

LADRILLOS DE MICELIO: INNOVACIÓN Y GESTIÓN PARA GENERAR VALOR
EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE



Título del trabajo de grado

Ladrillos de micelio en la construcción sostenible: percepción profesional y aportes desde la gerencia de proyectos para la generación de valor, innovación y competitividad

Nombre y apellidos completos del autor o autores

Carol Viviana Nieto Carmona

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

diciembre de 2025

LADRILLOS DE MICELIO: INNOVACIÓN Y GESTIÓN PARA GENERAR VALOR
EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Título del trabajo de grado

Ladrillos de micelio en la construcción sostenible: percepción profesional y aportes desde la gerencia de proyectos para la generación de valor, innovación y competitividad

Nombres y apellidos completos del autor o autores

Carol Viviana Nieto Carmona

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

Jonnathan Hurtado López

Magíster en Gestión de Organizaciones y Doctorado en Estudios de Desarrollo y territorio

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

diciembre de 2025

Contenido

| | |
|--|----|
| Lista de tablas | 5 |
| Lista de figuras | 6 |
| Lista de anexos..... | 7 |
| Resumen | 8 |
| Abstract..... | 9 |
| Introducción..... | 10 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 1.1 Descripción del problema..... | 12 |
| 1.2 La pregunta de investigación..... | 13 |
| 1.3 Los objetivos de investigación..... | 13 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 13 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 13 |
| 1.4 Justificación de la investigación..... | 14 |
| 2. MARCO DE REFERENCIA..... | 16 |
| 2.1. Marco de Antecedentes..... | 16 |
| 2.2. Marco Teórico..... | 18 |
| 2.3. Marco normativo..... | 19 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 21 |
| 3.1. Enfoque y alcance de la investigación..... | 21 |
| 3.2. Población y muestra..... | 21 |
| 3.2.1. Definición de la población..... | 21 |
| 3.2.2. Cálculo y selección de la muestra..... | 22 |
| 3.3. Diseño de la Investigación..... | 22 |
| 3.4. Recolección de datos..... | 24 |
| 3.4.1. Descripción del procedimiento..... | 25 |
| 3.4.2. Análisis de la información..... | 26 |
| 3.4.3. Consideraciones éticas en la recolección de datos:..... | 27 |
| 4. ANÁLISIS DE DATOS..... | 28 |

LADRILLOS DE MICELIO: INNOVACIÓN Y GESTIÓN PARA GENERAR VALOR
EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

4.1 Análisis datos cuantitativos 28

4.2 Análisis de datos cualitativos 29

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS 42

6. CONCLUSIONES 46

7. RECOMENDACIONES 47

Referencias 48

ANEXOS 50

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación entre ladrillos de micelio, concreto y ladrillos tradicionales..... 29

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Edad de los encuestados | 30 |
| Figura 2. Género de los encuestados..... | 31 |
| Figura 3. Años de experiencia de los encuestados..... | 31 |
| Figura 4. Profesión de los encuestados | 32 |
| Figura 5. Empresa donde laboran los encuestados | 32 |
| Figura 6. Experiencia de los encuestados en trabajos relacionados con materiales sostenibles... 33 | |
| Figura 7. Conocimiento de los encuestados sobre ladrillos a base de hongos..... | 33 |
| Figura 8. Nivel de conocimiento de los encuestados sobre ladrillos a base de micelio | 34 |
| Figura 9. Nivel de conocimiento de los encuestados sobre propiedades técnicas del micelio en construcción | 34 |
| Figura 10. Consideración de los encuestados sobre la viabilidad de ladrillos de micelio frente a materiales tradicionales..... | 35 |
| Figura 11. Factores que influyen en los encuestados para aceptar ladrillos a base de micelio | 35 |
| Figura 12. Confianza frente a la durabilidad del material | 36 |
| Figura 13. Confianza frente a la seguridad del material | 36 |
| Figura 14. Opinión sobre los ladrillos de micelio vs la huella de carbono en la construcción..... | 37 |
| Figura 15. Opinión sobre lo importancia de la sostenibilidad en los proyectos | 38 |
| Figura 16. Opinión frente a la recomendación de este material por sus beneficios ambientales . | 38 |
| Figura 17. Opinión frente a la principal barrera de los ladrillos de micelio en la industria | 39 |
| Figura 18. Opinión frente a si la industria colombiana está preparada para adoptar este material innovador | 40 |
| Figura 19. Acciones consideradas por los encuestados para impulsar el uso del material | 40 |

LADRILLOS DE MICELIO: INNOVACIÓN Y GESTIÓN PARA GENERAR VALOR
EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Lista de anexos

Anexo 1. Cuestionario entrevista50

Resumen

El presente trabajo de investigación analiza el potencial de los ladrillos de micelio como alternativa sostenible en la construcción colombiana, integrando principios de gerencia de proyectos para generar valor, innovación y competitividad. Se busca evaluar la percepción y aceptación de este biomaterial entre profesionales del sector, así como su viabilidad técnica y ambiental frente a materiales tradicionales, considerando criterios de sostenibilidad y economía circular.

La investigación, de enfoque mixto, combina revisión documental y encuestas aplicadas a 60 participantes. Los resultados evidencian ventajas del micelio en reducción de huella de carbono, eficiencia energética y biodegradabilidad, aunque su uso se limita a aplicaciones no estructurales. Se concluye que su adopción depende de estrategias de capacitación, difusión, desarrollo normativo y validación técnica, aportando recomendaciones para la gerencia de proyectos orientadas a transformar la industria hacia modelos más responsables y resilientes.

Palabras clave: Ladrillos de micelio, construcción sostenible, competitividad, generación de valor, innovación.

Abstract

This research paper analyzes the potential of mycelium bricks as a sustainable alternative in Colombian construction, integrating project management principles to generate value, innovation, and competitiveness. It aims to assess the perception and acceptance of this biomaterial among industry professionals, as well as its technical and environmental viability compared to traditional materials, considering sustainability and circular economy criteria.

The mixed-method research combines document review and surveys applied to 60 participants. The results show the advantages of mycelium in reducing carbon footprint, energy efficiency, and biodegradability, although its use is limited to non-structural applications. It is concluded that its adoption depends on training strategies, dissemination, regulatory development, and technical validation, providing recommendations for project management aimed at transforming the industry towards more responsible and resilient models.

Keywords: Mycelium bricks, sustainable construction, competitiveness, value generation, innovation.

Introducción

En las últimas décadas, la humanidad ha tomado mayor conciencia sobre el impacto de sus acciones en el planeta y sobre la necesidad de replantear los modelos de desarrollo que han predominado en la modernidad. La construcción, como una de las actividades económicas más relevantes, ha sido históricamente un motor de progreso y bienestar, pero también una de las principales responsables de la degradación ambiental. Las grandes urbes, levantadas con materiales como el concreto, el acero y los polímeros sintéticos, han permitido el crecimiento de las civilizaciones modernas, pero a costa de una elevada huella de carbono, un consumo intensivo de energía y la generación de residuos inorgánicos que no ofrecen alternativas de reutilización.

Según el Global Status Report for Buildings and Construction (2024), el sector de la construcción es responsable de aproximadamente el 40% de las emisiones globales de dióxido de carbono vinculadas al consumo energético. Esta cifra refleja la urgencia de transformar los métodos constructivos actuales y de incorporar prácticas que reduzcan el impacto ambiental sin comprometer la calidad, la seguridad y la durabilidad de las edificaciones. En este contexto, la búsqueda de alternativas sostenibles se convierte en un imperativo no solo técnico, sino también ético y social.

Una de las propuestas emergentes más prometedoras es el uso de ladrillos de micelio, elaborados a partir de hongos que colonizan sustratos orgánicos como paja, aserrín o cáscaras agrícolas. Este biomaterial, al ser sometido a procesos de biofabricación controlada, puede convertirse en bloques, paneles o aislantes biodegradables con propiedades térmicas y mecánicas comparables a las de materiales tradicionales. Además, su producción requiere menos energía, aprovecha residuos agrícolas y evita el uso de combustibles fósiles, lo que lo convierte en una alternativa alineada con los principios de la economía circular.

Sin embargo, en Colombia, la implementación de este tipo de biomateriales aún es incipiente. La falta de difusión, socialización y validación técnica a gran escala ha limitado su incorporación en proyectos reales de construcción. Por ello, surge la necesidad de investigar no solo las propiedades físicas y ambientales del micelio, sino también la percepción y el nivel de

conocimiento de los profesionales del sector, quienes son actores clave en la toma de decisiones y en la adopción de innovaciones dentro de la industria.

Este proyecto de investigación se enmarca en la gerencia de proyectos, entendida como la disciplina que integra recursos, metodologías y estrategias para alcanzar objetivos en contextos reales. Desde esta perspectiva, el estudio de los ladrillos de micelio no se limita a un análisis técnico, sino que busca generar valor para las comunidades y empresas, fomentar la sostenibilidad como eje transversal de la construcción, impulsar la innovación en materiales y procesos, y fortalecer la competitividad de la industria colombiana frente a los retos ambientales y económicos actuales.

Metodológicamente, se adopta una ruta mixta de investigación, que combina enfoques cualitativos y cuantitativos. Por un lado, se explorarán las percepciones y experiencias de los profesionales de la construcción respecto al uso de biomateriales, lo que permitirá comprender barreras culturales, sociales y económicas. Por otro lado, se recopilarán datos técnicos sobre las propiedades físicas, térmicas y mecánicas del micelio, contrastándolos con los materiales tradicionales para evaluar su viabilidad en proyectos reales. Esta integración de enfoques busca ofrecer una visión holística que apoye la toma de decisiones estratégicas en la gerencia de proyectos de construcción sostenible.

En definitiva, esta investigación pretende cubrir un vacío de conocimiento en el contexto colombiano, aportando reflexiones teóricas y prácticas sobre la incorporación de biomateriales en la construcción. Al hacerlo, se espera contribuir a la transformación de la industria hacia modelos más responsables con el medio ambiente, más eficientes en el uso de recursos y más competitivos en un mercado global que demanda innovación y sostenibilidad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

La industria de la construcción, aunque esencial para el desarrollo económico y social, genera un alto impacto ambiental debido al uso de materiales tradicionales como el concreto y la madera, responsables de grandes emisiones de CO₂, consumo energético intensivo y generación de residuos no biodegradables. Esta situación contribuye al cambio climático, afecta la salud y el bienestar de las comunidades y plantea un desafío urgente para la sostenibilidad del sector.

En este contexto, los ladrillos de micelio surgen como una alternativa innovadora y biodegradable, elaborada a partir del cultivo controlado de hongos que colonizan residuos agrícolas y forman estructuras compactas resistentes al agua, fuego y moho. Investigaciones recientes han demostrado que estos biomateriales poseen propiedades físicas y térmicas comparables a materiales aislantes tradicionales, además de ventajas ambientales como bajo consumo energético y reducción de residuos.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, este problema no solo exige evaluar la viabilidad técnica de los biomateriales, sino también su impacto en la generación de valor, la sostenibilidad de los procesos constructivos, la innovación en materiales y metodologías, y la competitividad de las empresas frente a un mercado cada vez más regulado y consciente del medio ambiente. Asimismo, implica fortalecer la toma de decisiones estratégicas en proyectos reales, considerando riesgos, beneficios y la aceptación de los profesionales del sector.

En definitiva, el reto consiste en integrar alternativas como los ladrillos de micelio dentro de la gestión de proyectos de construcción sostenible, para transformar la industria hacia modelos más responsables, resilientes y alineados con los principios de la economía circular.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuál es el nivel de conocimiento, percepción y grado de aceptación de los profesionales colombianos del sector de la construcción respecto al uso de ladrillos de micelio como alternativa sostenible, y cómo estos insumos pueden integrarse en la gerencia de proyectos para generar valor, innovación y competitividad, apoyando la toma de decisiones estratégicas en contextos reales de la industria?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar el potencial de los ladrillos de micelio como alternativa biodegradable y sostenible en la industria de la construcción colombiana, integrando principios de gerencia de proyectos orientados a la generación de valor, sostenibilidad, innovación y competitividad, con el fin de fortalecer la toma de decisiones estratégicas en contextos reales y promover prácticas rentables, constructivas y responsables con el medio ambiente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar la viabilidad técnica y económica de los ladrillos de micelio considerando criterios de valor en proyectos de construcción, tales como costo-beneficio, eficiencia energética y reducción de emisiones de carbono.

- Describir el proceso de producción y gestión del ciclo de vida de los ladrillos de micelio, comparándolo con materiales tradicionales, para identificar oportunidades de innovación y sostenibilidad en la industria.

- Diseñar e implementar una encuesta dirigida a profesionales del sector de la construcción para conocer su percepción, nivel de conocimiento y grado de aceptación de biomateriales, vinculando estos resultados con la competitividad y la toma de decisiones en proyectos reales.

- Formular recomendaciones estratégicas para la gerencia de proyectos en construcción sostenible, orientadas a la difusión, investigación y adopción de biomateriales, considerando impactos ambientales, sociales y económicos.

1.4 Justificación de la investigación

La crisis ambiental y la necesidad de transformar la industria de la construcción demandan soluciones innovadoras que generen valor sostenible. En este contexto, los ladrillos de micelio representan una alternativa que no solo reduce la huella de carbono, sino que también abre oportunidades para la innovación en materiales, la competitividad empresarial y la toma de decisiones estratégicas en proyectos reales.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, este estudio se justifica porque:

- **Valor:** Permite evaluar el impacto económico y social de incorporar biomateriales, optimizando recursos y generando beneficios tangibles para comunidades y empresas.
- **Sostenibilidad:** Contribuye a la reducción de emisiones y al aprovechamiento de residuos agrícolas, alineándose con los objetivos globales de construcción verde y economía circular.
- **Innovación:** Introduce un material emergente en la industria, fomentando nuevas prácticas constructivas y metodologías de gestión que integren biotecnología y arquitectura sustentable.
- **Competitividad:** Ofrece a las empresas del sector una ventaja diferenciadora al adoptar materiales ecológicos, respondiendo a las demandas del mercado y a regulaciones ambientales cada vez más estrictas.
- **Toma de decisiones en contextos reales:** Proporciona información práctica y contextualizada para que los actores de la construcción puedan decidir sobre la implementación de ladrillos de micelio en proyectos, considerando riesgos, beneficios y escenarios de aplicación.

En definitiva, este proyecto no solo aporta conocimiento técnico y científico, sino que también fortalece la gerencia de proyectos en construcción sostenible, integrando criterios de valor, sostenibilidad, innovación y competitividad como pilares para transformar la industria en Colombia y responder a los desafíos ambientales y sociales actuales.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco de Antecedentes

El ser humano desde sus inicios ha visto la necesidad de supervivencia, para esto ha requerido principalmente la consecución de alimentos, agua y seguridad o resguardo. Con el tiempo ha ido desarrollando herramientas provenientes de recursos naturales que le han permitido fabricar abrigo y techo para resguardarse de los factores climáticos. Siglos después, ya viviendo en comunidad se desarrollaron los asentamientos que posteriormente se convirtieron en ciudades conformadas por edificaciones, infraestructura vial y urbanismo.

Durante toda su evolución y gracias a descubrimientos surgidos por la ciencia el ser humano ha ido explotando los recursos naturales de los que dispone para suplir sus necesidades y además tener mayores beneficios de confort y lujo, desconociendo las consecuencias e impactos negativos que ha ido generando en el medio ambiente.

Hoy en día la mayoría de personas tiene claras las secuelas que ha generado el ser humano en el planeta debido a la aplicación desmedida de soluciones que buscan satisfacer sus necesidades. Sin embargo, fue en el siglo XIX cuando comenzaron a surgir las primeras ideas sobre el cambio climático. En 1827, Joseph Fourier propuso que la atmósfera terrestre funcionaba como una especie de cubierta aislante, similar a un plástico, que retenía el calor, dando origen a lo que hoy conocemos como el efecto invernadero. Más adelante, en 1861, se identificó que gases como el dióxido de carbono y el metano eran los principales responsables de absorber el calor proveniente del sol, contribuyendo al calentamiento de la superficie del planeta. Unos 30 años después, comenzaron a plantearse teorías que relacionaban la quema de combustibles fósiles con un posible aumento generalizado de la temperatura global. Estas ideas despertaron el interés de la comunidad científica, que empezó a investigar el fenómeno con mayor profundidad, hasta que, a mediados del siglo XX, el cambio climático se consolidó como un tema de preocupación ambiental y política.

Es así como surge la preocupación por el medio ambiente y el futuro de la humanidad y en consecuencia los gobiernos, organizaciones y empresas de todo el mundo han comenzado a implementar estrategias sostenibles que mitiguen el impacto negativo al ecosistema.

Ahora, junto con la industria, la construcción es una de las actividades que generan altos grados de contaminación al medio ambiente, por las grandes cantidades de desechos producidos producto del proceso de construcción y/o demolición o por la fabricación de los materiales de construcción, pues estos, al momento de terminar su ciclo de vida no ofrecen alternativas de reutilización.

Hoy en día, el crecimiento del sector de la construcción a nivel global representa un gran desafío, ya que consume más materias primas que cualquier otra actividad económica, incluyendo recursos no renovables (alrededor de 3.000 toneladas por año). Además, genera residuos que impactan negativamente al medio ambiente y es responsable de aproximadamente el 30% de las emisiones de CO₂. Estas cifras alarmantes no solo reflejan un impacto ambiental negativo, sino que también muestran la sobreexplotación de los recursos naturales no renovables. Esta situación ha impulsado a la sociedad, a buscar soluciones urgentes mediante el desarrollo de tecnologías limpias, innovadoras y sostenibles.

Con base en lo anterior, se han propuesto diversas soluciones enfocadas en el proceso de elaboración de materiales de construcción y de los productos que los contienen, abarcando desde modificaciones en la forma en que se extraen los recursos naturales necesarios, hasta mejoras en los métodos de fabricación en la eficiencia del consumo energético durante todo el proceso.

Con este propósito, se han realizado múltiples investigaciones y pruebas que han permitido el desarrollo de materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Una de las propuestas más innovadoras y con mayor potencial es la utilización de organismos vivos como base para estos materiales. En particular, se ha investigado el uso del micelio la red de filamentos que constituye la estructura vegetativa de los hongos como una opción ecológica para fabricar materiales de construcción.

2.2.Marco Teórico

El micelio es la parte vegetativa del hongo, compuesta por una red de filamentos muy finos con textura similar a la de un hilo, que se extienden bajo la superficie del suelo o materiales orgánicos. El micelio, al combinarse con sustratos agrícolas de origen vegetal, da origen a un biomaterial. Para producir este tipo de material, se permite que el micelio crezca sobre el sustrato, colonizándolo progresivamente hasta formar una estructura sólida.

Los materiales elaborados a partir de micelio tienen muchas ventajas, como su bajo costo, su capacidad de autogenerarse y ser amigable con el ambiente. Al comparar su producción con la de materiales tradicionales como el acero, el ladrillo o el hormigón, se evidencia una diferencia significativa en el consumo energético requerido, siendo el micelio una opción mucho más eficiente.

La combinación del micelio con materiales orgánicos como granos de cebada, paja de cebada, trigo y otros residuos agrícolas ha demostrado ser una alternativa viable y prometedora para desarrollar materiales de construcción duraderos y sostenibles. Además, este tipo de material es biodegradable y puede producirse a bajo costo, lo que lo convierte en una opción muy atractiva para su aplicación en la industria de la construcción.

El uso del micelio como material de construcción ha pasado de ser una simple teoría a una realidad aplicada por diversas empresas y estudios de diseño. Diversos estudios internacionales han demostrado que estos materiales tienen propiedades comparables a las del aislamiento térmico y acústico tradicional, lo que les otorga un gran potencial como alternativa ecológica.

Investigaciones como las de Srinuanpan et al. (2022) y Feijóo Vivas et al. (2021) confirman su viabilidad para usos no estructurales en construcción, resaltando la influencia del sustrato y del tiempo de crecimiento en la densidad y rigidez del material. Estas propuestas se alinean con la economía circular, al integrar residuos agrícolas y procesos de bajo consumo energético.

Asimismo, el estudio londinense Blast Studio ha desarrollado estructuras utilizando este material mediante una técnica llamada bioimpresión, que consiste en permitir que el micelio crezca dentro de un molde, donde luego se combina con otros compuestos para formar una estructura sólida pero liviana. Gracias a este proceso, es posible fabricar piezas constructivas con formas y dimensiones personalizadas, cumpliendo con los requisitos de seguridad y resistencia necesarios. Además, este proceso de fabricación es altamente sostenible, ya que no genera residuos y utiliza materiales naturales y renovables.

En conclusión, el micelio se consolida como un material emergente en la bioarquitectura, con potencial para transformar la industria de la construcción hacia modelos más responsables, resilientes y sostenibles, cumpliendo criterios ambientales, técnicos y sociales.

2.3.Marco normativo

La construcción sostenible surge como respuesta a los impactos ambientales y sociales generados por la industria de la edificación, buscando reducir el consumo de recursos y las emisiones contaminantes. Este enfoque integra principios de eficiencia energética, gestión responsable del agua, uso de materiales ecoeficientes y reducción de residuos, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y al bienestar social. En este contexto, los ladrillos de micelio representan una innovación prometedora, al ser un material biológico, renovable y biodegradable, que puede sustituir insumos tradicionales altamente contaminantes como el cemento y el concreto.

Desde la perspectiva normativa, la sostenibilidad en la construcción en Colombia se encuentra regulada principalmente por el Reglamento Colombiano de Construcción Sostenible (RCCS), que establece parámetros obligatorios para el ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas. A su vez, la Norma Sismo Resistente NSR-10 define los requisitos estructurales para garantizar la seguridad ante eventos sísmicos, mientras que las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y estándares internacionales como ASTM e ISO regulan la calidad de materiales, procesos constructivos y sistemas de gestión ambiental y de calidad. Estas disposiciones son

esenciales para evaluar la viabilidad técnica y legal de incorporar materiales innovadores como el micelio en proyectos de infraestructura.

La gerencia de proyectos desempeña un papel estratégico en la implementación de tecnologías sostenibles, al integrar la normativa vigente con prácticas de planificación, control y aseguramiento de calidad. Un enfoque basado en estándares como ISO 9001 e ISO 14001 permite garantizar la trazabilidad, la mejora continua y la reducción del impacto ambiental, fortaleciendo la competitividad y el valor agregado del proyecto. Además, la gestión adecuada del riesgo normativo y técnico asegura el cumplimiento legal, evitando sanciones y promoviendo la aceptación del mercado.

Finalmente, la percepción profesional sobre el uso de ladrillos de micelio y su alineación con la normativa colombiana constituye un factor clave para su adopción. La aceptación depende no solo de la innovación tecnológica, sino también de la demostración de seguridad estructural, eficiencia y sostenibilidad conforme a los marcos regulatorios. Este análisis permitirá identificar oportunidades para la generación de valor y la competitividad en el sector, posicionando la gerencia de proyectos como catalizador de la transición hacia una construcción más responsable y resiliente.

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque y alcance de la investigación

La presente investigación está programada para desarrollarse a lo largo de un período comprendido entre octubre de 2025 hasta diciembre de 2025. Durante este tiempo, se llevará a cabo un proceso sistemático de exploración y análisis enfocado en los beneficios ambientales y ecológicos que ofrece el uso de ladrillos elaborados a partir de micelio, un biomaterial emergente con gran potencial en el ámbito de la construcción sostenible.

Esta investigación busca contribuir a la divulgación del conocimiento principalmente en Colombia sobre este innovador material, facilitando el acceso a información actualizada y relevante que pueda ser utilizada por profesionales del sector de la construcción. Al visibilizar las ventajas del micelio frente a los materiales tradicionales —especialmente en términos de reducción de emisiones, biodegradabilidad y aprovechamiento de residuos orgánicos— se espera fomentar un mayor interés entre arquitectos, ingenieros, diseñadores y otros actores clave del sector en el territorio colombiano.

En última instancia, esta investigación busca fortalecer la toma de decisiones estratégicas en contextos reales de la industria, ofreciendo herramientas para que arquitectos, ingenieros y gestores de proyectos adopten biomateriales que contribuyan a transformar la construcción hacia modelos más responsables y resilientes.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Definición de la población

La población objeto de estudio está conformada por profesionales y ciudadanos con diferentes niveles de relación con el sector de la construcción en Colombia. Incluye arquitectos, ingenieros civiles, ambientales y de sistemas, así como personas pensionadas y amas de casa, quienes representan perfiles diversos que permiten analizar la percepción y aceptación de los

ladrillos de micelio como alternativa sostenible. Esta heterogeneidad busca garantizar una visión amplia sobre la viabilidad y aceptación del biomaterial en distintos contextos sociales y profesionales.

3.2.2. Cálculo y selección de la muestra

La muestra estuvo compuesta por 60 participantes seleccionados mediante un muestreo intencional. Este método se eligió por la facilidad de acceso a los encuestados, su disposición para participar y la pertinencia de sus perfiles para aportar información relevante al estudio. La cantidad de participantes se definió considerando la representatividad mínima necesaria para obtener datos significativos en una investigación exploratoria, asegurando diversidad geográfica y profesional para enriquecer el análisis de percepciones sobre la construcción sostenible con micelio.

3.3. Diseño de la Investigación

La presente investigación se fundamenta en un enfoque metodológico mixto, que combina herramientas y técnicas tanto del paradigma cuantitativo como del cualitativo, con una orientación claramente enfocada en los aspectos sociales y ambientales del problema de estudio. Esta combinación metodológica permite abordar el fenómeno desde una perspectiva integral, reconociendo la complejidad de los procesos involucrados en la producción, uso y percepción de los ladrillos elaborados a partir de micelio como una alternativa sostenible frente a los materiales de construcción convencionales.

Desde el enfoque cuantitativo, se buscará recopilar y analizar datos medibles relacionados con el impacto ambiental de estos ladrillos, tales como su huella de carbono, capacidad de biodegradación, eficiencia energética en su producción y comparación con materiales tradicionales como el concreto o el ladrillo cocido.

Por otro lado, el enfoque cualitativo permitirá explorar las dimensiones sociales, culturales y educativas asociadas al uso de este biomaterial. A través de una encuesta diseñada,

se indagará en las percepciones, actitudes y niveles de aceptación que tienen distintos actores (arquitectos, ing. civiles, ing. mecánicos, ing. ambientales y comunidades) frente a la incorporación del micelio en prácticas constructivas.

En conjunto, este enfoque mixto permitirá no solo evaluar el potencial ecológico de los ladrillos de micelio desde una perspectiva técnica y ambiental, sino también comprender los factores humanos y sociales que condicionan su implementación. De esta manera, la investigación aspira a generar conocimiento útil y aplicable que contribuya a la transición hacia modelos de construcción más sostenibles, inclusivos y respetuosos con el entorno natural.

En cuanto al tipo de investigación, esta se clasifica como aplicada y exploratoria, dado que su propósito central es generar conocimiento práctico y contextualizado que aporte a la mitigación del impacto ambiental derivado de la industria de la construcción, una de las actividades humanas con mayor huella ecológica a nivel global.

Desde la perspectiva de la gerencia de proyectos, este enfoque aplicado permite vincular la investigación con la práctica real, integrando criterios de valor, sostenibilidad, innovación y competitividad en la gestión de iniciativas constructivas. Así, el estudio no solo contribuye al desarrollo de nuevos materiales, sino que también fortalece la toma de decisiones estratégicas en proyectos de construcción sostenible, ofreciendo herramientas para transformar la industria hacia modelos más responsables y resilientes.

Para garantizar una comprensión amplia y profunda del fenómeno investigado, se empleará una estrategia metodológica de recolección de datos de tipo mixto, que combina técnicas tanto cuantitativas como cualitativas. Esta combinación permitirá abordar el objeto de estudio desde múltiples perspectivas, enriqueciendo el análisis y aumentando la validez de los resultados obtenidos.

- **Encuestas estructuradas:** Serán aplicadas a profesionales del sector de la construcción y público general, con el fin de recopilar datos cuantificables sobre el nivel de conocimiento, percepción y aceptación del uso de ladrillos de micelio. Estas encuestas permitirán identificar tendencias, patrones de opinión y posibles barreras para su implementación.

- **Revisión documental:** Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de fuentes secundarias, incluyendo artículos científicos, informes técnicos, normativas ambientales, estudios de caso y experiencias relacionadas con el uso de micelio en la construcción. Esta revisión servirá como base teórica y contextual para sustentar los hallazgos empíricos.

Para aplicar la ética en la recolección de datos se aplicará el consentimiento informado brindando las explicaciones e información necesaria a las personas a entrevistar sobre los objetivos de la investigación, ofreciendo así la oportunidad de participar de manera voluntaria. De la misma manera se garantizará a los participantes confidencialidad en los datos recolectados, aunque se pedirá consentimiento para la divulgación de los resultados de las encuestas.

3.4. Recolección de datos

La investigación se desarrolla mediante un enfoque integral mixto que combina revisión documental y aplicación de encuestas. En primera instancia, se realiza una revisión exhaustiva de literatura especializada (artículos científicos, experimentos, informes técnicos y bases de datos ambientales) para recopilar información sobre las propiedades físicas, mecánicas y técnicas de los ladrillos de micelio en comparación con materiales convencionales.

De manera complementaria, se aplican encuestas estructuradas a profesionales del sector y al público en general, con el fin de obtener datos cuantitativos sobre conocimiento, percepción y aceptación del micelio como material de construcción, identificando tendencias y posibles barreras para su implementación.

La información recopilada se organiza en bases que permiten análisis estadísticos y cualitativos, garantizando conclusiones sólidas sobre las dimensiones técnicas, ambientales y sociales del micelio. Esta triangulación de datos fortalece la credibilidad de los resultados y ofrece una visión amplia y equilibrada, asegurando un abordaje confiable para evaluar su impacto y viabilidad como alternativa sostenible en la construcción.

Para garantizar un análisis completo y ordenado, se emplearán dos recursos fundamentales:

Recolección y sistematización de datos en Excel: Se consolidará la información obtenida de fuentes documentales (artículos científicos, informes técnicos, bases de datos ambientales, tesis académicas, entre otros) en hojas de cálculo. Este recurso permitirá organizar los datos de manera estructurada, unificar unidades de medida, eliminar duplicados y filtrar valores atípicos. Además, facilitará la aplicación de fórmulas y herramientas estadísticas para realizar comparaciones entre las propiedades físicas, mecánicas y técnicas de los ladrillos de micelio y los materiales tradicionales.

Diseño y aplicación de encuestas: Se elaborará una encuesta estructurada dirigida a profesionales del sector construcción y público general, con el objetivo de recopilar información cuantitativa sobre el nivel de conocimiento, percepción y aceptación del uso de ladrillos de micelio. Las encuestas se distribuirán mediante canales digitales (correo electrónico, WhatsApp) y, en algunos casos, de forma presencial, buscando maximizar la participación y obtener una muestra representativa.

La combinación de estos dos recursos permitirá integrar datos técnicos y opiniones sociales, logrando un análisis más completo y confiable sobre la viabilidad del micelio como material sostenible en la construcción; además, este enfoque fortalecerá la capacidad de los gestores para tomar decisiones estratégicas basadas en información integral, articulando criterios de valor, sostenibilidad, innovación y competitividad.

3.4.1. Descripción del procedimiento

Recolección de datos cuantitativos mediante Excel: Para obtener información sobre las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos a base de micelio, se elaborará una hoja de cálculo en Excel que incluya las diez características más relevantes de los materiales de construcción. A medida que se avance en la revisión documental —artículos científicos, informes técnicos y bases de datos— se irán registrando los valores correspondientes tanto para los ladrillos de micelio como para los materiales convencionales que servirán de referencia. Una vez completada la recopilación, se procederá a realizar un análisis comparativo de los resultados,

apoyado en herramientas estadísticas que permitan identificar diferencias y tendencias significativas.

Recolección de datos cualitativos mediante encuestas: El proceso cualitativo se desarrollará en varias fases para asegurar una cobertura amplia y una alta tasa de respuesta. En primer lugar, se diseñará una encuesta estructurada orientada a identificar percepciones, niveles de conocimiento y posibles barreras para la adopción de ladrillos de micelio en edificaciones sostenibles. Tras su validación, la encuesta se distribuirá por diferentes canales: enlaces y/o mensajes directos vía WhatsApp y, en algunos casos, aplicación presencial para facilitar la participación de personas en entornos laborales. Este enfoque multicanal busca garantizar una muestra representativa, priorizando profesionales del sector construcción y obteniendo datos confiables para el análisis.

Finalmente, una vez concluida la recolección, se procederá a la sistematización de las respuestas y, en el caso de entrevistas complementarias, a su transcripción a la herramienta excel para el análisis cualitativo.

3.4.2. Análisis de la información

El análisis de la información recolectada se desarrollará en dos etapas diferenciadas, según la naturaleza de los datos:

Análisis cuantitativo: Los datos numéricos obtenidos a partir de la revisión documental se organizarán en una hoja de cálculo en Excel. Con esta herramienta se elaborará un cuadro comparativo que incluya las principales características técnicas y ambientales de los materiales de construcción, permitiendo evaluar cuál de ellos representa una alternativa más sostenible. Este análisis facilitará la identificación de diferencias significativas entre los ladrillos de micelio y los materiales tradicionales.

Análisis cualitativo: Los datos provenientes de las encuestas serán procesados mediante el software JASP, que permitirá aplicar técnicas estadísticas descriptivas para obtener una visión general de las respuestas. El análisis se enfocará en determinar el nivel de conocimiento de los

participantes sobre la implementación de materiales innovadores y su disposición para utilizar ladrillos de micelio en proyectos de construcción. Este enfoque contribuirá a comprender percepciones, tendencias y posibles barreras para la adopción de esta alternativa sostenible.

3.4.3. Consideraciones éticas en la recolección de datos:

La aplicación de principios éticos será un eje fundamental durante todo el proceso de recolección de información. Para ello, se implementará el consentimiento informado, asegurando que cada participante reciba explicaciones claras sobre los objetivos, alcance y propósito de la investigación. Este procedimiento garantizará que la participación sea completamente voluntaria y basada en una comprensión adecuada del estudio.

Asimismo, se ofrecerán garantías de confidencialidad y protección de datos personales, evitando la divulgación de información sensible y asegurando que los resultados se presenten de manera agregada, sin identificar individualmente a los participantes.

Estas medidas no solo cumplen con los estándares éticos y normativos aplicables a la investigación académica, sino que también fortalecen la credibilidad del estudio, fomentan la confianza de los participantes y aseguran la transparencia en el manejo de la información. De esta manera, se garantiza que el proceso de recolección de datos se realice con responsabilidad, respeto y rigor científico.

4. ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de los datos se realizó en dos partes: en la primera parte se hizo un análisis de los datos cuantitativos resultado del análisis de la información revisada; en la segunda parte se analizaron los datos cualitativos producto de la encuesta realizada.

4.1 Análisis datos cuantitativos

Con base en información verificada y proveniente de fuentes actualizadas, se efectuó un análisis comparativo de las características y propiedades físicas de tres tipos de materiales de construcción: ladrillos de micelio, concreto y ladrillos cocidos. El estudio se orientó a evaluar parámetros como peso, densidad, resistencia mecánica, aislamiento térmico, eficiencia energética en los procesos de fabricación y huella de carbono asociada, con el fin de determinar su viabilidad técnica y ambiental en aplicaciones constructivas.

| Propiedad / Característica | Ladrillos de micelio | Concreto | Ladrillo cocido |
|---|---|---|---|
| Resistencia a la compresión | 0.2 – 3 MPa (megapascuales) | 20 – 40 MPa (en estructuras resistentes) | 10 – 20 MPa (en ladrillos comunes) |
| Peso | 20 – 50 kg/m ³ (kilogramos por metro cúbico) | 2,400 – 2,500 kg/m ³ (kilogramos por metro cúbico) | 1,600 – 2,000 kg/m ³ (kilogramos por metro cúbico) |
| Densidad | 50 – 150 kg/m ³ (kilogramos por metro cúbico) | 2,400 – 2,500 kg/m ³ | 1,600 – 2,000 kg/m ³ |
| Huella de carbono (kg CO₂e por m³) | -50 a 10 kg CO ₂ e (sumidero de carbono) | 300 – 400 kg CO ₂ e | 250 – 350 kg CO ₂ e |
| Eficiencia energética en producción | 860 MJ/m ³ aproximadamente (energía incorporada) | 3,000 – 6,000 MJ/m ³ | 3,000 – 6,000 MJ/m ³ (alta energía) |

| Propiedad / Característica | Ladrillos de micelio | Concreto | Ladrillo cocido |
|--|--|--|--|
| Biodegradabilidad | 100% biodegradables, se desintegran en meses | No biodegradable | No biodegradable |
| Aislamiento térmico (valor R) | 2.0 – 4.0 (m ² ·K)/W | 0.2 – 0.3 (valor R típico) | 0.2 – 0.6 (valor R típico) |
| Resistencia al agua y moho | Alta (hidrófugo y antimicótico) | Variable, susceptible a filtraciones | Baja, susceptible a humedad y moho |
| Resistencia al fuego | Resistente, autoconfinado y resistente al fuego | Alta (resistente al fuego) | Variable, requiere recubrimientos especiales |
| Costo de producción | Menor, debido a uso de residuos orgánicos y menor consumo energético | Alto | Medio a alto (dependiendo del proceso) |
| Impacto ambiental (comparación general) | Bajo, con capacidad de secuestro de carbono, biodegradable y uso de residuos agrícolas | Alto, altas emisiones y consumo energético | Moderado, baja biodegradabilidad y emisiones moderadas |

Tabla 1. Comparación entre ladrillos de micelio, concreto y ladrillos tradicionales

Este cuadro evidencia que los ladrillos de micelio son una alternativa sostenible orientada al bajo impacto ambiental, baja huella de carbono y consumo energético reducido, adecuado para usos no estructurales y proyectos que priorizan la sostenibilidad frente a materiales tradicionales pesados y contaminantes.

Si se considera la cadena completa de producción y disposición final, el micelio ofrece una solución más ecológica y alineada con la economía circular que materiales convencionales en la construcción.

4.2 Análisis de datos cualitativos

El análisis de los datos cualitativos se realizó de la siguiente manera para dar respuesta específicamente al objetivo específico 3. Inicialmente se analizaron las respuestas a las Preguntas

1, 2, 3 y 4 para la aplicación de estadística frente a la caracterización de la población encuestada. Con el análisis de las respuestas a las preguntas 7, 8 y 9 se pretende dar respuesta al grado de conocimiento que tienen los colombianos frente al uso del micelio como material para construcción. Las preguntas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 son para conocer la aceptación del uso de este material en la construcción de edificaciones y finalmente las preguntas 17, 18 y 19 son para dar respuesta al planteamiento del posible uso de este material en la industria colombiana. El objetivo específico 3. A continuación, se presenta el análisis de los datos obtenidos de cada pregunta.

- **Preguntas 1, 2 y 4**

Las preguntas 1, 2 y 4 fueron elaboradas para ser respondidas mediante selección múltiple con única respuesta. Una vez recopilada y tabulada la información se obtiene el siguiente resultado:

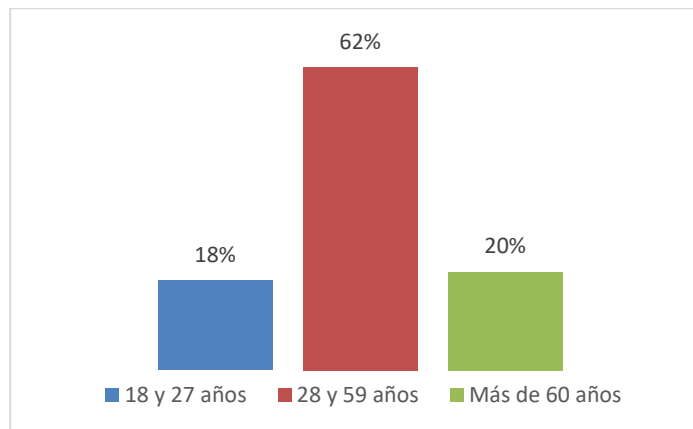


Figura 1. Edad de los encuestados

Se entrevistaron un total de 60 personas de las cuales el 18% corresponde a personas entre los 18 y 27 años de edad, el 62% son personas entre los 28 y 59 años y el 20% son personas mayores de 60 años.

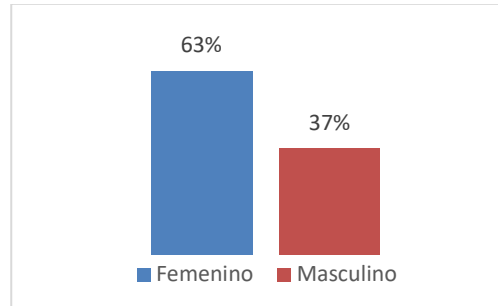


Figura 2. Género de los encuestados

El 63% de las personas entrevistadas son mujeres y el 37% restante son hombres.

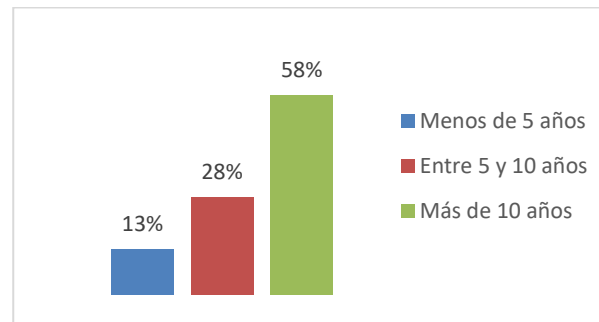


Figura 3. Años de experiencia de los encuestados

El análisis indica que el 58 % de los encuestados cuenta con más de 10 años de experiencia profesional, mientras que el 28 % registra entre 5 y 10 años, y el 13 % restante posee menos de 5 años en su área de desempeño.

- **Pregunta 3:Cuál es su profesión principal?**

La pregunta 3 se diseñó con un formato de respuesta abierta, sin embargo, para efectos del análisis estadístico, las respuestas fueron categorizadas en las siguientes áreas profesionales: construcción, ingenierías, ciencias ambientales, ciencias sociales, salud, comunicaciones y otras disciplinas.

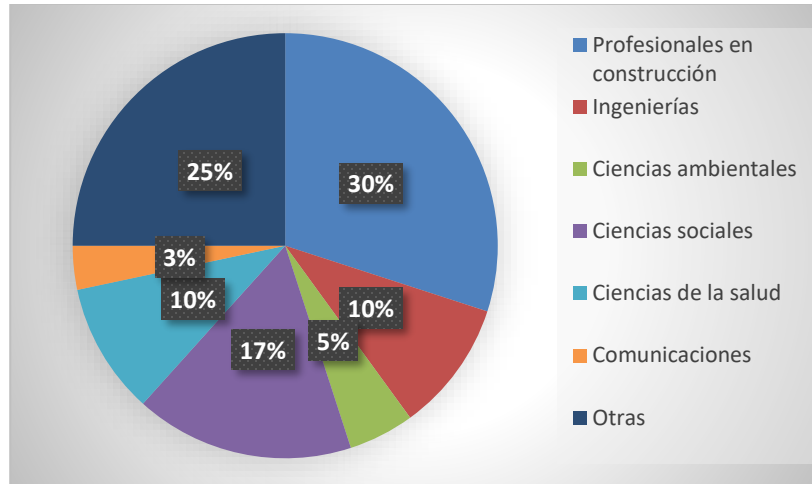


Figura 4. Profesión de los encuestados

Del total de encuestados, el 30 % corresponde a profesionales del sector construcción; el 25 % pertenece a otras áreas no especificadas; el 17 % a disciplinas sociales; el 10 % a ingenierías; otro 10 % a profesiones del ámbito de la salud; y el 8 % restante se distribuye en un 5 % en ciencias ambientales y un 3 % en comunicación.

Las preguntas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se diseñaron con respuesta de selección múltiple con única respuesta, obteniendo los siguientes resultados:

- **Pregunta 5: ¿La organización en la que usted labora actualmente es pública o privada?**

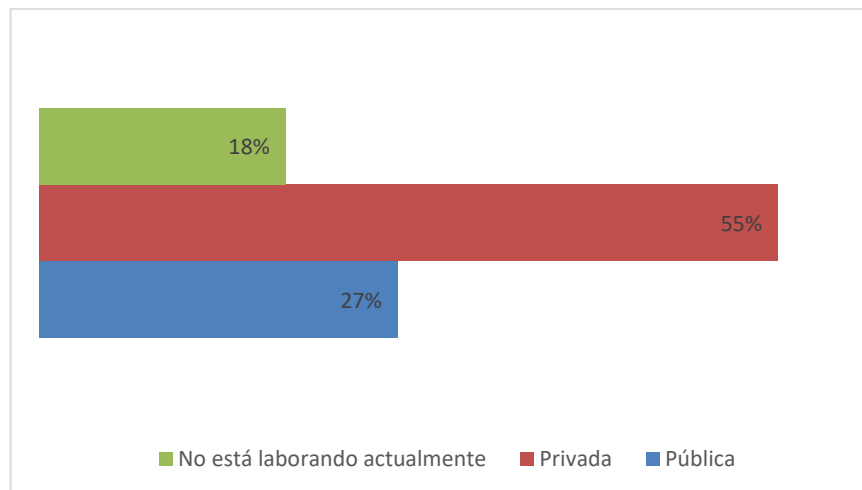


Figura 5. Empresa donde laboran los encuestados

La mayoría de las personas entrevistadas correspondiente al 55% están trabajando actualmente en empresas privadas, el 27% no están trabajando actualmente y el 18% están laborando en empresas públicas.

- **Pregunta 6: ¿Ha participado en proyectos relacionados con materiales sostenibles?**

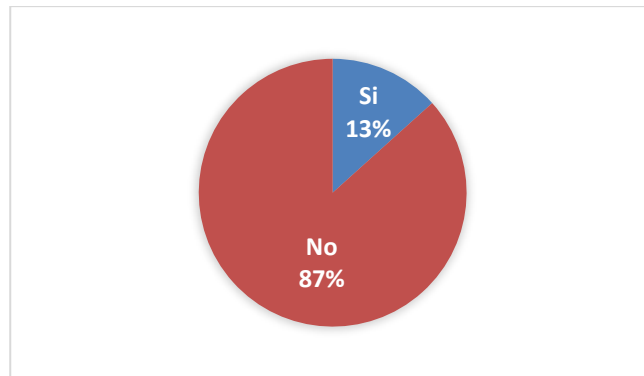


Figura 6. Experiencia de los encuestados en trabajos relacionados con materiales sostenibles.

El 87% de las personas encuestadas respondieron que No han participado en proyectos relacionados con materiales sostenibles frente a un 13% que si ha participado.

- **Pregunta 7: ¿Ha escuchado sobre ladrillos elaborados a partir de hongos (micelio) como material de construcción?**

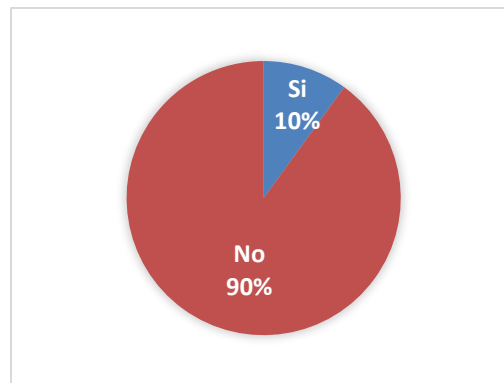


Figura 7. Conocimiento de los encuestados sobre ladrillos a base de hongos.

El 90% de las personas respondieron que No han participado en proyectos relacionados con materiales sostenibles frente a un 10% que si ha participado.

- **Pregunta 8: ¿Cómo calificaría su nivel de conocimiento sobre este material?**

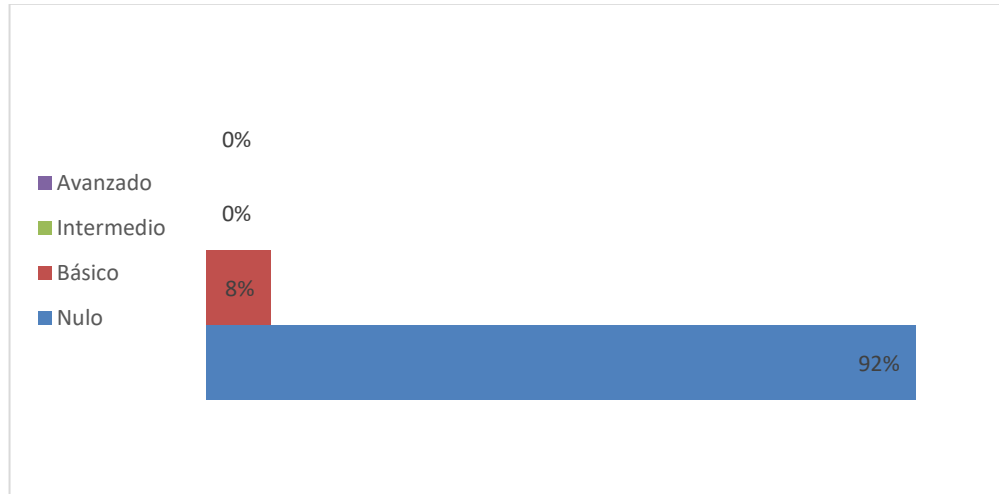


Figura 8. Nivel de conocimiento de los encuestados sobre ladrillos a base de micelio

El 92% de los encuestados manifestaron no tener ningún tipo de conocimiento sobre ladrillos a base de micelio y apenas un 8% tienen un conocimiento básico. Ninguno de los encuestados tiene conocimiento intermedio o avanzado sobre este tipo de material.

- **Pregunta 9: ¿Conoce alguna propiedad técnica del micelio aplicado en construcción?**

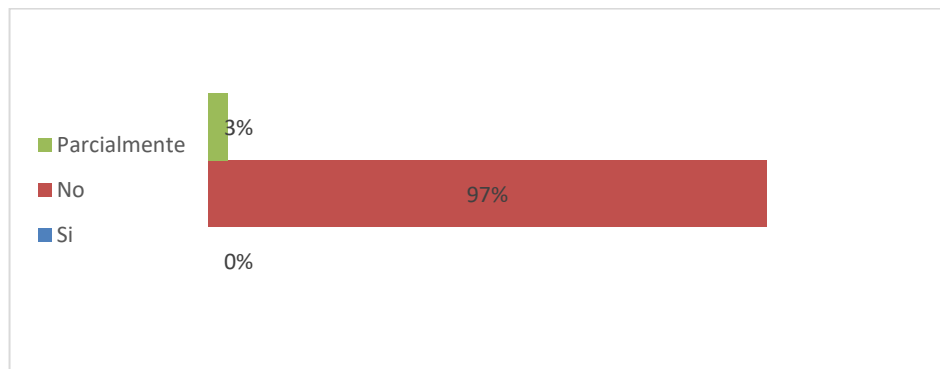


Figura 9. Nivel de conocimiento de los encuestados sobre propiedades técnicas del micelio en construcción

Solamente el 3% de los encuestados declararon conocer parcialmente alguna propiedad técnica del micelio aplicado en obras de construcción mientras el restante 97% no conoce ninguna propiedad técnica de este material.

- **Pregunta 10: ¿Considera que los ladrillos a base de hongos podrían ser una alternativa viable frente a materiales tradicionales?**

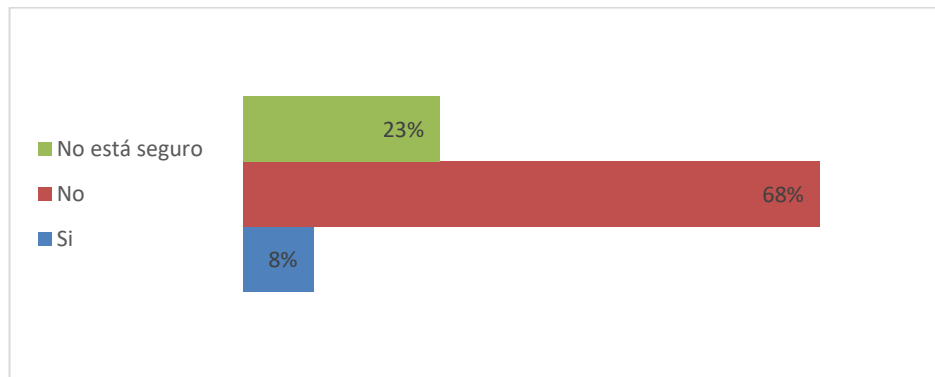


Figura 10. Consideración de los encuestados sobre la viabilidad de ladrillos de micelio frente a materiales tradicionales

El 68% de los encuestados consideran que este tipo de ladrillos puede ser una alternativa viable frente a materiales tradicionales de construcción como la madera y el concreto. El 23% no está seguro y el restante 8% no lo considera viable.

La pregunta 11 se estructuró con formato de selección múltiple que permite elegir varias opciones, con el objetivo de identificar los factores que ejercen mayor influencia en la aceptación del material.

- **Pregunta 11: ¿Qué factores influirían en su aceptación de este material?**

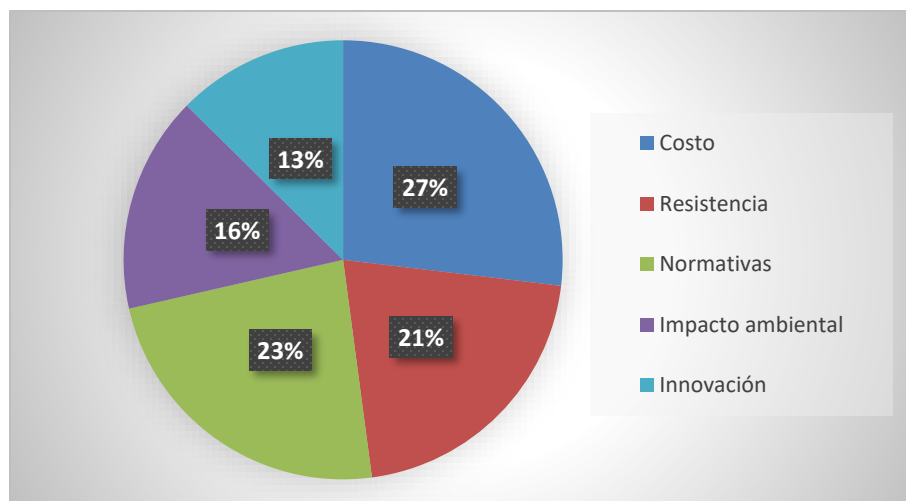


Figura 11. Factores que influyen en los encuestados para aceptar ladrillos a base de micelio

El análisis evidencia que el factor con mayor peso en la aceptación de los ladrillos a base de micelio es el costo, con un 27 % de las respuestas, seguido por el cumplimiento normativo (23 %) y la resistencia del material (21 %). En contraste, los aspectos percibidos como menos determinantes son el impacto ambiental, con un 16 %, y la innovación, que ocupa la última posición con un 13 %.

Las preguntas 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 fueron diseñadas con formato de selección múltiple de única respuesta. Para su análisis, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Pregunta 12: ¿Qué nivel de confianza tendría en la durabilidad de este material?**

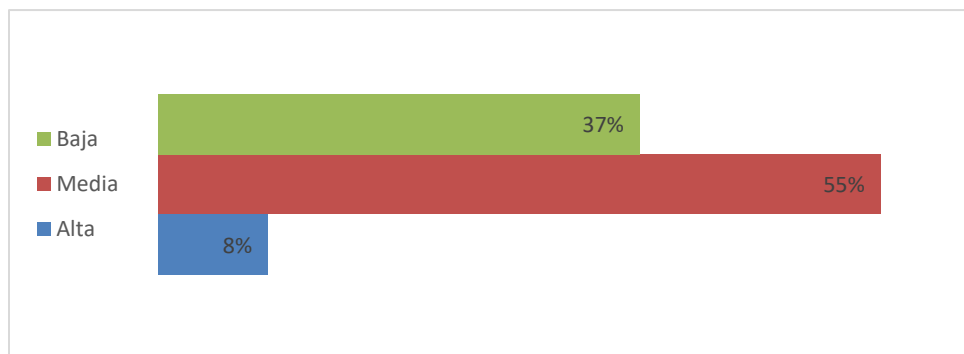


Figura 12. Confianza frente a la durabilidad del material

El 55% de los encuestados tendría un nivel de confianza medio respecto a la **durabilidad** del material, mientras el 37% tendría un nivel de confianza bajo. Únicamente el 8% manifiesta que tendría un nivel de confianza alto.

- **Pregunta 13: ¿Qué nivel de confianza tendría en la seguridad de este material?**

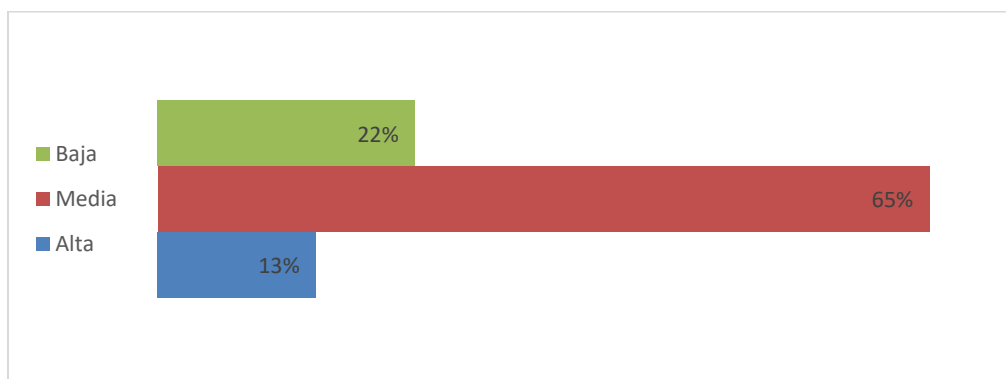


Figura 13. Confianza frente a la seguridad del material

Respecto a la seguridad del material, el 65 % de los participantes reporta un nivel de confianza medio, mientras que el 22 % indica un nivel bajo. El 13% manifiesta una confianza alta en este aspecto.

- **Pregunta 14: ¿Cree que el uso de ladrillos de micelio contribuye a reducir la huella de carbono en la construcción?**

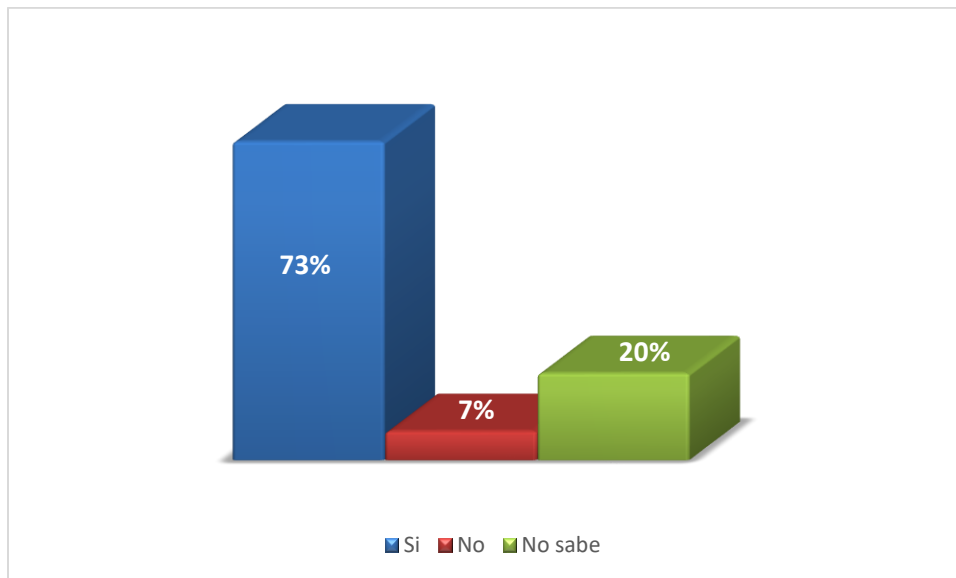


Figura 14. Opinión sobre los ladrillos de micelio vs la huella de carbono en la construcción

El 73% de los encuestados consideran que estos ladrillos si contribuyen a la reducción de la huella de carbono en la construcción frente a un 7% que piensan lo contrario. El 20% manifiesta que no sabe.

- **Pregunta 15: ¿Qué tan importante considera la sostenibilidad en la elección de materiales para proyectos?**

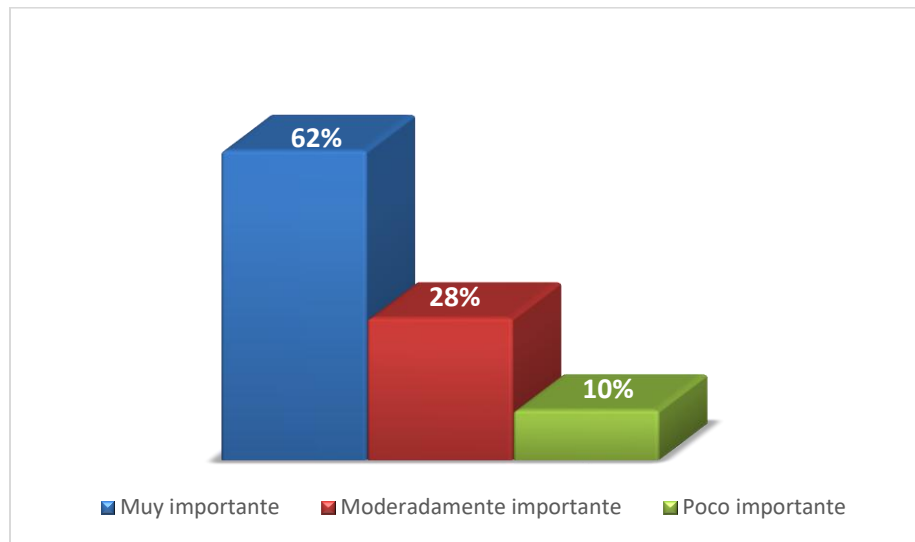


Figura 15. Opinión sobre lo importancia de la sostenibilidad en los proyectos

El 62 % de los encuestados considera que la sostenibilidad es un criterio muy relevante en la selección de materiales para proyectos de construcción; un 28 % la percibe como moderadamente importante, mientras que el 10 % restante la califica como poco importante.

- **Pregunta 16: ¿Estaría dispuesto a recomendar el uso de este material por sus beneficios ambientales?**

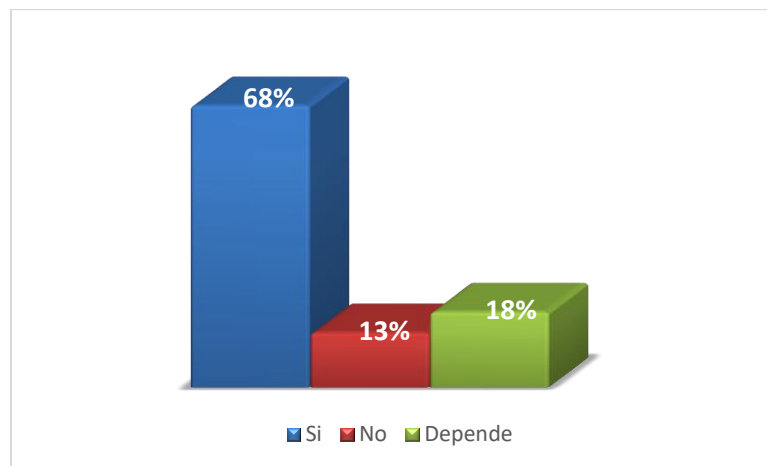


Figura 16. Opinión frente a la recomendación de este material por sus beneficios ambientales

El 68 % de los encuestados manifestó disposición para recomendar el uso de este material, mientras que el 13 % indicó que no lo haría. El 18 % restante condicionó su recomendación a factores específicos.

- **Pregunta 17: ¿Cuál cree que es la principal barrera para implementar ladrillos de micelio en la industria?**

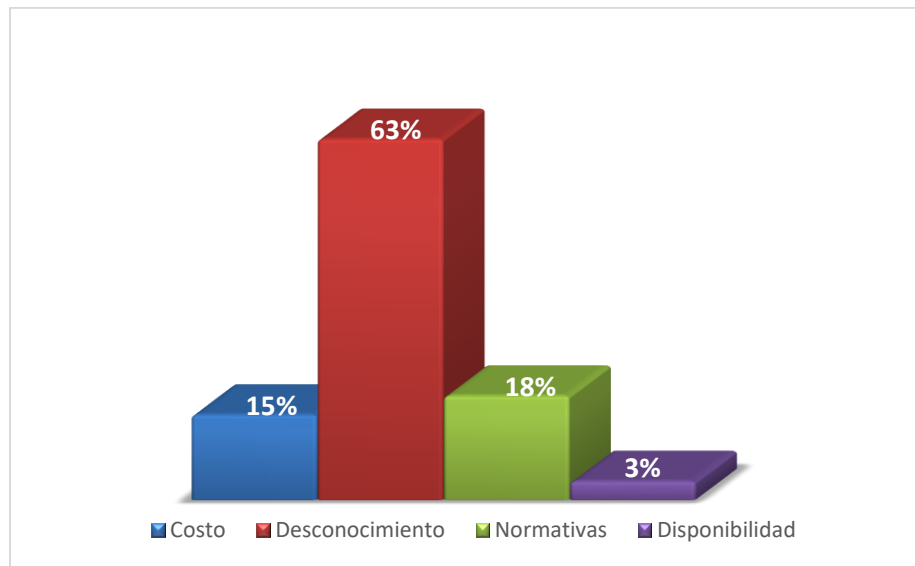


Figura 17. Opinión frente a la principal barrera de los ladrillos de micelio en la industria

Los resultados evidencian que la barrera con mayor peso para implementar ladrillos de micelio es la industria son el desconocimiento, con un 63% de las respuestas, seguido de las normativas (18%) y el costo (15%). En contraste, la barrera considerada menos determinante es la de la disponibilidad con un 3%.

- **Pregunta 18: ¿Considera que la industria está preparada para adoptar materiales innovadores como el micelio?**

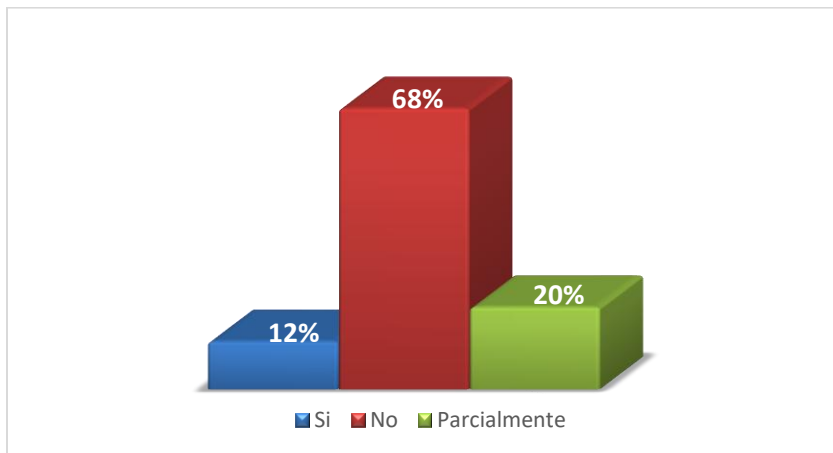


Figura 18. Opinión frente a si la industria colombiana está preparada para adoptar este material innovador

El 68% de los participantes consideran que la industria no está preparada para adoptar este tipo de material innovador; un 20% considera que está parcialmente preparada, mientras que el 12% restante cree que si está preparada.

Finalmente, la pregunta 19 se estructuró con formato de selección múltiple que permite elegir varias opciones, con el objetivo de identificar las acciones que los encuestados consideran necesarias para impulsar el uso de este material en la construcción.

- **Pregunta 19: ¿Qué acciones considera necesarias para impulsar el uso de este material?**



Figura 19. Acciones consideradas por los encuestados para impulsar el uso del material

Los resultados indican que el factor considerado más relevante para promover la adopción de ladrillos a base de micelio en la construcción son los incentivos económicos, con un 28 % de las respuestas. En segundo lugar, se ubica la implementación de políticas públicas (22 %), seguida por la capacitación y la creación de normativas, ambas con un 19 %. Finalmente, la investigación ocupa la última posición con un 12 %.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al realizar el análisis de resultados es posible evidenciar su relación directa con los objetivos específicos que fueron planteados para esta investigación, de la siguiente manera:

“Diseñar e implementar una encuesta dirigida a profesionales del sector de la construcción para conocer su percepción, nivel de conocimiento y grado de aceptación de biomateriales, vinculando estos resultados con la competitividad y la toma de decisiones en proyectos reales”

En primera medida es posible evidenciar la caracterización de los encuestados y la pertinencia para la investigación ya que el 62% de los encuestados oscilan en edades de 28 a 59 años de los cuales un 58% cuenta con experiencia laboral de 10 años o más, lo que brinda mayor firmeza en las respuestas brindadas, el 30 % hace parte del sector de la construcción y de ingenierías, lo que brinda mayor confiabilidad en las respuestas que se brindaron basados en la experiencia; al tener en cuenta la diversidad disciplinar es posible identificar criterios técnicos, factores sociales, organizacionales y laborales que influyen en la implementación de los materiales innovadores.

Al realizar el análisis de nivel de conocimiento y experiencia en materiales sostenibles, encontramos en su mayoría que no poseen conocimiento al respecto, ya que se evidencio que el 87% no ha participado en proyectos donde se utilicen materiales sostenibles, el 90% no ha escuchado acerca del ladrillo micelio, el 92% no tiene ningún conocimiento de este material y el 97% desconoce sus propiedades técnicas, lo que nos permite indicar que la difusión del ladrillo de micelio en los procesos de construcción aun es muy limitada, debido al desconocimiento de nuevos materiales lo que puede ser un obstáculo para su comercialización, aunque también podemos tomar este desconocimiento como una oportunidad pues se confirma la importancia de implementar estrategias de divulgación y capacitación en la industria para el conocimiento de materiales que sean innovadores.

Al analizar la percepción de viabilidad técnica, ambiental y económica, fue posible inferir que a pesar de que el micelio no es conocido, se evidencia una actitud favorable ante la posibilidad de conocerlo y de la misma manera implementarlo como un material en los proyectos

de construcción, ya que el 68% de las personas encuestadas consideran que los ladrillos a base de micelio podrían ser una alternativa viable de innovación, el 73% indica que podría reducir la secuela del carbono y el 62% restante manifiesta que la sostenibilidad también juega un papel de vital importancia en la selección de materiales, aunque no podemos dejar a un lado el porcentaje medio y bajo de confianza técnica o profesional lo que puede estar directamente relacionado al desconocimiento del material, ya que el 92% indicó que la durabilidad y la seguridad estaría en un nivel medio a bajo.

“Describir el proceso de producción y gestión del ciclo de vida de los ladrillos de micelio, comparándolo con materiales tradicionales, para identificar oportunidades de innovación y sostenibilidad en la industria”.

El análisis comparativo realizado entre las características y propiedades físicas de ladrillos de micelio, concreto y ladrillos cocidos, evidencia que los ladrillos de micelio, aunque presentan una resistencia mecánica significativamente menor frente al concreto y los ladrillos cocidos, destacan como una alternativa sostenible y viable para aplicaciones no estructurales en la construcción. Sus propiedades físicas, como el bajo peso y densidad, junto con un elevado aislamiento térmico y resistencia al agua y al moho, los convierten en materiales adecuados para acabados, divisiones internas y soluciones complementarias. Además, su proceso de producción requiere menor energía incorporada y genera una huella de carbono reducida, incluso con capacidad de actuar como sumidero de carbono, lo que los posiciona como una opción alineada con la economía circular y la reducción del impacto ambiental. En contraste, los materiales tradicionales, aunque más resistentes, implican altos costos energéticos y ambientales, lo que refuerza la pertinencia del micelio en proyectos que priorizan la sostenibilidad y la innovación responsable dentro del sector de la construcción.

“Formular recomendaciones estratégicas para la gerencia de proyectos en construcción sostenible, orientadas a la difusión, investigación y adopción de biomateriales, considerando impactos ambientales, sociales y económicos”

El análisis de las barreras para la implementación y preparación de la industria permitió identificar como principales barreras el desconocimiento con un 63%, la normativa con un 18% los costos con un 15% y la ausencia de preparación por parte de la industria para implementar

materiales innovadores como el micelio con un 68% lo que confirma la hipótesis de generar estrategias para lograr en primera medida el conocimiento del micelio en ámbito técnico, institucional, normativo y cultural dentro del sector de la construcción.

A partir del análisis es posible concluir que los ladrillos de micelio son una buena estrategia que favorece al medio ambiente, pero para lograr la incorporación en la industria de la construcción depende de reforzar aspectos como: evidencias técnicas que sean comparables con los ladrillos convencionales, evaluaciones de ciclo de vida y costo-beneficio, desarrollo de normativa que contenga validación institucional y por último estrategias de capacitación y difusión para el conocimiento teórico del micelio (elaboración, durabilidad, beneficios, costos) que sean dirigidas principalmente a profesionales del sector de la construcción.

Después de realizar el análisis de los datos donde se revisan cada una de las encuestas, documentos, observaciones y demás información relevante durante todo el proceso de investigación, se presentan los resultados obtenidos o también conocidos como los hallazgos de nuestra investigación tal y como se describen líneas arriba. Nuestros hallazgos representan la respuesta objetiva a nuestra pregunta de investigación, los patrones, relaciones o hechos que emergen del análisis de datos y una evidencia concreta basada en información recopilada y no en opiniones de terceros o de nosotros como investigadores.

Nuestros hallazgos tienen una alta importancia estratégica y práctica para la gerencia de proyectos, especialmente en el contexto de la construcción sostenible, tal como se relacionan a continuación:

- **Innovación en la planificación y ejecución:** La inclusión de ladrillos de micelio impulsa enfoques innovadores en la planificación de materiales, cronogramas y procesos constructivos, fomentando proyectos más creativos y eficientes.
- **Reducción del impacto ambiental de los proyectos:** El uso de biomateriales contribuye a disminuir la huella de carbono, el consumo de recursos no renovables y la generación de residuos, lo que impacta positivamente los indicadores de desempeño ambiental de un proyecto.

- **Ventaja competitiva:** Las empresas que adopten estos materiales pueden diferenciarse en el mercado, acceder a licitaciones verdes y responder a una demanda creciente por construcciones sostenibles.
- **Mejor gestión de riesgos:** Al contar con recomendaciones estratégicas claras, la gerencia puede anticipar riesgos técnicos, económicos y de aceptación del mercado, implementando planes de mitigación más efectivos.
- **Guía para futuras decisiones estratégicas:** Los hallazgos sirven como base para la definición de políticas internas, portafolios de proyectos sostenibles y futuras inversiones en innovación.

Finalmente, en conjunto, estos hallazgos fortalecen el rol de la gerencia de proyectos al proporcionar evidencia técnica, económica y estratégica que facilita la incorporación responsable de biomateriales como los ladrillos de micelio, promoviendo proyectos más sostenibles, innovadores y competitivos.

6. CONCLUSIONES

La investigación realizada permite concluir que los ladrillos de micelio representan una alternativa biodegradable y sostenible con gran potencial para la industria de la construcción colombiana, especialmente en aplicaciones no estructurales. Su desempeño técnico, comparable al de materiales tradicionales, junto con su menor impacto ambiental, los posiciona como una opción viable para proyectos que buscan alinearse con los principios de sostenibilidad y economía circular. Además, la integración de enfoques de gerencia de proyectos orientados a la generación de valor evidencia que su uso no solo responde a criterios ambientales, sino que también aporta beneficios económicos, reputacionales y estratégicos, fortaleciendo la competitividad de las organizaciones.

El estudio demostró que la implementación de ladrillos de micelio es técnica y económicamente factible bajo condiciones controladas y planificadas, lo que respalda su incorporación en proyectos reales sin comprometer eficiencia, alcance ni costos. A pesar de los retos enfrentados —como el limitado conocimiento sobre el micelio, las restricciones técnicas para su uso estructural y las barreras normativas en Colombia—, estos desafíos impulsaron un análisis crítico y la formulación de recomendaciones realistas. Asimismo, se evidenció que la sostenibilidad no depende únicamente de las propiedades de los materiales, sino de su adecuada gestión, aceptación social y alineación con los objetivos estratégicos de los proyectos.

Finalmente, esta investigación constituyó una experiencia formativa integral que permitió aplicar principios teóricos de la gerencia de proyectos en un contexto práctico, desarrollando competencias investigativas, analíticas y estratégicas. Se reafirmó la importancia de integrar la sostenibilidad como eje transversal en la toma de decisiones, considerando impactos ambientales, riesgos, aceptación del mercado y marcos regulatorios. El proyecto no solo aporta conocimiento académico sobre el potencial de los biomateriales, sino que también invita a continuar explorando alternativas constructivas responsables que contribuyan al desarrollo sostenible del sector. En este sentido, el estudio se consolida como una base técnica y estratégica para futuras investigaciones, proyectos piloto y políticas organizacionales que promuevan la innovación y la transformación de la construcción en Colombia.

7. RECOMENDACIONES

El estudio identificó varias limitaciones que deben considerarse en investigaciones posteriores. Entre ellas, el bajo nivel de conocimiento sobre el micelio como biomaterial dentro del sector de la construcción, lo cual generó sesgos de percepción y aceptación que condicionaron los resultados. Asimismo, el análisis se restringió a aplicaciones no estructurales, dado que el material no cumple con los requerimientos normativos para usos estructurales en Colombia, limitando la generalización de los hallazgos. También se reconoció que las comparaciones con materiales tradicionales se realizaron bajo parámetros técnicos y económicos específicos, susceptibles de variar según el contexto, la tecnología disponible y la escala del proyecto, lo que puede introducir errores relativos en estimaciones de costos y desempeño. Finalmente, los resultados están condicionados al marco normativo y de mercado colombiano, por lo que no pueden extrapolarse directamente a otros países sin considerar diferencias regulatorias, climáticas y económicas.

Con base en estas limitaciones, se recomienda que futuras investigaciones integren estrategias de divulgación y capacitación sobre biomateriales, con el fin de reducir sesgos de percepción y mejorar la aceptación del micelio en la industria. También resulta pertinente la implementación de proyectos piloto en Colombia lo cual permitirá evaluar su desempeño en condiciones reales de uso, considerando durabilidad, mantenimiento y costos a lo largo del ciclo de vida. Paralelamente, se sugiere profundizar en estudios sobre la evolución normativa, evaluando la viabilidad de incluir biomateriales en los marcos regulatorios existentes y comparando experiencias internacionales que puedan servir de referencia.

Desde la gerencia de proyectos, futuras investigaciones deberían incorporar modelos avanzados de gestión de riesgos, análisis de stakeholders y generación de valor, fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas en construcción sostenible. La aceptación identificada, aunque condicionada, abre la posibilidad de diseñar estrategias de gestión del cambio y comunicación con los actores involucrados. En el ámbito profesional, estas recomendaciones impulsan prácticas constructivas innovadoras y responsables, fortaleciendo la gestión de materiales, la evaluación de proveedores y la planificación de costos, lo que contribuye a una industria más consciente, competitiva y alineada con los objetivos de sostenibilidad y economía circular.

Referencias

- Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Bernal Torres, C (2022). *Metodología de la investigación*. Pearson Educación.
- Appels, F. V., Cámara, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijkster, J., . . . Wosten, H. A. (5 de enero de 2019). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127518308347?via%3Dihub>
- Feijóo Vivas, K., Bermúdez Puga, S. A., Rebolledo, H., Figueroa, J. M., Zamora, P., & Naranjo Briceño, L. (2021). *Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible Fungal mycelium-bioproducts development: A new material culture and its impact on the transition to a sustain*. Obtenido de ikiam:
https://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/handle/RD_IKIAM/434
- Haneef, M., Luca, C., Canale, C., Bayer, I. S., Herendia Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (24 de enero de 2017). *Scientific reports*. Obtenido de Scientific reports:
<https://www.nature.com/articles/srep41292>
- Programme, U. N. (2024). *Global Status Report for Buildings and Construction*. Obtenido de Global Status Report for Buildings and Construction: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Srinuanpan, S., Aiduang, W., Kumla, J., Thamjaree, W., Lumyong, S., & Suwannarach, N. (2022). *Propiedades mecánicas, físicas y químicas de compuestos a base de micelio producidos a partir de diversos residuos lignocelulósicos y especies de hongos*. Obtenido de mdpi.: <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/11/1125>
- Supermastick PR (20 de mayo de 2024). *Ladrillos de hongos: una alternativa sostenible para la construcción*. <https://www.supermastick.com/blog-expertos/ladrillos-de-hongos-alternativa-sostenible>
- SINC (18 de abril de 2025). *Los hogares del futuro pueden estar contruidos a base de hongos*. <https://www.agenciasinc.es/Reportajes/Los-hogares-del-futuro-pueden-estar-contruidos-a-base-de-hongos>
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (2012, 01-04). *CULCYT. Cultura Científica y Tecnológica*. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/issue/view/26/32>

- Dialnet (s.f). *Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5848293>
- USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo (2023). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos fabricados con micelio fúngico para su uso en losas aligeradas*. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6778>
- Hohlberg, Valentina Sofía Coloma. Pontificia Universidad Católica de Chile (2021). *Uso de material a base de micelio para la elaboración de componente prefabricado que resulte compatible con construcciones sustentables*.
<https://www.proquest.com/openview/99d40cf61580c5ba1ea8619e0aa0e2c7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Appels, F. V., Cámara, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijkster, J., . . . Wosten, H. A. (5 de enero de 2019). *ScienceDirect*. Obtenido de ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127518308347?via%3Dihub>
- Feijóo Vivas, K., Bermúdez Puga, S. A., Rebolledo, H., Figueroa, J. M., Zamora, P., & Naranjo Briceño, L. (2021). *Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible Fungal mycelium-bioproducts development: A new material culture and its impact on the transition to a sustain*. Obtenido de ikiam:
https://repositorio.ikiam.edu.ec/jspui/handle/RD_IKIAM/434
- Haneef, M., Luca, C., Canale, C., Bayer, I. S., Herendia Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (24 de enero de 2017). *Scientific reports*. Obtenido de Scientific reports:
<https://www.nature.com/articles/srep41292>
- Programme, U. N. (2024). *Global Status Report for Global Status Report for Buildings and Construction*. Obtenido de Global Status Report for Global Status Report for Buildings and Construction: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Srinuanpan, S., Aiduang, W., Kumla, J., Thamjaree, W., Lumyong, S., & Suwannarach, N. (2022). *Propiedades mecánicas, físicas y químicas de compuestos a base de micelio producidos a partir de diversos residuos lignocelulósicos y especies de hongos*. Obtenido de mdpi.: <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/11/1125>

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario entrevista

| No. | Pregunta |
|----------|---|
| 1 | ¿Su rango de edad se encuentra entre? |
| | 18 y 27 años |
| | 28 y 59 años |
| | Más de 60 años |
| 2 | ¿Cuál es su género? |
| | Femenino |
| | Masculino |
| | Otro |
| 3 | ¿Cuál es su profesión principal? (pregunta abierta) |
| | Arquitectura |
| | Ing. Civil |
| | Ing. De sistemas |
| | Ing. Ambiental |
| | Ing. Química |
| | Ciencias sociales |
| | Economía |
| | Salud |
| | Publicista |
| | Otra |
| 4 | ¿Cuántos años de experiencia tiene en su área? |
| | Menos de 5 años |
| | Entre 5 y 10 años |
| | Más de 10 años |
| 5 | ¿La organización en la que usted labora actualmente es pública o privada? |
| | Pública |
| | Privada |
| | No está laborando actualmente |
| 6 | ¿Ha participado en proyectos relacionados con materiales sostenibles? |
| | Si |
| | No |
| 7 | ¿Ha escuchado sobre ladrillos elaborados a partir de hongos (micelio) como material de construcción? |
| | Si |
| | No |

| | |
|-----------|--|
| 8 | ¿Cómo calificaría su nivel de conocimiento sobre este material? |
| | Nulo |
| | Básico |
| | Intermedio |
| | Avanzado |
| 9 | ¿Conoce alguna propiedad técnica del micelio aplicado en construcción? |
| | Si |
| | No |
| | Parcialmente |
| 10 | ¿Considera que los ladrillos a base de hongos podrían ser una alternativa viable frente a materiales tradicionales? |
| | Si |
| | No |
| | No está seguro |
| 11 | ¿Qué factores influirían en su aceptación de este material? |
| | Costo |
| | Resistencia |
| | Normativas |
| | Impacto ambiental |
| | Innovación |
| 12 | ¿Qué nivel de confianza tendría en la <u>durabilidad</u> de este material? |
| | Alta |
| | Media |
| | Baja |
| 13 | ¿Qué nivel de confianza tendría en la <u>seguridad</u> de edificaciones construidas con este material? |
| | Alta |
| | Media |
| | Baja |
| 14 | ¿Cree que el uso de ladrillos de micelio contribuye a reducir la huella de carbono en la construcción? |
| | Si |
| | No |
| | No sabe |
| 15 | ¿Qué tan importante considera la sostenibilidad en la elección de materiales para proyectos? |
| | Muy importante |
| | Moderadamente importante |
| | Poco importante |
| 16 | ¿Estaría dispuesto a recomendar el uso de este material por sus beneficios ambientales? |

| | |
|-----------|--|
| | Si |
| | No |
| | Depende |
| 17 | ¿Cuál cree que es la principal barrera para implementar ladrillos de micelio en la industria? |
| | Costo |
| | Desconocimiento |
| | Normativas |
| | Disponibilidad |
| | Otra |
| 18 | ¿Considera que la industria está preparada para adoptar materiales innovadores como el micelio? |
| | Si |
| | No |
| | Parcialmente |
| 19 | ¿Qué acciones considera necesarias para impulsar el uso de este material? |
| | Capacitación |
| | Incentivos económicos |
| | Políticas públicas |
| | Normativas |
| | Investigación |
| | Otros |
| 20 | ¿Qué tan dispuesto estaría a invertir en proyectos que utilicen ladrillos de micelio como material de construcción? |
| | Nada dispuesto |
| | Poco dispuesto |
| | Neutral |