro del molde, el color del sustrato que se veía a través del filamento era casi por completo blanco, los orificios de la parte inferior del molde habían sido invadidos por el hongo, puesto a que había empezado a germinar a través de ellos, al igual que en el interior del molde, entre los filamentos; este día no se hizo retiro de la tapa, únicamente el seguimiento con base al color que se divisaba por el material y entre los huecos (Figura 28).



Figura 28 Bloque del molde 4 después de 12 de inoculación (Mayo 6).

En el día 14, el bloque no había tenido cambios muy notorios en comparación con el día 12, por esta razón, se procedió a hacer el desmolde del bloque. Para el desmolde se presentaron algunas dificultades para realizarlo, en principio una de las funciones de los orificios inferiores del molde era facilitar este proceso, sin embargo, como se mencionó anteriormente, el hongo había comenzado a comerse la cinta que se puso el día de inicio de la inoculación y a salir por entre los orificios, esto generó que el bloque se pegara mas de lo previsto al módulo. Posterior al retiro de la tapa superior, se repitió el primer paso que se llevó a cabo con el desmolde de los moldes 2 y 3, con una herramienta plana, se separaron los bordes del sustrato del molde, desde la parte de abajo por los orificios, se empezó a empujar el bloque para despegarlo de la cara inferior, sin embargo este paso llevo bastante

tiempo puesto a que si se ejercía demasiada presión, el molde empezaba a agrietarse y cambiarle la textura de esa zona al bloque, después de un tiempo repitiendo este paso y golpear un poco el bloque contra la mesa, finalmente logró salir el bloque. Como resultado, el bloque si quedo marcado en la cara inferior que se hizo la presión para sacarlo (Figura 29), el hongo se había comido la cinta casi por completo, en la parte superior que estaba en contacto con la tapa removible, el hongo tambien comenzo a salir por los pequeños vanos que quedaban, razón que explica el por que de su forma final (Figura 30). Su apariencia era una combinación de colores entre blanco y café, sin embargo era un bloque bastante compacto y pulido, con sus ángulos rectos, aristas lisas y vértices marcados, descripción que no fue característico de los moldes pasados.



Figura 29 Bloque del molde 4 después de 14 días de inoculación y desmoldado (8 de mayo).



Figura 30 Vista en perspectiva del bloque 4,

mostrando el desbordamiento del hongo en la parte superior del molde y la textura lisa y pulida de sus caras.

Antes de meter el bloque al horno, se marcó en la parte interna del molde con un marcador a que punto llegaba el sustrato estando dentro del molde, esto con el fin de evaluar y calcular cuantitativamente la reducción que tendrá el bloque después de horneado (Figura 31). El mismo día se metió el bloque fuera del molde al horno durante 18 horas a 38 °C.



Figura 31 Bloque 4 después de pasar por la deshidratadora, se evidencia la diferencia de tamaño respecto a las líneas marcadas en el molde, las cuales indican la medida antes de ser horneado.

Para calcular cuánto se redujo el bloque final con respecto al inicial, se utilizó la fórmula del porcentaje de contracción volumétrica, primero hallando el volumen de cada bloque usando sus medidas (largo, ancho y alto) y luego reemplazando cada volumen en la fórmula de la siguiente manera:

$$\%ContracciónVolumétrica = \left(\frac{813.4 \text{ cm}^3 - 616.85 \text{ cm}^3}{813.4 \text{ cm}^3} \right) \times 100$$

El resultado de la fórmula fue de 24%, en medidas disminuyó 1 cm de largo y alto, mientras que de ancho se redujo 0.5 cm. La diferencia en la disminución en cm se explica por su forma rectangular, su lado más largo, es el doble que su lado mas corto (Largo 14 cm y ancho 7 cm), quiere decir que, al momento de la reducción, el lado más corto se encoge la mitad que el lado largo (Figura 32).



Figura 32 *Bloque del molde 4 después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva desmoldado.*

8.5 Molde 5

Desde el día de llenado del molde hasta el día del desmolde, pasaron 7 días, al día 3 se hizo el primer registro de la evolución de la inoculación, había evolucionado rápido en comparación al tamaño del bloque, debido a que es el bloque más grande de todos los que se hicieron en esta investigación; había adquirido el color blanco translucido que permite ver de fondo el café del micelio, también tenía una; textura suave y no lo suficientemente sólida como para desmoldarlo (Figura 33);

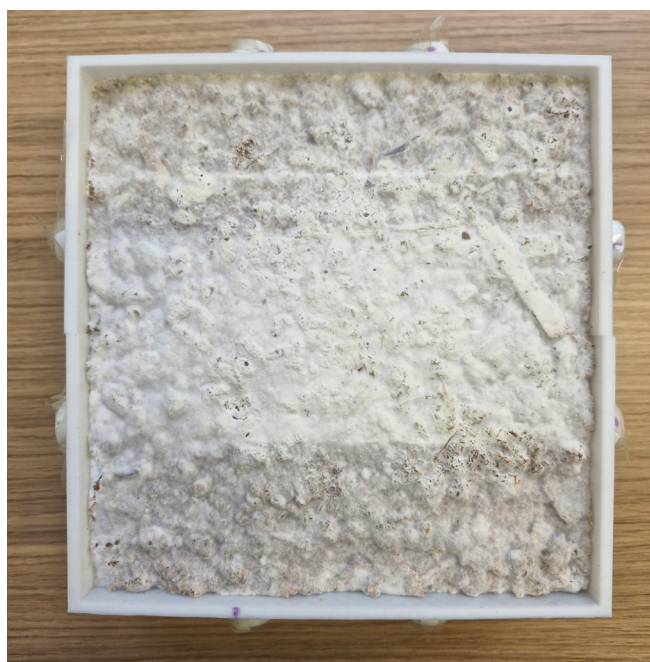


Figura 33 *Bloque del molde 5 después de 3 días de inoculación (28 de mayo).*

se sentía bastante más húmedo que los otros 4 moldes, debido a que la tapa que se realizó para este molde fue en cartón envuelto en cinta transparente, a pesar de que no absorbió el agua, la cinta mantiene aún más la humedad del bloque en la superficie. Para el día 7, el bloque ya estaba completamente blanco y listo para meter a la deshidratadora, Este bloque estuvo allí durante 36 horas a 35 °C.

Como resultado de la reducción del bloque, el hecho de no haberlo desmoldado previamente para la deshidratadora no afectó en lo absoluto al cálculo realizado, efectivamente se redujo en un 24% y en la base cuadrada redujo 1 cm a cada lado (Figura 34).



Figura 34 *Bloque del molde 5 desmoldado después del proceso de deshidratación, visto en perspectiva.*

9. Conclusiones

- Con base en los resultados del molde 1, se concluyó que el cartón no es un material apto para hacer moldes ya que este absorbe la humedad del bloque de micelio, dejándolo seco por los lados, también termina siendo de un solo uso, lo cual no lo hace sostenible.
- Con base en los resultados del molde 2, se concluye que el uso de la impresión 3D en moldes para la elaboración de bloques en micelio es efectivo, puesto a que le permite al hongo mantener una humedad uniforme, no la absorbe ni la deja salir, es un material reutilizable y fácil de limpiar.
- Con base a los resultados del bloque 4, se concluye que para el molde final, el molde se debe hacer 24% más grande que el bloque final, teniendo en cuenta que en figuras geométricas con base equilateral, se reducirá su tamaño 1cm por cada lado, hecho que hay que tener en cuenta igualmente con la reducción de orificios en los bloques.
- Mantener una humedad adecuada del micelio es indispensable para lograr una colonización uniforme y una mayor resistencia del bloque.
- La deshidratación debe realizarse inmediatamente después del desmolde para evitar la contaminación por otros hongos, que afecten sus propiedades.
- El bloque final demostró la viabilidad de fabricar módulos ensamblables, para uso como revestimiento de muros interiores.
- El micelio representa una alternativa sostenible para materiales de aislamiento, siempre que se controlen variables como la humedad, la temperatura, el tipo de molde y el proceso de secado.

10. Referencias

- Aiduang, W., Kumla, J., Srinuanpan, S., Thamjaree, W., Lumyong, S., & Suwannarach, N. (2022). Mechanical, physical, and chemical properties of mycelium-based composites produced from various lignocellulosic residues and fungal species. *Journal of Fungi*, 8(11), 1125.
- Al-Qahtani, S., Koç, M., & Isaifan, R. J. (2023). Mycelium-based thermal insulation for domestic cooling footprint reduction: A review. *Sustainability*, 15(17), 13217.
- Barta, D. G., Simion, I., Tiuc, A. E., & Vasile, O. (2024). Mycelium-based composites as a sustainable solution for waste management and circular economy. *Materials*, 17(2), 404.
- Camilleri, E., Narayan, S., Lingam, D., & Blundell, R. (2025). Mycelium-based composites: An updated comprehensive overview. *Biotechnology Advances*, 79, 108517.
- De, G., Yang, L., Lee, J., Wu, Y. H., Tian, Z., & Qin, Z. (2025). Mycelium-coir-based composites for sustainable building insulation. *Journal of Materials Chemistry A*, 13(14), 9694-9707.
- Elsacker, E., Vandeloock, S., Brancart, J., Peeters, E., & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS One*, 14(7), e0213954.
- García Ochoa, J., Quito Rodríguez, J y Perdomo Moreno, J. (2020). Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Ingeniería Civil.
- George, K., Rodríguez-Grau, G., Molina, P., Sancy, M., & Thirumurugan, A. (2026). Engineering Functional Mycelium-Based Composites: Innovations in Thermal and Acoustic Insulation. *Composites Part B: Engineering*, 113470.
- Gualteros Garzón, J. S. (2022). Potencial de uso

del micelio como material de construcción sostenible en Colombia [Trabajo de grado de pregrado, Universidad La Gran Colombia]. Repositorio Institucional UGC.

Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., & John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials & Design*, 187, 108397.

Robertson, O., Høgdal, F., McKay, L., & Lenau, T. (2020). Fungal Future: A review of mycelium biocomposites as an ecological alternative insulation material. En *Proceedings of the Nord-Design 2020 Conference*.

Roset Calzada, J., & Coch Roura, H. (2002). Zona variable de confort térmico. Universidad Politécnica de Cataluña. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Wildman, J., Cascione, V., Henk, D., & Shea, A. (2026). Comparing substrates for mycelium-based composite insulation materials with thermal and environmental assessment. *Scientific Reports*, 16, 48045.