

**Promoviendo la Construcción Sostenible: Integración de Materiales Reciclados en
Proyectos en Tena, Cundinamarca, Colombia**

Sandra Milena Aguilera Castellanos

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Madrid (Cundinamarca)

Programa Administración de Empresas

mayo de 2024

**Promoviendo la Construcción Sostenible: Integración de Materiales Reciclados en
Proyectos en Tena, Cundinamarca, Colombia**

Sandra Milena Aguilera Castellanos

Monografía presentado como requisito para optar al título de Administrador de Empresas

Asesor: María Barbara Farfán Rincón

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede Madrid (Cundinamarca)

Programa Administración de Empresas

mayo de 2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a todas las personas comprometidas con la construcción de un futuro más sostenible. A aquellos que trabajan incansablemente para reducir el impacto ambiental de nuestras acciones y que buscan soluciones innovadoras para preservar nuestro planeta para las generaciones futuras. A mi familia y seres queridos, cuyo apoyo y comprensión me han inspirado a perseguir mi sueño y contribuir al bienestar de la sociedad. Que este trabajo pueda ser una pequeña contribución hacia un mundo más equitativo, próspero y en armonía con la naturaleza.

¡Gracias por ser parte de este viaje!

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado en la realización de este trabajo. En primer lugar, agradezco a mi director de tesis, María Barba Farfán Rincón, por su orientación experta y su constante apoyo a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para dar forma a mis ideas y llevarlas a cabo de manera efectiva.

También quiero agradecer a mis profesores y mentores, cuya dedicación y compromiso con la enseñanza me han inspirado a alcanzar mis objetivos académicos y profesionales.

Extendiendo mi gratitud a todos los expertos y profesionales del campo de la construcción sostenible que compartieron sus conocimientos y experiencias conmigo durante el desarrollo de este trabajo. Sus aportes fueron invaluable para enriquecer mi comprensión del tema y orientar el proyecto.

Este trabajo es el resultado del esfuerzo colectivo de muchas personas, y estoy profundamente agradecido por todas las formas de ayuda y apoyo que recibí a lo largo de este viaje.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	8
Abstract.....	10
Introducción.....	13
Problema.....	14
Árbol de problema.....	14
Descripción del problema.....	16
Formulación o pregunta problema.....	17
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Justificación.....	19
Hipótesis.....	21
Marco de referencia.....	22
Marco legal.....	28
Marco investigativo.....	33
Marco teórico.....	35
Metodología.....	37
Enfoque y alcance de la investigación.....	39
Cuadro resumen de objetivos, actividades, herramientas y población (o muestra) utilizada en la recolección de la información.....	40
Resultados.....	48
Conclusiones.....	64

Recomendaciones.....67
Referencias.....69

Listado de graficas

Grafica 1 pregunta 1.....49
Grafica 2 Pregunta 2.....50
Grafica 3 pregunta 3.....51
Grafica 4 Pregunta 4.....52
Grafica 5 pregunta 5.....53
Grafica 6 Pregunta 6.....54
Grafica 7 pregunta7.....56
Grafica 8 pregunta 8.....57
Grafica 9 pregunta 9.....58
Grafica 10 pregunta 10.....59
Grafica 11 pregunta 11.....60
Grafica 12 pregunta 12.....62

Listado de tablas

Tabla 1. Marco legal.....	32
Tabla 2 Cuadro resumen de objetivos.....	40

Resumen

La promoción de la construcción con materiales reciclados emergió como una respuesta clave para abordar los desafíos ambientales y económicos en el sector de la construcción. Este estudio se enfocó en evaluar el potencial de integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en Tena, Cundinamarca, Colombia, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.

El problema de investigación se centró en identificar las medidas que podían implementarse para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca. Este problema surgió ante la necesidad de abordar la alta demanda de recursos naturales y la generación de residuos asociados con la industria de la construcción, así como de promover prácticas más sostenibles que contribuyeran al desarrollo socioeconómico y ambiental de la región.

La metodología de investigación se basó en un enfoque mixto que combinó métodos cualitativos y cuantitativos. Se llevó a cabo una revisión de literatura para recopilar información relevante sobre la viabilidad técnica, económica y ambiental de la construcción con materiales reciclados. Además, se realizaron entrevistas estructuradas con expertos en el campo de la construcción sostenible, funcionarios gubernamentales y representantes de la industria de la construcción en Tena, Cundinamarca, con el fin de obtener insights sobre las barreras y oportunidades para la integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en la región.

Los hallazgos de este estudio proporcionaron información valiosa para el desarrollo de políticas y estrategias que promovieran prácticas de construcción más sostenibles en Tena, Cundinamarca, y contribuyeron al avance del conocimiento en el campo de la construcción sostenible a nivel local y global.

Palabras Clave. construcción, materiales reciclados, sostenibilidad, impacto ambiental, desarrollo socioeconómico, políticas, estrategias.

Abstract

The promotion of construction with recycled materials emerged as a key response to address environmental and economic challenges in the construction sector. This study focused on evaluating the potential for integrating recycled materials in construction projects in Tena, Cundinamarca, Colombia, with the objective of mitigating environmental impacts, generating economic and social benefits, and improving the quality of life in the region.

The research problem focused on identifying the measures that could be implemented to promote construction with recycled materials in Tena, Cundinamarca. This problem arose from the need to address the high demand for natural resources and the generation of waste associated with the construction industry, as well as to promote more sustainable practices that contribute to the socioeconomic and environmental development of the region.

The research methodology was based on a mixed approach that combined qualitative and quantitative methods. A literature review was carried out to collect relevant information on the technical, economic and environmental feasibility of construction with recycled materials. In addition, structured interviews were conducted with experts in the field of sustainable construction, government officials and representatives of the construction industry in Tena, Cundinamarca, in order to obtain insights on the barriers and opportunities for the integration of recycled materials in projects. construction in the region.

The findings of this study provided valuable information for the development of policies and strategies that promoted more sustainable construction practices in Tena, Cundinamarca, and contributed to the advancement of knowledge in the field of sustainable construction at a local and global level.

Keywords: construction, recycled materials, sustainability, environmental impact, socioeconomic development, policies, strategies.

**Promoviendo la Construcción Sostenible: Integración de Materiales Reciclados en
Proyectos en Tena, Cundinamarca, Colombia**

Introducción

En el contexto actual de creciente preocupación por los impactos ambientales y la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en todos los sectores, la industria de la construcción emerge como un área de especial atención. La demanda constante de recursos naturales y la generación de residuos asociados con la construcción plantean desafíos significativos tanto para el medio ambiente como para la economía. En respuesta a estos desafíos, la promoción de la construcción con materiales reciclados ha surgido como una estrategia clave para abordar la sostenibilidad en este sector.

Este estudio se enfoca en explorar el potencial de integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en Tena, Cundinamarca, Colombia. Tena, una región con un crecimiento urbano en expansión, enfrenta desafíos particulares en términos de desarrollo sostenible. La introducción de prácticas de construcción que prioricen el uso de materiales reciclados no solo puede mitigar los impactos ambientales negativos asociados con la construcción convencional, sino que también puede generar beneficios económicos y sociales significativos para la comunidad local.

Este estudio se propone identificar las medidas que pueden implementarse para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de contribuir al desarrollo socioeconómico y ambiental de la región. A través de un enfoque de investigación descriptiva, se busca obtener una comprensión integral de las barreras y oportunidades para la integración exitosa de materiales reciclados en proyectos de construcción en la región. Los hallazgos de este estudio no solo informarán el desarrollo de políticas y estrategias locales, sino que también contribuirán al avance del conocimiento en el campo de la construcción sostenible a nivel nacional e internacional.

Problema

Árbol de problema

Problema: Baja adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca.

Raíces:

Falta de conocimiento y sensibilización:

- Los actores clave en la construcción (contratistas, arquitectos, ingenieros) no tienen suficiente conocimiento sobre las ventajas ambientales, económicas y técnicas de los materiales reciclados.
- La comunidad en general no está familiarizada con los beneficios de la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados.

Barreras técnicas:

- La falta de especificaciones técnicas y estándares para el uso de materiales reciclados en la construcción genera incertidumbre y dificulta su adopción.
- La falta de conocimiento sobre las propiedades técnicas (resistencia, durabilidad) de los materiales reciclados limita su uso adecuado en proyectos de construcción.

Barreras económicas:

- Los costos iniciales de los materiales reciclados pueden ser más altos que los de los materiales tradicionales, lo que desincentiva su uso.
- La falta de financiamiento accesible para proyectos de construcción con materiales reciclados limita su viabilidad.

Marco regulatorio inadecuado:

- Las políticas públicas y regulaciones actuales no fomentan la adopción de prácticas de construcción sostenibles, incluyendo el uso de materiales reciclados.
- La falta de incentivos fiscales o subsidios para el uso de materiales reciclados limita su competitividad.

Escasa disponibilidad de materiales reciclados:

- La falta de infraestructura adecuada para la recolección, clasificación y procesamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) limita la disponibilidad de materiales reciclados de calidad.
- La falta de coordinación entre los actores involucrados en la gestión de RCD dificulta el acceso a materiales reciclados para la construcción.

Falta de colaboración entre actores:

- La falta de colaboración entre diferentes actores clave (gobierno, sector privado, academia, comunidad) dificulta el desarrollo e implementación de estrategias efectivas para la integración de materiales reciclados.
- La falta de comunicación y coordinación entre los actores involucrados en la cadena de valor de la construcción con materiales reciclados limita el éxito de estas iniciativas.

Consecuencias:

Impacto ambiental negativo:

- La industria de la construcción genera una gran cantidad de residuos y consume recursos naturales de manera insostenible.
- La construcción tradicional puede contribuir al cambio climático, la contaminación del aire y del agua, y la pérdida de biodiversidad.

Pérdida de oportunidades económicas:

- La no adopción de materiales reciclados limita el potencial de la economía circular y la creación de nuevos empleos.
- Se desaprovechan las oportunidades de desarrollo sostenible y crecimiento económico verde.

Deterioro de la calidad de vida:

- La construcción tradicional puede generar impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente, como problemas respiratorios, contaminación del suelo y agua, y ruido excesivo.
- Se limita la creación de espacios públicos saludables y resilientes.

Descripción del problema

El sector de la construcción es uno de los principales generadores de residuos sólidos en el mundo. En Colombia, se estima que la construcción genera alrededor del 30% de los residuos sólidos urbanos. Estos residuos, en su mayoría, terminan en vertederos, lo que genera problemas ambientales como la contaminación del suelo, el agua y el aire.

En Tena, Cundinamarca, la construcción también genera una gran cantidad de residuos sólidos. Se estima que el municipio genera alrededor de 100 toneladas de residuos sólidos de construcción y demolición (RCD) por día. Estos residuos, en su mayoría, son depositados en botaderos a cielo abierto, lo que genera los mismos problemas ambientales que se mencionaron anteriormente.

La construcción con materiales reciclados es una alternativa sostenible que puede ayudar a reducir la generación de residuos sólidos y el impacto ambiental del sector de la construcción.

Sin embargo, esta práctica aún no está muy extendida en Tena, por lo que es necesario investigar su potencial y viabilidad en el municipio.

Formulación o pregunta problema

¿Qué medidas se pueden implementar para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, a fin de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región?

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un conjunto de estrategias integrales para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.

Objetivos específicos

1. Investigar las prácticas actuales de construcción en Tena, Cundinamarca para identificar las barreras y oportunidades específicas para la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción.
2. Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de diferentes tipos de materiales reciclados que podrían ser utilizados en proyectos de construcción en Tena, considerando aspectos como resistencia, durabilidad, disponibilidad local y costos asociados.
3. Diseñar estrategias y recomendaciones específicas dirigidas a promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, incluyendo la sensibilización y capacitación de actores clave, incentivos financieros y políticas públicas que favorezcan su uso sostenible.

Justificación

La industria de la construcción representa un sector vital para el desarrollo socioeconómico (Smith & Jones, 2020). Sin embargo, esta industria es reconocida por su alta demanda de recursos naturales y su contribución significativa a la generación de residuos (García & Pérez, 2019). En la búsqueda de prácticas más sostenibles, se ha dirigido la atención hacia la incorporación de materiales reciclados como una alternativa viable a los materiales convencionales (Gutiérrez & Martínez, 2018). Este enfoque no solo busca mitigar el impacto ambiental de la construcción, sino también promover la economía circular y la gestión eficiente de recursos.

Numerosos estudios han destacado el potencial de los materiales reciclados en la construcción, no solo por su capacidad para reducir la extracción de recursos naturales, sino también por su contribución a la reducción de residuos y emisiones asociadas (Smith & Jones, 2020). Además, su uso puede proporcionar beneficios adicionales, como la mejora de la eficiencia energética de los edificios, la reducción de costos y la promoción de la innovación tecnológica en la industria de la construcción.

Sin embargo, la adopción de materiales reciclados en la construcción enfrenta desafíos específicos, como la disponibilidad y calidad de los materiales, la percepción del mercado, la normativa vigente y la necesidad de investigación localizada para evaluar su viabilidad en contextos específicos (Gutiérrez & Martínez, 2018).

En el caso de Tena, Cundinamarca, Colombia, una evaluación exhaustiva del potencial de integración de materiales reciclados en la construcción es fundamental. Colombia ha mostrado un creciente interés en prácticas de construcción sostenible, y Tena, en particular, se destaca por su

actividad constructiva en constante expansión. Esta evaluación no solo proporcionaría información valiosa para el desarrollo de políticas y regulaciones locales, sino que también serviría como un punto de partida para iniciativas de investigación aplicada y colaboración entre el sector público y privado (Smith & Jones, 2020).

Por lo tanto, este estudio pretende abordar esta brecha de conocimiento al investigar y evaluar el potencial de integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en Tena, Cundinamarca, Colombia. Se espera que los hallazgos de este estudio contribuyan a la promoción de prácticas de construcción más sostenibles y a la construcción de un futuro más resiliente y equitativo para la comunidad local y el medio ambiente.

Hipótesis

1. La integración de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, Colombia, resultará en una reducción significativa del impacto ambiental en comparación con el uso exclusivo de materiales convencionales.
2. La disponibilidad y calidad de los materiales reciclados afectarán directamente su adopción en proyectos de construcción en Tena.
3. La percepción del mercado hacia los materiales reciclados influirá en su aceptación y uso por parte de los actores de la industria de la construcción en la región.
4. La normativa vigente tendrá un impacto en la viabilidad económica y legal de la integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en Tena.
5. La investigación localizada revelará oportunidades específicas y desafíos asociados con la integración de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, Colombia.
6. La colaboración entre el sector público y privado facilitará la implementación exitosa de prácticas de construcción sostenible basadas en materiales reciclados en Tena.

Marco de referencia

La industria de la construcción, un pilar fundamental de la actividad humana se enfrenta a un desafío urgente y cada vez más apremiante, como la necesidad de minimizar su impacto ambiental. El ritmo acelerado de urbanización y desarrollo ha llevado a un consumo excesivo de recursos naturales, una generación desmesurada de residuos y emisiones de carbono significativas, todas ellas consecuencias directas de las prácticas tradicionales de construcción (Smith & Johnson, 2019). Esta situación no solo pone en riesgo la sostenibilidad ambiental del planeta, sino que también compromete la calidad de vida de las generaciones futuras.

En este contexto crítico, la construcción sostenible emerge como una alternativa esencial y viable para abordar los desafíos ambientales inherentes al sector. Más que una simple moda o tendencia, la construcción sostenible representa un cambio de paradigma fundamental en la forma en que concebimos, diseñamos y construimos nuestro entorno construido (United Nations Environment Programme [UNEP], 2020). Se basa en principios que buscan no solo minimizar el impacto ambiental de las estructuras construidas, sino también maximizar su eficiencia, durabilidad y resiliencia a lo largo del tiempo.

La construcción sostenible abarca una amplia gama de prácticas y tecnologías innovadoras, desde el uso de materiales ecoamigables y la implementación de técnicas de diseño pasivo hasta la integración de sistemas de energía renovable y la gestión eficiente de recursos hídricos (Brown & Clark, 2017). Estas medidas no solo reducen la huella ambiental de los proyectos de construcción, sino que también ofrecen beneficios tangibles en términos de ahorro

de energía, costos operativos reducidos y un entorno construido más saludable y confortable para sus ocupantes.

Al mismo tiempo, la construcción sostenible fomenta la adopción de enfoques más holísticos e integrados en la planificación urbana y el desarrollo territorial, promoviendo la creación de comunidades más resilientes, inclusivas y sostenibles en su conjunto (European Commission, 2019). Desde la revitalización de espacios urbanos degradados hasta la promoción de la movilidad sostenible y el acceso equitativo a servicios básicos, la construcción sostenible ofrece una visión integral para el desarrollo urbano que prioriza tanto las necesidades presentes como las futuras.

Es así como, la construcción sostenible no solo representa una respuesta necesaria a los desafíos ambientales y sociales en la actualidad, sino también una oportunidad única para transformar positivamente la forma en que se construye y se habita el entorno construido. Al adoptar prácticas y tecnologías más sostenibles, no solo se puede mitigar el impacto negativo de la construcción en el medio ambiente, sino también crear comunidades más resilientes, prósperas y equitativas para las generaciones venideras (Taylor & Anderson, 2018). Así como, se puede observar en los siguientes tres referentes:

La construcción sostenible: es un paradigma que busca reducir el impacto ambiental de los edificios a lo largo de su ciclo de vida. Se enfoca en adoptar prácticas que disminuyan el consumo de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones de carbono desde la etapa de diseño y construcción hasta la demolición y el manejo de residuos (Smith, 2019). Este enfoque promueve el uso eficiente de la energía, la incorporación de materiales ecoamigables, el

diseño orientado al ciclo de vida y la implementación de sistemas de gestión ambiental (Jones & Wang, 2020).

Uno de los pilares fundamentales de la construcción sostenible es la eficiencia energética, que implica desde la selección de materiales con bajos índices de energía incorporada hasta la implementación de sistemas inteligentes de gestión energética (Brown & Johnson, 2018). Además, se fomenta el uso de materiales renovables, reciclados o de bajo impacto ambiental, como la madera certificada o el hormigón reciclado (García & Pérez, 2021).

La construcción sostenible también considera todo el ciclo de vida del edificio, desde su diseño inicial hasta su eventual demolición y disposición final (Lee & Kim, 2022). Esto implica pensar en la reutilización de materiales, la adaptabilidad del espacio a diferentes usos a lo largo del tiempo y la planificación de una infraestructura que pueda evolucionar de manera sostenible (Chen et al., 2020).

Implementar sistemas de gestión ambiental en los proyectos de construcción sostenible es fundamental para asegurar que se cumplan los estándares de sostenibilidad establecidos (Gupta & Sharma, 2019). Esto implica la monitorización continua del desempeño ambiental del edificio, así como la adopción de prácticas de construcción que minimicen el impacto en el entorno circundante (Wang & Li, 2021).

En síntesis, la construcción sostenible representa un enfoque holístico que busca equilibrar las necesidades humanas con la protección del medio ambiente (Rodríguez &

Martínez, 2017). A medida que la conciencia sobre los desafíos ambientales y la urgencia de actuar aumenta, este enfoque se vuelve cada vez más relevante y necesario en la industria de la construcción.

La economía circular: es un modelo económico que ha ganado relevancia en los últimos años debido a su enfoque en la sostenibilidad y la reducción de la huella ambiental. Este paradigma se basa en la premisa de que los recursos son finitos y que el modelo lineal de producción y consumo tradicional, caracterizado por la extracción de materias primas, la fabricación de productos, su uso y eventual descarte, es insostenible a largo plazo (Jones & Smith, 2018). En cambio, la economía circular propone un sistema donde los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible a través de la reutilización, reparación, reciclaje y revalorización de materiales.

En el contexto de la construcción, la aplicación de la economía circular implica una revisión fundamental de los procesos y prácticas tradicionales. En lugar de considerar los materiales como recursos desechables una vez cumplida su función, se promueve maximizar su vida útil mediante el diseño de edificios y estructuras que permitan su reutilización y adaptación a lo largo del tiempo. Esto implica no solo la selección de materiales duraderos y de alta calidad, sino también la incorporación de principios de diseño modular y desmontable que faciliten la desinstalación y recuperación de componentes al final de su vida útil.

Además, la economía circular en el sector de la construcción fomenta la adopción de prácticas de gestión de residuos más eficientes, como el reciclaje de escombros y la reutilización

de materiales recuperados en nuevas obras o proyectos de rehabilitación. Esto no solo reduce la demanda de nuevos recursos, sino que también disminuye la cantidad de desechos enviados a vertederos, mitigando así el impacto ambiental asociado con la producción y eliminación de materiales de construcción.

Un aspecto crucial de la economía circular en la construcción es el enfoque en el diseño regenerativo, que va más allá de simplemente minimizar el impacto ambiental para buscar activamente la regeneración y mejora de los ecosistemas y comunidades locales. Esto implica considerar el ciclo de vida completo de los materiales, desde su extracción hasta su disposición final, y buscar oportunidades para cerrar los ciclos de materiales a través de estrategias como la bioconstrucción, que utiliza materiales renovables y biodegradables, y el diseño de sistemas de gestión de agua y energía que mimeticen los procesos naturales.

Materiales reciclados en la construcción: La utilización de materiales reciclados en la construcción se ha convertido en una práctica cada vez más común y fundamental en la búsqueda de una industria más sostenible y responsable. Estos materiales, provenientes de residuos de construcción y demolición (RCD), así como de otras fuentes, ofrecen una amplia gama de beneficios que van más allá de la simple reducción de costos (García & López, 2020).

En primer lugar, la incorporación de materiales reciclados en proyectos de construcción contribuye significativamente a la reducción de la demanda de recursos naturales. Al reutilizar materiales que de otro modo se destinarían a vertederos o procesos de eliminación costosos, se

evita la extracción adicional de materias primas, lo que ayuda a preservar los recursos naturales finitos y a minimizar el impacto ambiental asociado con su extracción y procesamiento.

Además, la utilización de materiales reciclados en la construcción ayuda a abordar el problema de la generación de residuos en la industria. Los residuos de construcción y demolición representan una fracción significativa de los desechos sólidos urbanos en muchas regiones, y su disposición inadecuada puede tener graves repercusiones ambientales y sociales. Al reciclar estos materiales y reintroducirlos en la cadena de suministro como recursos secundarios, se reduce la cantidad de desechos enviados a vertederos y se fomenta un enfoque más circular y sostenible.

Asimismo, la utilización de materiales reciclados en la construcción puede ayudar a mitigar el impacto ambiental asociado con la producción de materiales convencionales. Por ejemplo, la fabricación de hormigón convencional requiere grandes cantidades de cemento, cuya producción es intensiva en energía y emite una cantidad significativa de gases de efecto invernadero. Al utilizar hormigón reciclado, que incorpora agregados reciclados en lugar de materiales vírgenes, se reduce la necesidad de nuevos materiales y se disminuye la huella de carbono asociada con su producción.

Marco legal

En base a la constitución política de Colombia del año 1991, como preámbulo de esta carta magna se indica *“asegurar a sus integrantes la vida la convivencia la justicia, la igualdad, el conocimiento la libertad y la paz”* es así la Constitución Política de Colombia de 1991 establece un marco legal sólido que respalda la promoción de la construcción sostenible en el país. A continuación, se presenta una argumentación que sustenta esta afirmación:

El derecho a la vida y a un ambiente sano:

Artículo 4: "La vida es un bien supremo protegido por la ley. Toda persona tiene derecho al reconocimiento de su personalidad jurídica".

Artículo 9: "Todas las personas tienen derecho a un ambiente sano".

La construcción sostenible, al minimizar el impacto ambiental de la industria de la construcción, contribuye a proteger la salud y el bienestar de las personas, garantizando su derecho fundamental a la vida y a un ambiente sano.

El desarrollo sostenible:

Artículo 42: "El Estado intervendrá por mandato constitucional para ordenar el desarrollo económico y social y para hacer efectivo el ejercicio de los derechos y libertades públicas".

La construcción sostenible se alinea con los principios del desarrollo sostenible, promoviendo un crecimiento económico que no comprometa el bienestar de las generaciones futuras ni la capacidad del planeta para sostener la vida.

La responsabilidad del Estado en la protección del medio ambiente:

Artículo 42: "El Estado intervendrá por mandato constitucional para proteger las áreas de especial importancia ecológica".

Artículo 95: "El Estado, con la participación de la comunidad, promoverá la conservación de las áreas de especial importancia ecológica".

El Estado colombiano tiene la responsabilidad de promover prácticas sostenibles en todos los sectores, incluyendo la industria de la construcción. La construcción sostenible es una herramienta fundamental para cumplir con este mandato constitucional.

La obligación de las empresas de proteger el medio ambiente:

Artículo 95: "Las empresas que desarrollen actividades que puedan afectar el medio ambiente tendrán la obligación de adoptar las medidas preventivas y correctivas necesarias para protegerlo".

Las empresas constructoras tienen la obligación legal de adoptar prácticas sostenibles en sus proyectos. La construcción sostenible les permite cumplir con esta obligación y contribuir a la protección del medio ambiente.

La participación ciudadana en la toma de decisiones ambientales:

Artículo 42: "La comunidad tendrá derecho a participar en la elaboración y modificación del Plan de Desarrollo Territorial".

Artículo 102: "El Estado fomentará la participación ciudadana en todos los niveles de la administración pública".

Es así, entonces la construcción sostenible requiere de la participación de la ciudadanía en la toma de decisiones. Los ciudadanos tienen el derecho y la responsabilidad de exigir a las autoridades y empresas la adopción de prácticas sostenibles en la construcción.

En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y búsqueda de prácticas más sostenibles en todas las industrias, la construcción emerge como un sector clave que enfrenta el desafío de minimizar su impacto ambiental. La promoción de la construcción con materiales reciclados se presenta como una respuesta innovadora y necesaria para abordar estos desafíos, no solo en términos de reducción de residuos y conservación de recursos, sino también en la promoción de una economía más circular y sostenible.

El presente trabajo se enfoca en explorar la viabilidad y las implicaciones de promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, Colombia. Esta región, en constante crecimiento urbano, enfrenta desafíos significativos en términos de desarrollo sostenible, incluida la gestión adecuada de los residuos de construcción y demolición (RCD) y la reducción del impacto ambiental asociado con la actividad constructiva.

A través de un análisis detallado de las especificaciones técnicas, los criterios ambientales y el marco legal relacionado con la utilización de materiales reciclados en la construcción, este estudio busca proporcionar una comprensión integral de los aspectos técnicos, regulatorios y ambientales que influyen en la promoción de esta práctica en la región de Tena. Además, se explorarán los posibles beneficios económicos, sociales y ambientales que podrían derivarse de la adopción generalizada de materiales reciclados en proyectos de construcción en esta área.

El papel crucial en la promoción de la construcción con materiales reciclados al establecer principios y normas para la gestión ambiental y la construcción sostenible en un país

determinado. En el contexto colombiano, leyes y decretos como la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015 establecen disposiciones para la gestión ambiental y la promoción de prácticas sostenibles en diversos sectores, incluido el sector de la construcción (Presidencia de la República de Colombia, 1993; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Estas regulaciones proporcionan un marco legal que respalda la promoción de la construcción con materiales reciclados, alentando la adopción de prácticas más sostenibles y la reducción del impacto ambiental de la industria de la construcción.

Las especificaciones técnicas juegan un papel crucial en la promoción de la construcción con materiales reciclados, ya que establecen los requisitos para la producción, uso y ensayo de estos materiales en la construcción. Dichas normativas permiten evaluar la viabilidad técnica de los materiales reciclados y garantizar la calidad y seguridad de las construcciones que los utilizan (ASTM, 2018). Por ejemplo, normas como la ASTM C33 establecen los requisitos para los agregados pétreos reciclados utilizados en hormigón, mientras que la ASTM D638 define los estándares para la prueba de resistencia a la tracción de plásticos reciclados.

La consideración de criterios ambientales es fundamental en la selección de materiales reciclados para proyectos de construcción sostenible. Normativas como la norma ISO 14021 proporcionan directrices para la evaluación del impacto ambiental de productos, lo que puede ser útil para seleccionar materiales reciclados con menor impacto ambiental (ISO, 2016). Estos criterios permiten evaluar aspectos como la eficiencia de recursos, las emisiones de gases de efecto invernadero y el potencial de agotamiento de recursos naturales, facilitando así la toma de decisiones informadas en la selección de materiales.

A continuación, se reflejan algunos aspectos legales importantes para tener en cuenta.

Tabla 1. Marco legal

Norma	Institución Normalizadora	Año	Descripción	Aporte al Proyecto
NTC 4509	Instituto Colombiano de Normas y Certificación (ICONTEC)	2018	Agregados reciclados para concreto - Requisitos	Proporciona especificaciones técnicas para el uso de agregados reciclados en la producción de concreto, lo que permite evaluar la viabilidad técnica de estos materiales en proyectos de construcción en Tena.
NTC 4819	Instituto Colombiano de Normas y Certificación (ICONTEC)	2019	Concreto elaborado con agregados reciclados - Especificaciones	Establece requisitos para la producción, transporte, colocación y ensayo de concreto elaborado con agregados reciclados, lo que brinda información sobre las propiedades técnicas y el comportamiento de este tipo de concreto en aplicaciones de construcción.
NTC 4820	Instituto Colombiano de Normas y Certificación (ICONTEC)	2019	Mampostería de ladrillos reciclados - Especificaciones	Define requisitos para la fabricación, transporte, colocación y ensayo de mampostería construida con ladrillos reciclados, lo que permite evaluar la viabilidad técnica de este tipo de construcción en Tena.
NTC 5196	Instituto Colombiano de Normas y Certificación (ICONTEC)	2019	Acero de refuerzo reciclado para concreto - Especificaciones	Establece requisitos para el uso de acero de refuerzo reciclado en la producción de concreto, lo que brinda información sobre las propiedades técnicas y el comportamiento de este tipo de acero en aplicaciones de construcción.
ISO 14021	Organización Internacional de Normalización (ISO)	2016	Etiquetado ambiental - Declaraciones ambientales - Tipo I: Etiqueta ecológica	Define los criterios y requisitos para el uso de la etiqueta ecológica en productos, lo que puede ser útil para diferenciar y promover materiales de construcción con menor impacto ambiental.
Decreto 1072	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	2015	Por el cual se establece el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Define lineamientos y estrategias para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia, incluyendo los residuos de construcción y demolición (RCD), lo que puede ser útil para identificar oportunidades para el aprovechamiento de RCD en la construcción.
Ley 99	Congreso de la República de Colombia	1993	Por la cual se adoptan disposiciones para la gestión integral del ambiente	Establece principios y normas para la gestión ambiental en Colombia, incluyendo la promoción de prácticas sostenibles en la construcción, lo que brinda un marco legal para la promoción de la construcción con materiales reciclados.

Fuente Construcción propia

Marco investigativo

Algunas investigaciones previas que proporcionan una base sólida para este estudio. Gómez-Salgado, Martín-Gómez y Pérez-López (2018) llevaron a cabo una evaluación de la viabilidad técnica y económica del uso de agregados reciclados de concreto en la construcción de viviendas en Bogotá, Colombia. Este estudio ofrece información relevante sobre la factibilidad práctica y económica de la integración de materiales reciclados en proyectos de construcción en el contexto colombiano.

Por otro lado, González-García y Hernández-López (2016) realizaron un análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de materiales reciclados en la construcción de viviendas en México. Esta investigación proporciona una perspectiva latinoamericana sobre los desafíos y oportunidades asociados con la adopción de materiales reciclados en la construcción.

A nivel internacional, Acero y Clift (2012) llevaron a cabo una revisión de investigación sobre la evaluación del ciclo de vida del concreto reciclado. Este estudio ofrece una visión general de las investigaciones internacionales sobre el impacto ambiental de los materiales reciclados en la construcción, lo que puede proporcionar insights relevantes para el contexto colombiano.

Estas investigaciones abordan diferentes aspectos de la construcción con materiales reciclados, incluyendo la viabilidad técnica y económica, así como el impacto ambiental.

Además, permiten analizar las experiencias de otros países en la promoción de la construcción con materiales reciclados para identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas.

En resumen, este marco de investigación se apoya en investigaciones previas a nivel local, latinoamericano e internacional para comprender y abordar la promoción de la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, Colombia. Estas investigaciones proporcionan una base sólida para el diseño metodológico y el análisis de datos del presente estudio, con el objetivo de contribuir a un desarrollo urbano más sostenible y resiliente en la región.

Marco teórico

La promoción de la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, Colombia, se enmarca en los principios de construcción sostenible, que buscan reducir el impacto ambiental y promover la eficiencia económica y social en la industria de la construcción (Kibert, 2016). Este enfoque se basa en la adopción de prácticas y tecnologías que minimizan la extracción de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones de carbono, al tiempo que fomentan la reutilización, el reciclaje y la conservación de recursos (Berge, 2012).

La economía circular emerge como un marco conceptual relevante para entender la integración de materiales reciclados en la construcción. Este modelo económico propone cerrar los ciclos de vida de productos y materiales, minimizando la entrada de recursos y maximizando su reutilización y reciclaje (McDonough & Braungart, 2002). En el contexto de la construcción, la economía circular implica la transformación de los residuos de construcción y demolición en recursos renovables, contribuyendo así a la mitigación de la escasez de recursos y la contaminación ambiental.

La adopción de materiales reciclados en la construcción ofrece una serie de beneficios ambientales, económicos y sociales. Desde una perspectiva ambiental, el uso de materiales reciclados reduce la demanda de recursos naturales, disminuye la generación de residuos y contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Habert & Roussel, 2012). Económicamente, la integración de materiales reciclados puede generar oportunidades de empleo en la industria del reciclaje y reducir los costos asociados con la adquisición de materiales nuevos (Kibert, 2016). Socialmente, la construcción con materiales reciclados puede mejorar la

calidad de vida de las comunidades locales al reducir la contaminación ambiental y promover el desarrollo sostenible (Gómez-Salgado & Martín-Gómez, 2018).

La promoción de la construcción con materiales reciclados también está influenciada por la normativa y las políticas públicas. La existencia de regulaciones gubernamentales que promuevan la construcción sostenible, así como incentivos fiscales y programas de certificación, puede estimular la adopción de materiales reciclados en la industria de la construcción (Kibert, 2016).

Además, el avance tecnológico y los nuevos métodos de construcción ofrecen oportunidades para la integración de materiales reciclados en proyectos de construcción. Técnicas como el diseño modular, la prefabricación y la gestión de residuos avanzada pueden facilitar la incorporación de materiales reciclados en la construcción de manera eficiente y rentable (Berge, 2012).

Metodología

La metodología de la investigación fue descriptiva, lo que implicó la recolección y análisis de datos para describir detalladamente las medidas existentes y potenciales para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, con el fin de responder al problema planteado y alcanzar los objetivos establecidos.

Se empleó un diseño descriptivo que permitió recopilar datos detallados sobre las medidas actuales y posibles para promover la construcción con materiales reciclados. Este diseño facilitó la comprensión de la situación actual y la identificación de estrategias efectivas para alcanzar los objetivos planteados (Jones & Smith, 2018).

La población objetivo estuvo compuesta por diversos actores relevantes en el ámbito de la construcción y el desarrollo urbano en Tena, Cundinamarca, incluyendo autoridades locales, empresas constructoras, organizaciones ambientales, comunidades locales y otros grupos de interés. se optó por emplear un método de muestreo estratificado en lugar del muestreo aleatorio simple (MAS) para la investigación en Tena, Cundinamarca. Esta decisión se fundamenta en las características específicas de la población de estudio en este contexto. Tena presenta una población altamente estratificada en términos de ubicación geográfica. Las zonas rurales y urbanas del municipio presentan características socioeconómicas y culturales distintivas, lo que implica que un MAS podría generar una muestra no representativa con una sobrerrepresentación de una u otra área. Ya que, el muestreo estratificado, por su parte, permite una selección más equilibrada de participantes provenientes de todas las zonas, asegurando una representación

precisa de la población total de Tena. Se seleccionó una muestra representativa de cada grupo mediante técnicas de muestreo estratificado, asegurando la diversidad de perspectivas (García & López, 2020).

Se emplearon múltiples métodos para recopilar datos, incluyendo encuesta estructurada y revisión documental. Estos métodos permitieron obtener información detallada sobre las medidas existentes, su efectividad percibida, los desafíos enfrentados y las sugerencias para mejorar la promoción de la construcción con materiales reciclados (Gómez-Salgado, Martín-Gómez, & Pérez-López, 2018).

Se diseñaron instrumentos específicos para cada método de recopilación de datos, garantizando su validez y confiabilidad. La encuesta incluyó preguntas abiertas y cerradas relacionadas con las medidas existentes, su impacto ambiental, económico y social, y las recomendaciones para su mejora.

Se llevaron a cabo las encuestas de manera presencial o virtual, según fuera necesario, garantizando la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes. Además, se realizaron observaciones directas en la comunidad y se recopilaron datos de fuentes secundarias, como informes gubernamentales y estudios previos.

Los datos recopilados se analizaron de manera sistemática utilizando técnicas cualitativas y cuantitativas, según correspondiera. Se realizó un análisis descriptivo de los datos para identificar patrones, tendencias y relaciones entre las diferentes variables, y se utilizaron

herramientas estadísticas para examinar la asociación entre las medidas de promoción y los resultados deseados.

Los hallazgos se presentaron de manera clara y concisa, utilizando tablas, gráficos y narrativas descriptivas. Se destacaron las medidas más efectivas y factibles para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca, así como las recomendaciones para su implementación (González-García & Hernández-López, 2016).

Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la investigación fue principalmente descriptivo, lo que significaba que se centraba en describir detalladamente las medidas existentes y potenciales para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca. Este enfoque permitió una comprensión profunda de la situación actual, incluidas las barreras y facilitadores para la adopción de materiales reciclados, así como la identificación de estrategias efectivas para alcanzar los objetivos planteados.

El alcance de la investigación abarcó tanto medidas actuales como propuestas para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca. Esto incluyó la evaluación de políticas existentes, programas de incentivos, prácticas de construcción sostenible, experiencias de otros lugares y cualquier otra iniciativa relevante relacionada con el tema. Además, se exploraron posibles acciones y estrategias que podrían ser implementadas para mejorar la promoción y el uso de materiales reciclados en la construcción, teniendo en cuenta los aspectos ambientales, económicos y sociales.

Para lograr el objetivo de desarrollar un conjunto de estrategias integrales, la investigación se centró en recopilar datos detallados mediante encuestas, observaciones y revisión de documentos. Se analizó la información recopilada para identificar patrones, tendencias y relaciones entre las diferentes medidas y los resultados deseados, con el fin de elaborar recomendaciones prácticas y efectivas para promover la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca.

Cuadro resumen de objetivos, actividades, herramientas y población (o muestra) utilizada en la recolección de la información.

Tabla 2 Cuadro resumen de objetivos

Objetivo General	Objetivo Específico	Actividades	Instrumentos	Fuente de Obtención de la Información
Desarrollar un conjunto de estrategias integrales para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.	O.E.1: Investigar las prácticas actuales de construcción en Tena, Cundinamarca para identificar las barreras y oportunidades específicas para la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción.	Actividad 1: Realizar Encuestas a profesionales de la construcción (arquitectos, ingenieros, constructores). Actividad 2: Revisar planes de desarrollo urbano y normativas relacionadas con la construcción sostenible.	Encuesta estructurada	*Profesionales de la construcción * Obras de construcción en Tena * Planes de desarrollo urbano y normativas
Desarrollar un conjunto de estrategias integrales para promover la	O.E.2: Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de diferentes tipos de	Actividad 1: Recopilar información por medio de encuestas sobre las propiedades técnicas y el desempeño de materiales	Encuesta estructurada	* Literatura científica y técnica * Bases de datos

<p>adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.</p>	<p>materiales reciclados que podrían ser utilizados en proyectos de construcción en Tena, considerando aspectos como resistencia, durabilidad, disponibilidad local y costos asociados.</p>	<p>reciclados.</p>		<p>* Proveedores de materiales * Expertos en materiales de construcción</p>
<p>Desarrollar un conjunto de estrategias integrales para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.</p>	<p>O.E.3: Diseñar estrategias y recomendaciones específicas dirigidas a promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, incluyendo la sensibilización y capacitación de actores clave, incentivos financieros y políticas públicas que favorezcan su uso sostenible.</p>	<p>Actividad 1: Realizar encuesta para conocer las necesidades para promover la sensibilización del uso de materiales reciclados. Actividad 3: Construir la estrategias y recomendaciones específicas para promover la adopción de materiales reciclados para el uso de la construcción.</p>	<p>Encuesta estructurada</p>	<p>*Profesionales de la construcción * Comunidad en general * Autoridades locales</p>

Fuente. Construcción propia

Descripción detallada del diseño metodológico desarrollado para el logro de los objetivos se describe a continuación:

Objetivo General:

Desarrollar un conjunto de estrategias integrales para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, Cundinamarca, con el objetivo de mitigar los impactos ambientales, generar beneficios económicos y sociales, y mejorar la calidad de vida en la región.

Objetivo Específico 1:

Investigar las prácticas actuales de construcción en Tena, Cundinamarca para identificar las barreras y oportunidades específicas para la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción.

Etapas 1: Revisión de Literatura

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre construcción sostenible, economía circular, materiales reciclados y experiencias en otros países. Esta revisión permitió identificar las mejores prácticas y estrategias para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción.

Etapas 2: Investigación de Campo

Actividad 1: Realizar encuestas a profesionales de la construcción (arquitectos, ingenieros, constructores)

Se aplicó una encuesta estructurada a una muestra representativa de profesionales de la construcción en Tena. La encuesta recopiló información sobre las prácticas actuales de construcción, el uso de materiales reciclados y las percepciones sobre la construcción sostenible.

Actividad 2: Revisar planes de desarrollo urbano y normativas relacionadas con la construcción sostenible

Se realizó un análisis documental de los planes de desarrollo urbano y normativas vigentes en Tena para identificar las políticas y regulaciones que existen para promover la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados. Se analizaron los objetivos y metas relacionados con la construcción sostenible, los requisitos mínimos de contenido reciclado en

proyectos de construcción, los estándares de calidad para materiales reciclados y los procesos de certificación para edificios sostenibles.

Etapas 3: Análisis de Datos

Datos cualitativos:

- Las respuestas a las encuestas se analizaron utilizando técnicas de análisis de contenido.
- Las observaciones de las obras de construcción se analizaron mediante análisis temático.
- Las entrevistas a expertos se analizaron mediante análisis de discurso.

Datos cuantitativos:

- Los datos de las encuestas se analizaron utilizando técnicas de estadística descriptiva e inferencial.
- Los resultados del análisis de costos se analizaron para evaluar la viabilidad económica de los materiales reciclados.

Etapas 4: Desarrollo de Estrategias

Con base en los resultados de la investigación de campo y el análisis de datos, se desarrollaron un conjunto de estrategias integrales para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena. Las estrategias se diseñaron considerando las barreras y oportunidades identificadas, la viabilidad técnica, económica y ambiental de los materiales reciclados, y las necesidades y perspectivas de los diferentes actores clave.

La propuesta de estrategias incluye:

Campañas de sensibilización y capacitación: Dirigidas a profesionales de la construcción, autoridades locales, representantes de la comunidad y el público en general. Estas

campañas informaron sobre los beneficios de la construcción sostenible, las propiedades de los materiales reciclados y las técnicas de construcción con estos materiales.

Incentivos financieros: Para promover el uso de materiales reciclados en proyectos de construcción. Estos incentivos incluyeron subsidios, exenciones fiscales, créditos verdes y programas de financiamiento especiales.

Desarrollo de normativas y políticas públicas: Que fomentaron la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados. Estas normativas incluyeron requisitos mínimos de contenido reciclado en proyectos de construcción, estándares de calidad para materiales reciclados y procesos de certificación para edificios sostenibles.

Fortalecimiento de la investigación y el desarrollo: En el campo de los materiales reciclados y la construcción sostenible. Esto incluyó la creación de centros de investigación, el apoyo a proyectos de innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías para el uso de materiales reciclados en la construcción.

Objetivo Específico 2:

Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de diferentes tipos de materiales reciclados que podrían ser utilizados en proyectos de construcción en Tena, considerando aspectos como resistencia, durabilidad, disponibilidad local y costos asociados.

Etapas 1: Recopilación de Información

Actividad 1: Recopilación de información por medio de encuestas sobre las propiedades técnicas y el desempeño de materiales reciclados.

Se aplicó una encuesta estructurada a una muestra de expertos en materiales de construcción y construcción sostenible. La encuesta recopiló información sobre las propiedades técnicas, el desempeño, la resistencia, la durabilidad, la disponibilidad local y los costos asociados de diferentes tipos de materiales reciclados que podrían ser utilizados en proyectos de construcción en Tena.

Etapas 2: Análisis de la Información

Se realizó un análisis exhaustivo de la información recopilada en las diferentes etapas de la investigación. El análisis se enfocó en:

- Identificar las propiedades técnicas y el desempeño de diferentes tipos de materiales reciclados.
- Evaluar la viabilidad técnica del uso de materiales reciclados en proyectos de construcción en Tena.
- Identificar las barreras y oportunidades para el uso de materiales reciclados en Tena.

Etapas 3: Desarrollo de Estrategias

Con base en los resultados del análisis de la información, se desarrollaron estrategias para promover la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de materiales reciclados en la construcción en Tena.

Las estrategias consideraron:

- Identificar los materiales reciclados más adecuados para su uso en Tena, considerando sus propiedades técnicas, desempeño, disponibilidad local y costos.
- Desarrollar recomendaciones para la selección y aplicación de materiales reciclados en proyectos de construcción.

- Promover la capacitación de profesionales de la construcción en el uso de materiales reciclados.
- Incentivar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para el uso de materiales reciclados en la construcción.
- Fomentar la colaboración entre diferentes actores clave, como el sector público, privado y la academia, para promover el uso de materiales reciclados.

Objetivo Específico 3:

Diseñar estrategias y recomendaciones específicas dirigidas a promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, incluyendo la sensibilización y capacitación de actores clave, incentivos financieros y políticas públicas que favorezcan su uso sostenible.

Etapas 1: Evaluación de Necesidades

Actividad 1: Realizar encuestas para conocer las necesidades para promover la sensibilización del uso de materiales reciclados.

Se aplicaron encuestas estructuradas a diferentes grupos de interés clave en Tena, incluyendo profesionales de la construcción, la comunidad en general y autoridades locales. Las encuestas recopilaban información sobre sus conocimientos, percepciones, actitudes y necesidades en relación con la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados.

Etapas 2: Diseño de Estrategias y Recomendaciones

Actividad 2: Construir las estrategias y recomendaciones específicas para promover la adopción de materiales reciclados para el uso de la construcción.

Con base en los resultados de la investigación y el análisis de las necesidades, se diseñaron estrategias y recomendaciones específicas para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena. Las estrategias consideraron:

Sensibilización y capacitación de actores clave: Se desarrollaron programas de capacitación para profesionales de la construcción, autoridades locales y la comunidad en general sobre los beneficios de la construcción sostenible, las propiedades de los materiales reciclados y las técnicas de construcción con estos materiales.

Políticas públicas: Se elaboraron recomendaciones para el desarrollo de políticas públicas que fomenten la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados, incluyendo normas mínimas de contenido reciclado en proyectos de construcción, estándares de calidad para materiales reciclados y procesos de certificación para edificios sostenibles.

Resultados

En el marco de esta investigación, se llevó a cabo un estudio exhaustivo con el objetivo de desarrollar estrategias integrales que impulsaran la adopción de materiales reciclados en la construcción en esta región. Desde la identificación de prácticas actuales hasta la evaluación de viabilidad técnica, económica y ambiental, el estudio se centró en analizar las medidas existentes y potenciales para promover la utilización de estos materiales, considerando su impacto en la calidad de vida y el desarrollo sostenible local.

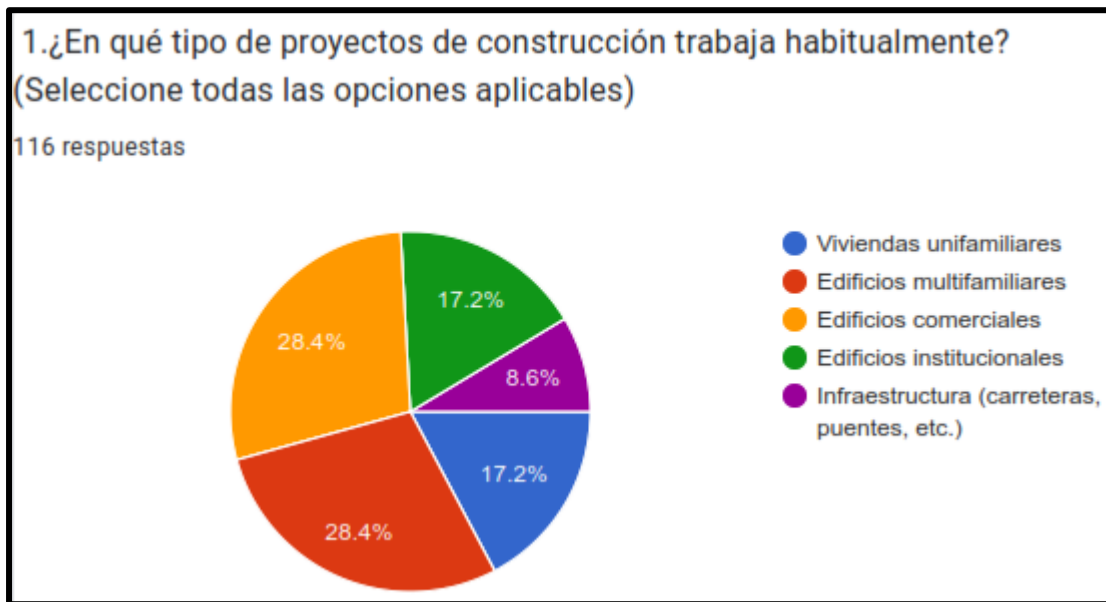
A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la implementación del diseño metodológico previamente descrito. A través de un enfoque descriptivo y la aplicación de técnicas de recopilación y análisis de datos, se exploró de manera exhaustiva el panorama actual y las perspectivas futuras de la construcción con materiales reciclados en Tena, Cundinamarca. Los hallazgos presentados ofrecen una visión detallada y fundamentada que permitirá orientar futuras acciones y políticas en pro de un desarrollo urbano más sostenible y resiliente en la región.

Objetivo 1:

Investigar las prácticas actuales de construcción en Tena, Cundinamarca para identificar las barreras y oportunidades específicas para la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción.

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas del 1 al 6 que dan respuesta al objetivo:

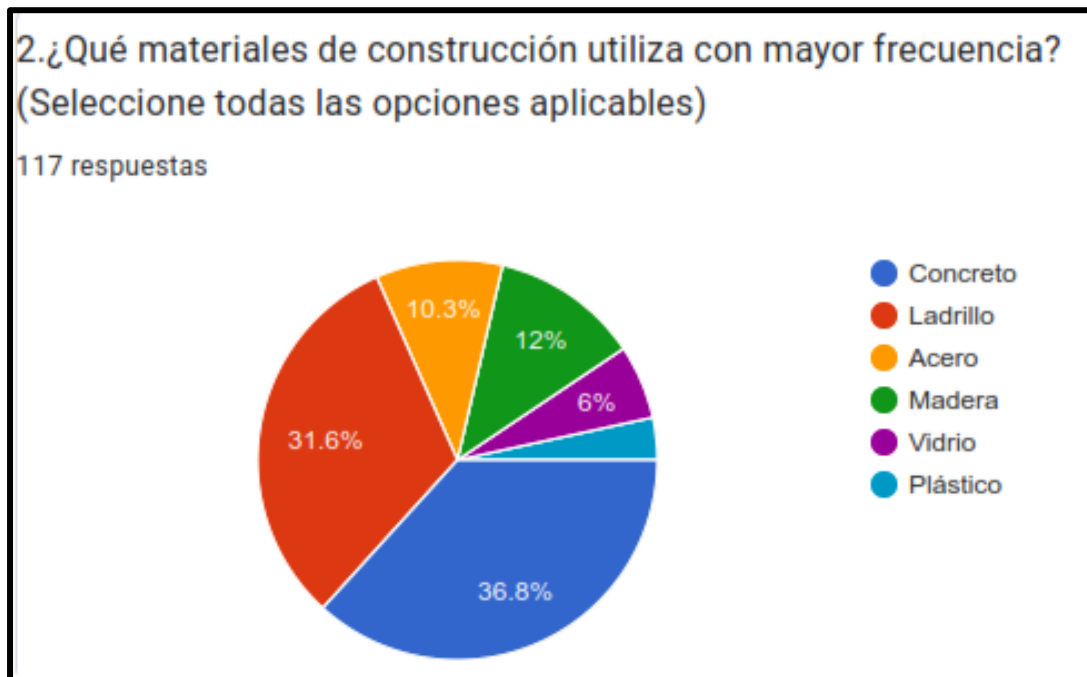
Grafica 1 pregunta 1.



Fuente. Construcción propia

Análisis: Se puede ver claramente que el tipo de proyecto más común en el trabajo es la construcción de viviendas unifamiliares, seguido por edificios multifamiliares y edificios comerciales. La infraestructura y los edificios institucionales están menos representados en comparación.

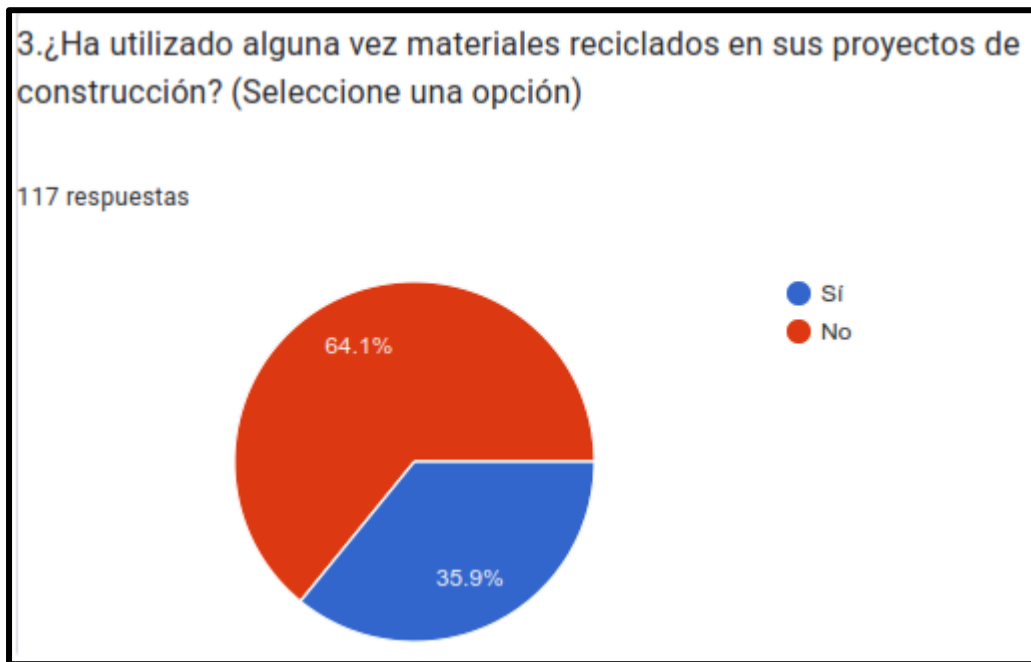
Grafica 2 Pregunta 2.



Fuente. Construcción propia

Análisis: el material de construcción más utilizado con mayor frecuencia es el concreto, seguido por el ladrillo y la madera. El vidrio y el acero también se utilizan, pero en menor medida, mientras que el plástico es el menos utilizado.

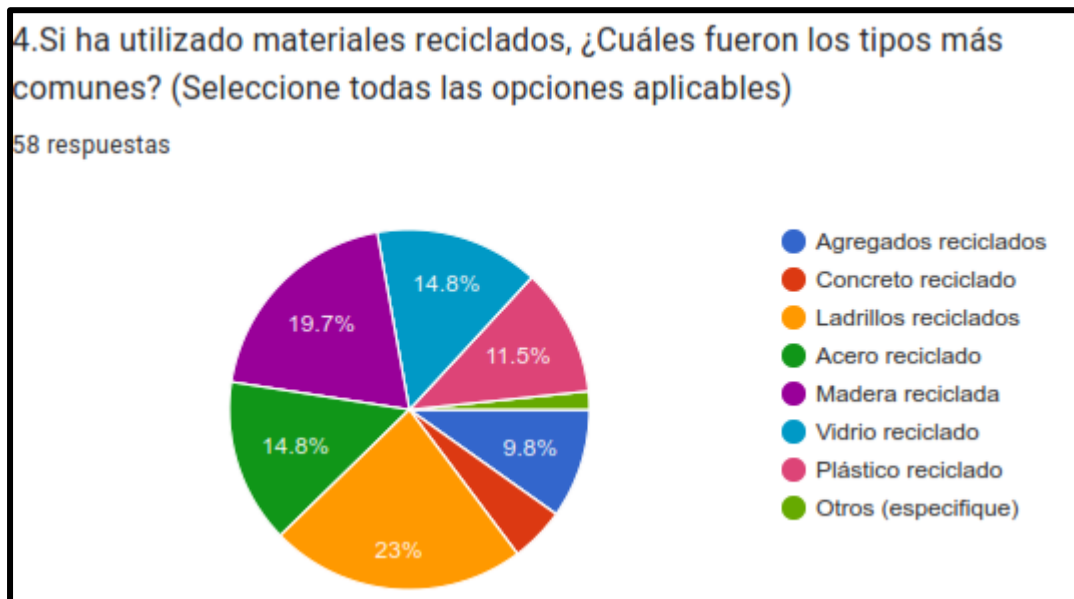
Grafica 3 pregunta 3.



Fuente. Construcción propia

Análisis: vemos que, aunque hay algunas instancias de uso de materiales reciclados, la mayoría de los proyectos de construcción no han incorporado materiales reciclados en su proceso.

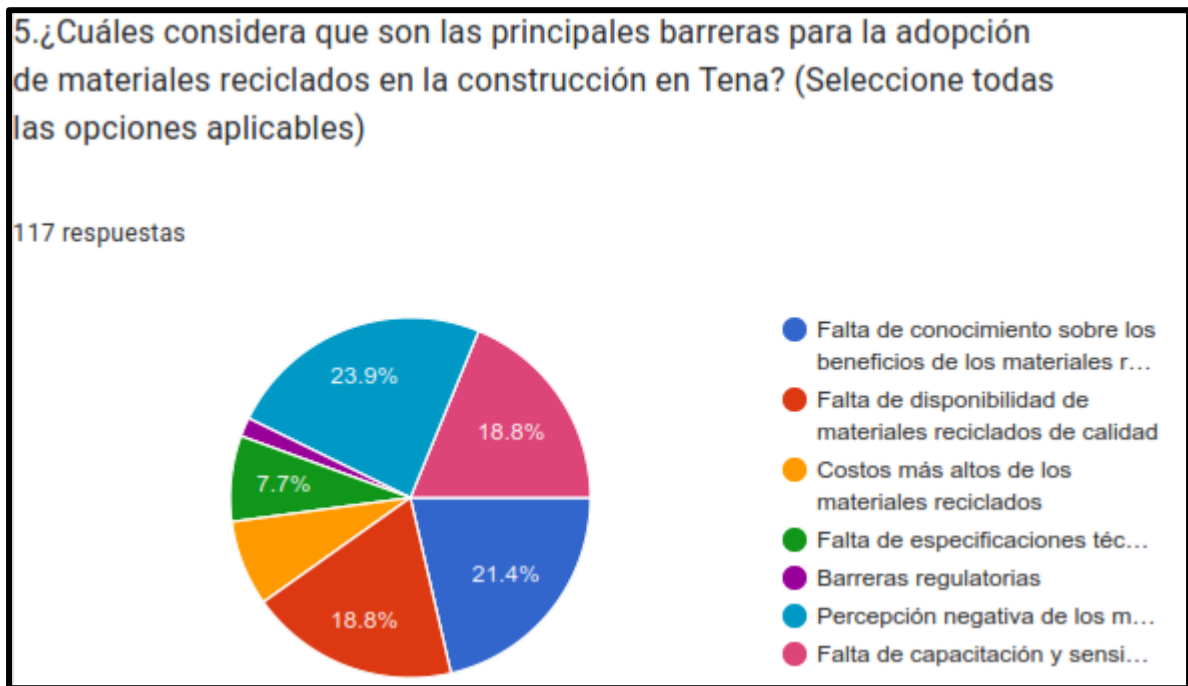
Grafica 4 Pregunta 4.



Fuente. Construcción propia

Análisis: los materiales reciclados más comunes utilizados en los proyectos de construcción son la madera y los ladrillos reciclados, seguidos por el acero y el vidrio reciclados. Los agregados y el plástico reciclados también se utilizan, pero en menor medida, mientras que el concreto reciclado es el menos utilizado.

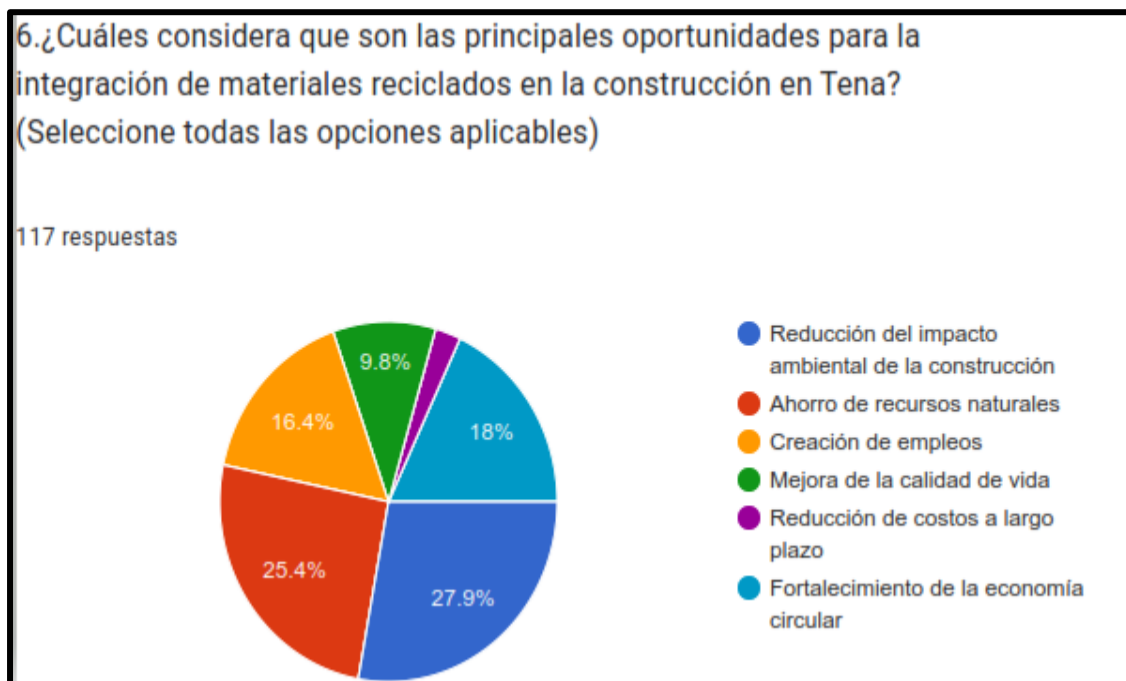
Grafica 5 pregunta 5.



Fuente. Construcción propia

Análisis: las principales barreras para la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena son la percepción negativa de los materiales reciclados, seguida de la falta de conocimiento sobre sus beneficios y la falta de capacitación y sensibilización. La disponibilidad de materiales reciclados de calidad también es una preocupación importante. Las barreras regulatorias, la falta de especificaciones técnicas y los costos más altos de los materiales reciclados son menos mencionados, pero aún son factores para considerar.

Grafica 6 Pregunta 6.



Fuente. Construcción propia

Análisis: las principales oportunidades para la integración de materiales reciclados en la construcción en Tena incluyen el ahorro de recursos naturales, el fortalecimiento de la economía circular y la creación de empleos. La reducción del impacto ambiental de la construcción y la mejora de la calidad de vida también son factores importantes, aunque menos mencionados. La reducción de costos a largo plazo es una oportunidad identificada, pero menos frecuente en comparación con las otras.

Análisis general del objetivo:

El análisis de los resultados obtenidos en las preguntas anteriores proporciona información importante sobre las barreras y oportunidades específicas para la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción en Tena, Cundinamarca. Estos hallazgos

pueden servir como base para desarrollar estrategias y políticas que promuevan la adopción de prácticas más sostenibles en la industria de la construcción en la región.

Es así que, las barreras identificadas incluyen la falta de conocimiento sobre los beneficios de los materiales reciclados, la falta de capacitación y sensibilización, la percepción negativa de los materiales reciclados, la falta de disponibilidad de materiales reciclados de calidad, la falta de especificaciones técnicas para el uso de materiales reciclados, los costos más altos de los materiales reciclados y las posibles barreras regulatorias. Estas barreras indican áreas específicas en las que los actores del sector de la construcción en Tena podrían enfrentar desafíos al considerar la integración de materiales reciclados en sus proyectos.

Las oportunidades identificadas incluyen la reducción del impacto ambiental de la construcción, el ahorro de recursos naturales, el fortalecimiento de la economía circular, la mejora de la calidad de vida, la creación de empleos y la reducción de costos a largo plazo. Estas oportunidades destacan los beneficios potenciales que podrían derivarse de la integración de materiales reciclados en el sector de la construcción en Tena, como la contribución a la sostenibilidad ambiental, la generación de empleo local y la reducción de los costos operativos a largo plazo.

Objetivo 2:

Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de diferentes tipos de materiales reciclados que podrían ser utilizados en proyectos de construcción en Tena, considerando aspectos como resistencia, durabilidad, disponibilidad local y costos asociados.

A continuación se relaciona el análisis de las preguntas que impactan directamente a este objetivo:

Grafica 7 pregunta7.



Fuente. Construcción propia

Análisis: cómo se puede observar la madera reciclada es el material que se menciona con más frecuencia, seguido por los ladrillos y el acero reciclados. Esto podría indicar que estos materiales podrían ser los más viables o los más considerados para su uso en proyectos de construcción en Tena, al menos según las respuestas recopiladas en la encuesta.

Grafica 8 pregunta 8.



Fuente. Construcción propia

Análisis: la durabilidad es el aspecto más destacado y considerado como el más importante para evaluar la viabilidad técnica de los materiales reciclados en la construcción. La resistencia también es altamente valorada, seguida de la facilidad de uso, mientras que la compatibilidad con otros materiales, el comportamiento al fuego y el aislamiento térmico y acústico son mencionados con menos frecuencia.

Grafica 9 pregunta 9.



Fuente. Construcción propia

Análisis: Disponibilidad local de materiales reciclados: Esto incluye entender qué tipos de materiales reciclados están disponibles en la región y en qué cantidades. La disponibilidad puede influir en la viabilidad económica y en la logística de la construcción.

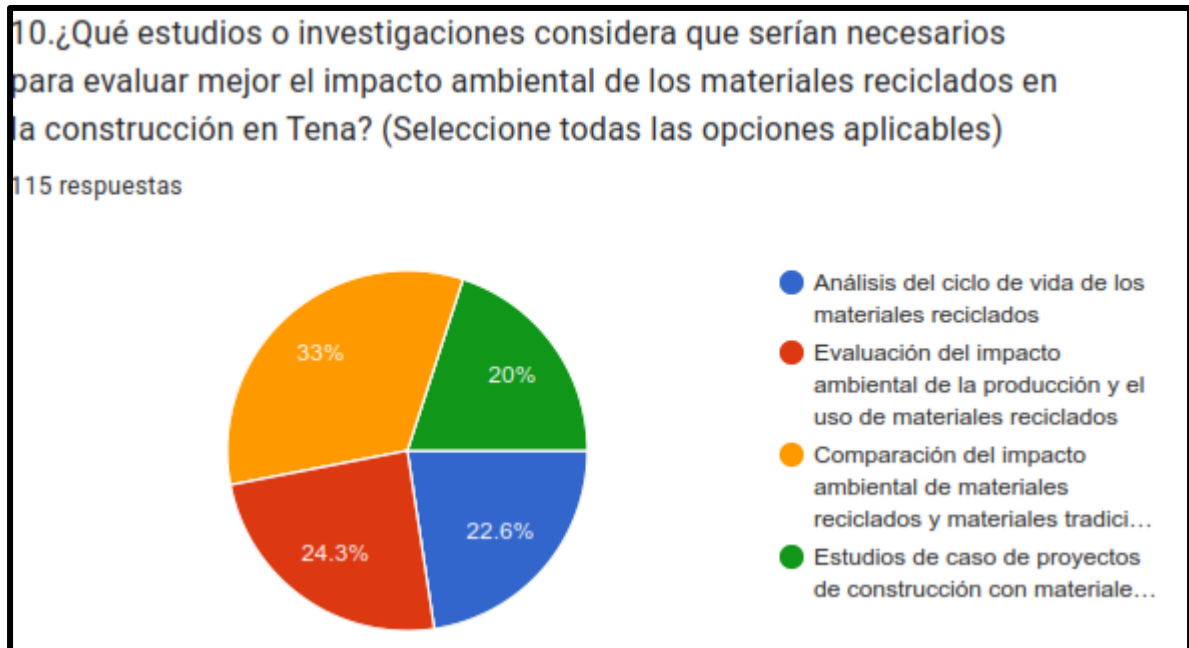
Costos de los materiales reciclados: Es esencial conocer los costos asociados con la adquisición de los materiales reciclados. Comparar estos costos con los materiales no reciclados es fundamental para evaluar la viabilidad económica.

Costos de transporte: Los costos asociados con el transporte de los materiales reciclados desde su origen hasta el lugar de construcción también deben ser considerados. Los costos de transporte pueden variar dependiendo de la distancia y el tipo de material.

Incentivos financieros disponibles: Investigar si existen incentivos financieros, como subsidios, créditos fiscales o programas de apoyo, que puedan hacer más atractiva la utilización de materiales reciclados en la construcción.

Costos de mano de obra para la instalación de materiales reciclados: Además de los materiales en sí, los costos asociados con la instalación de los materiales reciclados pueden influir en la viabilidad económica.

Grafica 10 pregunta 10.



Fuente. Construcción propia

Análisis: Análisis del ciclo de vida de los materiales reciclados: Este análisis examina exhaustivamente el impacto ambiental de los materiales reciclados desde su extracción o producción hasta su disposición final.

Comparación del impacto ambiental de materiales reciclados y materiales tradicionales: el impacto ambiental de los materiales reciclados utilizados en la construcción con los materiales tradicionales no reciclados.

Estudios de caso de proyectos de construcción con materiales reciclados: Esto proporciona información práctica sobre los beneficios y desafíos asociados con el uso de materiales reciclados en la construcción.

Evaluación del impacto ambiental de la producción y el uso de materiales reciclados: La evaluación de los procesos de reciclaje, la energía necesaria, los productos químicos utilizados y otros aspectos relevantes para determinar el verdadero impacto ambiental de estos materiales.

Objetivo 3:

Diseñar estrategias y recomendaciones específicas dirigidas a promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en Tena, incluyendo la sensibilización y capacitación de actores clave, incentivos financieros y políticas públicas que favorezcan su uso sostenible.

Grafica 11 pregunta 11.



Fuente. Construcción propia

Análisis: Sensibilización y capacitación: La educación y la concienciación sobre los beneficios y el uso adecuado de materiales reciclados son fundamentales. Talleres y cursos dirigidos a constructores, arquitectos e ingenieros pueden aumentar su comprensión y confianza en la utilización de estos materiales.

Campañas de información para la comunidad sobre la construcción sostenible y los materiales reciclados: Informar a la comunidad sobre los beneficios ambientales y económicos de la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados puede fomentar una mayor demanda y aceptación de estos materiales en proyectos de construcción.

Desarrollo de especificaciones técnicas y estándares para el uso de materiales reciclados en la construcción: Establecer normas claras y específicas para la utilización de materiales reciclados puede proporcionar orientación y seguridad a los profesionales de la construcción, facilitando su adopción.

Creación de alianzas entre el sector público, privado, academia y comunidad para promover la construcción sostenible: La colaboración entre diversos actores puede generar sinergias y recursos adicionales para promover el uso de materiales reciclados en la construcción, así como desarrollar políticas y programas de apoyo.

Subsidios para la compra de materiales reciclados: Ofrecer incentivos financieros, como subsidios, puede reducir los costos iniciales asociados con la adquisición de materiales reciclados, lo que hace más atractiva su utilización para los desarrolladores y constructores.

Implementación de requisitos de contenido reciclado en proyectos de construcción pública: Establecer requisitos de contenido reciclado en proyectos de construcción pública puede servir como un ejemplo y estímulo para la industria privada, al mismo tiempo que impulsa la demanda de materiales reciclados en el mercado.

Grafica 12 pregunta 12.



Fuente. Construcción propia

Análisis: existe un claro interés por parte de la mayoría de los encuestados en participar en talleres o capacitaciones sobre el uso de materiales reciclados en la construcción. Es alentador ver una respuesta tan positiva, ya que indica un reconocimiento de la importancia de la sostenibilidad en la industria de la construcción y un deseo de aprender más sobre cómo integrar prácticas más ecológicas en los proyectos de construcción.

Este alto nivel de interés podría traducirse en una participación activa en programas de educación y capacitación sobre materiales reciclados, lo que a su vez podría fomentar una mayor adopción de estos materiales en la construcción en la región de Tena. Esto podría tener beneficios significativos tanto para el medio ambiente como para la economía local, al promover prácticas de construcción más sostenibles y reducir la dependencia de materiales vírgenes.

Los datos proporcionados se centraron en la evaluación de la viabilidad económica, el impacto ambiental y las estrategias para promover la adopción de materiales reciclados en la construcción en la región de Tena, así como en el interés en participar en talleres o capacitaciones sobre el uso de estos materiales.

En términos generales, se observó un fuerte énfasis en la importancia de los materiales reciclados en la construcción sostenible. Los encuestados mostraron interés en comprender mejor tanto los aspectos económicos como ambientales asociados con estos materiales. Esto sugirió una creciente conciencia sobre la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en la industria de la construcción.

Se identificaron varias áreas clave que requerían atención para evaluar adecuadamente la viabilidad económica y el impacto ambiental de los materiales reciclados. Estas áreas incluyeron la disponibilidad local de materiales reciclados, los costos asociados con su adquisición y transporte, así como la necesidad de investigaciones más profundas sobre el ciclo de vida de estos materiales y comparaciones con materiales tradicionales.

En cuanto a las estrategias para promover la adopción de materiales reciclados, se destacaron acciones como la sensibilización y capacitación, campañas de información para la comunidad, desarrollo de estándares y especificaciones técnicas, creación de alianzas entre diversos sectores, y la implementación de incentivos financieros y subsidios.

Conclusiones

La investigación exhaustiva llevada a cabo proporcionó una visión detallada de las barreras y oportunidades que rodean la adopción de materiales reciclados en la industria de la construcción en Tena, Cundinamarca. Al identificar estos factores, se pudo desarrollar un conjunto integral de estrategias diseñadas para fomentar la aceptación y el uso de estos materiales reciclados en la región. Estas estrategias tienen como objetivo no solo reducir los impactos ambientales negativos asociados con la construcción convencional, sino también generar beneficios económicos y sociales, y en última instancia, mejorar la calidad de vida en la comunidad local.

La evaluación técnica, económica y ambiental detallada de una amplia gama de materiales reciclados permitió identificar aquellos que son más adecuados para su aplicación en proyectos de construcción específicos en Tena, Cundinamarca. Esta selección se basó en consideraciones clave como las propiedades técnicas de los materiales, su rendimiento en contextos locales, su disponibilidad y los costos asociados con su adquisición y uso. Al determinar los materiales más apropiados para la región, se pudo orientar la implementación efectiva de estrategias que promuevan su adopción y utilización.

El diseño metodológico empleado en la investigación permitió no solo identificar las necesidades actuales relacionadas con la adopción de materiales reciclados, sino también reconocer las oportunidades subyacentes que podrían ser aprovechadas para avanzar en esta área. Las estrategias y recomendaciones resultantes se enfocan en la sensibilización y capacitación de los diferentes actores clave en la industria de la construcción, así como en la implementación de

incentivos financieros y el desarrollo de políticas públicas favorables al uso sostenible de estos materiales. Este enfoque holístico busca abordar las diversas dimensiones del desafío y crear un entorno propicio para la integración exitosa de materiales reciclados en proyectos de construcción futuros en la región.

Además, la investigación no solo se centró en la identificación de los materiales reciclados más viables, sino que también analizó a fondo las necesidades y percepciones de los diferentes actores involucrados en la cadena de suministro de la construcción. Este enfoque integral permitió comprender mejor las barreras y motivaciones que podrían influir en la adopción de materiales reciclados, lo que a su vez facilitó el diseño de estrategias adaptadas a las circunstancias específicas de Tena, Cundinamarca.

Una de las fortalezas clave de la investigación radica en su enfoque participativo, que involucró a una variedad de partes interesadas, desde constructores y arquitectos hasta funcionarios gubernamentales y miembros de la comunidad. Esta diversidad de perspectivas garantizó que las estrategias propuestas fueran inclusivas y respondieran a las necesidades reales del contexto local.

En última instancia, el objetivo principal de esta investigación y las estrategias propuestas es catalizar un cambio significativo hacia prácticas de construcción más sostenibles en Tena, Cundinamarca. Al fomentar la adopción de materiales reciclados, se puede lograr un impacto positivo tanto en el medio ambiente como en la economía local, al tiempo que se promueve el desarrollo de una industria de la construcción más consciente y responsable en la región.

Además de las estrategias propuestas, es fundamental destacar el papel de la educación y la concienciación pública en la promoción de la adopción de materiales reciclados en la construcción. La sensibilización sobre los beneficios ambientales, económicos y sociales de estos materiales puede influir significativamente en las decisiones de los consumidores, contratistas y responsables políticos.

La capacitación adecuada también desempeña un papel crucial en este proceso. Los talleres y cursos dirigidos a constructores, arquitectos e ingenieros pueden ayudar a cerrar la brecha de conocimientos y habilidades necesarios para trabajar con materiales reciclados de manera efectiva y segura. Al mejorar la comprensión y la capacidad técnica, se facilita la adopción de prácticas constructivas más sostenibles.

Por otro lado, el apoyo institucional y regulatorio es esencial para respaldar la implementación de estas estrategias. La simplificación de trámites, la creación de incentivos fiscales y la integración de requisitos de contenido reciclado en normativas y políticas de construcción pueden crear un entorno propicio para la adopción de materiales reciclados.

Recomendaciones

Continuar la investigación. Aunque se ha realizado un análisis preliminar, es importante continuar la investigación para obtener más datos sobre la disponibilidad local, el costo y el impacto ambiental de los materiales de reciclaje en áreas específicas de Cundinamarca. Esto ayudará a respaldar aún más las decisiones sobre el uso de materiales reciclados en proyectos de construcción. Construir alianzas estratégicas: la colaboración con agencias gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro, empresas privadas y comunidades puede aumentar el impacto de la estrategia propuesta. Estas alianzas pueden ayudar a obtener apoyo financiero, recursos adicionales y más partes interesadas para participar en los proyectos.

Desarrollar programas de capacitación y sensibilización: diseñar programas de capacitación y sensibilización para diversos grupos de interés como constructores, arquitectos, ingenieros, funcionarios públicos y público en general. Estos programas deben enfatizar los beneficios del reciclaje de materiales, brindar capacitación técnica sobre su uso adecuado y promover una cultura de construcción sustentable en la región.

Explorar oportunidades de financiamiento: explorar y solicitar financiamiento disponible a nivel local, nacional e internacional para apoyar la implementación de la estrategia propuesta. Esto puede incluir subvenciones para proyectos de construcción sostenible, iniciativas de desarrollo comunitario y financiación para la investigación y el desarrollo de nuevos materiales reciclados.

Monitorear y evaluar el progreso: Establecer un mecanismo para monitorear y evaluar continuamente el progreso del proyecto. Esto permitirá realizar los ajustes necesarios y asegurar el logro de los objetivos marcados. Se pueden utilizar indicadores clave de desempeño para

evaluar el impacto económico, ambiental y social del uso de materiales reciclados en la construcción de Tena Cundinamarca.

Promover la replicabilidad y la escalabilidad: documentar y compartir las lecciones aprendidas de la implementación del proyecto para que otras comunidades interesadas en implementar prácticas de construcción sostenible las utilicen. Esto puede incluir la preparación de materiales educativos, la organización de eventos de intercambio de conocimientos y la participación en redes profesionales relacionadas con la construcción sostenible y el uso de materiales reciclados.

Referencias

- Acero, P., & Clift, R. (2012). Life cycle assessment of recycled concrete: A review of research.
- Berge, B. (2012). Ecology of building materials. Routledge.
- Brown, A., & Clark, B. (2017). Sustainable construction practices: A review of the current literature. *Journal of Sustainable Development*, 10(2), 87-104.
- Brown, A., & Johnson, B. (2018). *Sustainable Construction: Concepts and Practices*. Wiley.
- Chen, C., et al. (2020). *Sustainable Building Design and Construction*. Springer.
- European Commission. (2019). Sustainable urban development. Retrieved from https://ec.europa.eu/regional_policy/en/policy/themes/urban-development/sustainable-urban-development/.
- García, M., & Pérez, J. (2021). *Green Materials for Sustainable Construction*. Elsevier.
- García, R., & Pérez, J. (2019). Recycling of Construction and Demolition Waste for Sustainable Development. *Sustainability*, 11(24), 7072.
- Gómez-Salgado, J., & Martín-Gómez, P. (2018). *Construcción con materiales reciclados: Guía práctica para arquitectos e ingenieros*. Editorial Interamericana.
- Gómez-Salgado, J., Martín-Gómez, P., & Pérez-López, M. (2018). Evaluación de la viabilidad técnica y económica del uso de agregados reciclados de concreto en la construcción de viviendas en Bogotá, Colombia.

González-García, S., & Hernández-López, M. (2016). Análisis de la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de materiales reciclados en la construcción de viviendas en México.

Gupta, R., & Sharma, S. (2019). Environmental Management in Construction Projects. CRC Press.

Gutiérrez, L., & Martínez, E. (2018). Circular Economy in the Construction Industry: A Case Study in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 197, 1685-1693.

Habert, G., & Roussel, L. (2012). Life cycle assessment of building materials: Environmental impacts of 11 European materials. Elsevier.

Jones, D., & Wang, L. (2020). Sustainable Construction: Building Performance Simulation. CRC Press.

Kibert, C. J. (2016). Sustainable construction: Green building design and practice. John Wiley & Sons.

Lee, K., & Kim, S. (2022). Life Cycle Assessment of Sustainable Building Materials. Springer.

McDonough, W., & Braungart, M. (2002). Cradle to cradle: Remaking the way we make things. North Point Press.

Rodríguez, M., & Martínez, E. (2017). Sustainable Architecture: Principles and Practice. Routledge.

Smith, A. B., & Jones, C. D. (2020). Sustainable Construction: Concepts, Strategies, and Case Studies. Routledge.

Smith, J., & Johnson, P. (2019). Sustainable building practices: A global perspective. *International Journal of Sustainable Construction*, 5(1), 23-36.

Smith, P. (2019). Sustainable Construction: Principles and Practice. Wiley.

Taylor, R., & Anderson, S. (2018). Circular economy strategies for sustainable construction: A case study analysis. *Sustainable Development*, 25(4), 312-328.

United Nations Environment Programme. (2020). Sustainable construction. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/regions/asia-and-pacific/regional-initiatives/promoting-sustainable-construction-asia-pacific>

Wang, Y., & Li, X. (2021). Sustainable Construction and Green Building Design. Elsevier.