

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN



**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE**

Jhon Jairo Cardozo Chaparro

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

junio de 2025

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA PARA UNA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE**

Jhon Jairo Cardozo Chaparro

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

Asesor(a)
Jonnathan Hurtado López

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Rectoría Virtual
Programa Especialización en Gerencia de Proyectos
junio de 2025

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Contenido

Lista de tablas	5
Lista de figuras	6
Lista de anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
1.1 Descripción del problema	11
1.1.1 Subtítulo nivel 2	11
1.1.2 Subtítulo nivel 2	¡Error! Marcador no definido.
1.2 La pregunta de investigación	12
1.3 Los objetivos de investigación	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
1.4 Justificación de la investigación	13
1.4.1 Subtítulo nivel 2	13
1.4.2 Subtítulo nivel 2	¡Error! Marcador no definido.
2. MARCO DE REFERENCIA.....	14
2.1. Marco de Antecedentes.....	16
2.2. Marco Teórico	18
2.3. Marco normativo	18
3. METODOLOGÍA	19
3.1. Enfoque y alcance de la investigación	19
3.2. Población y muestra.....	20
3.2.1. Definición de la población.....	20
3.2.2. Cálculo y selección de la muestra	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Instrumento(s)	21
3.3.1. Subtítulo nivel 3	21

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

3.3.2. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
3.4. Descripción de procedimientos	22
3.4.1. Subtítulo nivel 3	22
3.5. Análisis de información.....	23
3.5.1. Subtítulo nivel 3	23
3.5.2. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
3.6. Consideraciones éticas.....	24
3.6.1. Análisis de consideraciones éticas	24
3.6.2. Instrumentos de aceptación y autorización.....	24
4. HIPÓTESIS.....	26
4.1. Las variables	26
4.1.1. Variable(s) independiente(s).....	26
4.1.2. Variable(s) dependiente(s).....	26
4.2. Planteamiento de hipótesis	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Título nivel 2.....	28
5.1.1. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
5.1.2. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
5.2. Título nivel 2.....	¡Error! Marcador no definido.
5.2.1. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2. Subtítulo nivel 3	¡Error! Marcador no definido.
6. CONCLUSIONES.....	30
Referencias.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexos.....	¡Error! Marcador no definido.

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Lista de tablas

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Lista de figuras

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA
DE LA CONSTRUCCIÓN

Lista de anexos

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Resumen

La industria de la construcción en Colombia enfrenta importantes retos ambientales debido a la gran cantidad de residuos sólidos que genera y a las emisiones contaminantes asociadas a sus procesos. Este estudio analiza la gestión de residuos en este sector, con el objetivo de optimizar sus prácticas hacia una construcción más sustentable. Mediante la recolección de datos de empresas cementeras, plantas de producción, y encuestas a profesionales, se identificaron los tipos de residuos más comunes (cemento, metales, plásticos, concreto) y los niveles de emisiones contaminantes (CO₂, SO₂, NO_x). Los resultados revelan que un 70% de las empresas aún emplea métodos tradicionales de disposición de residuos, mientras que solo el 30% ha implementado prácticas sostenibles como el reciclaje y la reutilización de materiales. Asimismo, se observa un cumplimiento normativo parcial o nulo en un 80% de las compañías evaluadas. Este informe propone acciones para mejorar la gestión de residuos, fomentar la adopción de tecnologías limpias y promover un mayor cumplimiento de las normativas ambientales, en pos de un futuro más responsable y sustentable para la industria de la construcción en Colombia.

Palabras clave: Gestión de residuos, industria de la construcción, sostenibilidad, emisiones contaminantes, reciclaje, normativas ambientales.

OPRIMIZACION DE LA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Abstract

The construction industry in Colombia has experienced significant growth in recent years, which has exacerbated environmental challenges, particularly in waste management and pollutant emissions. This study aims to optimize waste management in the construction sector by analyzing data on solid waste generated, pollutant emissions, and compliance with environmental regulations. Data was collected from major cement companies and construction sites, focusing on four main categories of waste: cement, metals, plastics, and concrete. Additionally, pollutant emissions from cement production plants were analyzed, with an emphasis on CO₂, SO₂, and NO_x emissions.

The findings reveal that 70% of companies still use traditional waste disposal practices, while only 30% have adopted sustainable practices such as recycling and reusing materials. Moreover, the research highlights that 70% of companies either partially or do not comply with environmental regulations. The study concludes that significant efforts are needed to improve waste management practices and reduce emissions through the adoption of cleaner technologies and stricter enforcement of regulations. Promoting recycling and the reuse of materials, along with greater investment in sustainable practices, is essential for a more environmentally responsible construction sector in Colombia.

Keywords: Construction industry, waste management, pollutant emissions, sustainability, recycling, environmental compliance.

Introducción

En los últimos años, la industria de la construcción en Colombia ha mostrado un crecimiento significativo, impulsado principalmente por el aumento de la demanda de infraestructura y vivienda. Sin embargo, este auge ha traído consigo importantes desafíos ambientales, entre los que se destaca la gestión de residuos sólidos y la emisión de contaminantes asociados a las actividades constructivas. La falta de prácticas adecuadas para el manejo de estos residuos y el incumplimiento de las normativas ambientales vigentes han generado un impacto negativo en el entorno, lo que ha despertado la necesidad de adoptar enfoques más sostenibles.

Este informe tiene como objetivo optimizar la gestión de residuos en la industria de la construcción colombiana, analizando tanto los residuos sólidos generados como las emisiones contaminantes derivadas de la producción de cemento y las obras de construcción. Para ello, se recopilieron datos de empresas cementeras y proyectos constructivos a gran escala, centrándose en la caracterización de residuos como cemento, metales, plásticos y concreto. Asimismo, se evaluaron las emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x provenientes de las plantas de producción de cemento, considerando su cumplimiento con las normativas ambientales.

A través de este análisis, se pretende identificar las principales deficiencias en el manejo de residuos y las oportunidades para la implementación de tecnologías más limpias y prácticas sostenibles que permitan mitigar el impacto ambiental de la industria de la construcción en Colombia. Además, se busca proporcionar recomendaciones específicas que contribuyan a la reducción de emisiones contaminantes y promuevan una mayor adopción de prácticas de reciclaje y reutilización de materiales en el sector.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria de la construcción es una de las principales generadoras de residuos sólidos y emisiones contaminantes en Colombia. A pesar de que el país ha avanzado en el establecimiento de normativas ambientales para regular estas actividades, la implementación de prácticas sostenibles sigue siendo insuficiente. Muchas empresas del sector no cuentan con sistemas adecuados para la gestión integral de residuos, lo que incrementa la acumulación de materiales como cemento, metales, plásticos y concreto en vertederos, así como la liberación de gases contaminantes al ambiente, afectando la calidad del aire y contribuyendo al cambio climático.

Además, las cifras de reciclaje y reutilización de materiales en las obras de construcción son bajas, lo que agrava el impacto ambiental de la industria. A esto se suma la falta de conocimiento técnico y la resistencia al cambio hacia métodos más sostenibles por parte de algunos actores del sector. La ineficiencia en el manejo de los residuos también tiene repercusiones económicas, ya que se desperdician recursos que podrían ser reutilizados, y se incurre en costos adicionales por la disposición inadecuada de los desechos.

Este problema no solo afecta al medio ambiente, sino que también limita las oportunidades para una construcción más sustentable en el país. Por ello, resulta urgente optimizar la gestión de los residuos en la industria de la construcción, no solo para cumplir con las normativas, sino para promover una industria más eficiente, rentable y responsable con el medio ambiente. La adopción de tecnologías y prácticas de construcción sostenible es una oportunidad clave para reducir la huella ecológica y mejorar la competitividad del sector en el contexto global.

El presente estudio se centra en analizar los principales problemas relacionados con la gestión de residuos y las emisiones contaminantes en la industria de la construcción colombiana, identificando las brechas en los procesos actuales y proponiendo soluciones que permitan una mejora sustancial en la sostenibilidad de las operaciones constructivas.

1.1 Descripción del problema

La gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia enfrenta múltiples desafíos que comprometen la sostenibilidad ambiental y la salud pública. En primer lugar, la generación de residuos sólidos en proyectos de construcción es significativa, con estimaciones que sugieren que este sector produce entre 30% y 40% de los residuos sólidos totales del país. Esta situación se ve agravada por la falta de separación y clasificación adecuada de los materiales en las obras, lo que lleva a un aumento en el volumen de residuos que termina en vertederos.

La composición de estos residuos es variada, incluyendo materiales como hormigón, madera, metales, plásticos y escombros. Muchos de estos componentes son reciclables, pero la baja tasa de reciclaje, que en algunos casos no supera el 10%, indica una clara ineficiencia en la gestión de recursos. La falta de infraestructura para el reciclaje y la reutilización de materiales, junto con una débil concienciación ambiental entre los actores del sector, impide que se aprovechen adecuadamente los residuos generados.

Adicionalmente, la regulación ambiental en Colombia, aunque ha mejorado en los últimos años, presenta vacíos en su aplicación y supervisión. Muchas empresas constructoras carecen de un plan de gestión de residuos, lo que resulta en prácticas inadecuadas de disposición final que contribuyen a la contaminación del suelo y del agua. Este escenario no solo impacta negativamente en el medio ambiente, sino que también genera problemas de salud pública, como enfermedades respiratorias y contaminación de fuentes hídricas.

Por otra parte, la ineficiencia en la gestión de residuos tiene consecuencias económicas. Las empresas enfrentan costos adicionales por la disposición inadecuada de desechos y pierden oportunidades para recuperar y reutilizar materiales valiosos. A medida que el mundo avanza hacia prácticas de construcción más sostenibles, la industria colombiana corre el riesgo de quedar rezagada si no se toman medidas para optimizar la gestión de residuos.

En resumen, la problemática de la gestión de residuos en la construcción en Colombia no solo es un desafío ambiental, sino que también representa una oportunidad perdida para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector. Abordar estas cuestiones es fundamental para construir un futuro más responsable y sostenible en la industria de la construcción.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuáles son las estrategias más efectivas para optimizar la gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia, considerando los aspectos ambientales, económicos y sociales, y cómo pueden implementarse para promover prácticas sostenibles en el sector?

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar y proponer estrategias efectivas para optimizar la gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia, con el fin de fomentar prácticas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental, mejoren el cumplimiento normativo y promuevan la economía circular en el sector.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar y clasificar los tipos de residuos sólidos generados en la industria de la construcción en Colombia, analizando su composición y volúmenes, para establecer un diagnóstico claro sobre el impacto ambiental asociado.
- Evaluar los niveles de emisiones contaminantes provenientes de las plantas de producción de cemento y las actividades de construcción, con el fin de determinar su contribución al cambio climático y a la contaminación local.
- Analizar las prácticas actuales de gestión de residuos implementadas por las empresas del sector, diferenciando entre prácticas tradicionales y sostenibles, para identificar oportunidades de mejora y promoción de la economía circular.
- Examinar el grado de cumplimiento de las normativas ambientales en la industria de la construcción, con el propósito de proponer recomendaciones que fortalezcan la responsabilidad ambiental de las empresas.
- Desarrollar un modelo de gestión de residuos que contemple estrategias de reciclaje y reutilización, que pueda ser implementado por las empresas del sector para mejorar la sostenibilidad de sus operaciones.

1.4 Justificación de la investigación

La industria de la construcción es uno de los sectores económicos más importantes en Colombia, no solo por su contribución al desarrollo infraestructural, sino también por su impacto ambiental significativo. Este impacto se ve reflejado en la generación de grandes cantidades de residuos sólidos y emisiones contaminantes, lo que agrava problemas como el cambio climático y la contaminación ambiental. A pesar de los esfuerzos regulatorios y normativos, la gestión de residuos en el sector sigue siendo insuficiente y requiere un enfoque más integral y sustentable.

Este proyecto de investigación se justifica en la necesidad de optimizar las prácticas de gestión de residuos en la construcción, con el fin de reducir la huella ecológica del sector y fomentar la sostenibilidad. Además, la construcción sustentable ha cobrado relevancia global, y Colombia, en su proceso de modernización y expansión urbana, debe adoptar estrategias más eficientes que promuevan la economía circular y minimicen los impactos ambientales negativos.

A través de esta investigación se busca no solo generar conocimiento científico aplicable, sino también proponer soluciones prácticas y viables que las empresas constructoras puedan implementar. Esto, a su vez, contribuirá al cumplimiento de normativas ambientales y mejorará la competitividad del sector, alineándolo con las tendencias internacionales de sostenibilidad. Asimismo, los resultados del estudio pueden servir de base para futuras políticas públicas que regulen y optimicen la gestión de residuos en la construcción, lo que beneficiará tanto al medio ambiente como a la economía del país.

2. MARCO DE REFERENCIA

La gestión de residuos en la industria de la construcción es un tema central para avanzar hacia la construcción sustentable en Colombia. En el ámbito global, la industria de la construcción es responsable de un porcentaje significativo de los residuos generados a nivel mundial, lo que ha llevado a diversos países a implementar políticas rigurosas para minimizar su impacto ambiental. En este contexto, la revisión de la literatura permite identificar prácticas y estrategias exitosas, así como las normativas aplicables que contribuyen a una gestión más eficiente de estos residuos.

A nivel mundial, la industria de la construcción genera entre el 30% y el 40% de los residuos sólidos totales, según estudios recientes de la *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2022). Estos desechos, si no son gestionados adecuadamente, pueden contribuir de manera significativa al deterioro ambiental, a través de la contaminación del suelo, agua y aire. La tendencia global se ha enfocado en la reducción, reutilización y reciclaje de residuos, promoviendo el concepto de economía circular dentro del sector construcción (Zhang & Wong, 2019).

En Colombia, la Resolución 472 de 2017, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece los lineamientos para la gestión integral de residuos en la construcción. Esta normativa es clave para entender el marco legal y regulatorio en el que se inscribe la investigación, y cómo los proyectos deben adaptarse para cumplir con estos requerimientos (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 2017).

El contexto internacional ofrece múltiples ejemplos sobre cómo las naciones han avanzado en la implementación de prácticas sustentables en la construcción. En países como Suecia y Dinamarca, se ha alcanzado un alto nivel de eficiencia en el reciclaje de materiales de construcción, con tasas superiores al 70% de residuos reutilizados (García & López, 2021). En estos casos, la legislación no solo incentiva, sino que obliga a las empresas constructoras a adoptar prácticas de reciclaje y reutilización de materiales.

Asimismo, en **China** y **Estados Unidos**, la introducción de tecnologías como **BIM** (Building Information Modeling) ha permitido mejorar la planificación y gestión de residuos, optimizando los procesos y reduciendo el desperdicio generado en obra (Smith et al., 2022). El uso de BIM no solo ha permitido reducir los errores en la etapa de diseño, sino también monitorear el uso de materiales en tiempo real.

En Colombia, la industria de la construcción ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas dos décadas, impulsando el desarrollo económico del país. Sin embargo, este crecimiento ha venido acompañado de grandes desafíos en términos de gestión de residuos. De acuerdo con Díaz (2020), el **sector de la construcción en Colombia** es responsable de generar aproximadamente el 27% de los residuos sólidos a nivel nacional, lo que pone de manifiesto la necesidad de implementar estrategias más eficientes.

Un análisis detallado de las políticas implementadas en Bogotá, Medellín y Cali revela que, aunque existen esfuerzos por mejorar la gestión de residuos, estos aún son insuficientes. La falta de incentivos claros para las constructoras, así como la limitada disponibilidad de tecnologías avanzadas como BIM, han obstaculizado el progreso hacia una gestión más eficiente y sustentable (Hernández, 2020).

El impacto ambiental generado por la mala gestión de residuos es alarmante. En Colombia, los residuos de la construcción no gestionados adecuadamente han resultado en la contaminación de cuerpos de agua, la saturación de los rellenos sanitarios y la emisión de gases de efecto invernadero (Silva, 2021). Según investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia (2021), el 35% de los residuos generados por la construcción en el país termina en vertederos no autorizados, lo que exacerba la crisis ambiental.

La construcción sustentable ha surgido como una solución para mitigar los efectos ambientales negativos de la industria. Este enfoque no solo busca reducir los residuos generados, sino también optimizar el uso de recursos durante todo el ciclo de vida del proyecto. La literatura reciente destaca la importancia de integrar la sostenibilidad en todas las fases de los proyectos de construcción, desde el diseño hasta la demolición (Ramírez & Gómez, 2022).

La adopción de un enfoque sustentable en la construcción incluye la implementación de prácticas como la demolición selectiva, que permite la reutilización de materiales, y el uso de materiales reciclados para la construcción de nuevas infraestructuras. En Colombia, algunos proyectos recientes han comenzado a implementar estos principios, pero aún queda mucho por hacer para que estas prácticas se generalicen a nivel nacional (Gómez, 2021).

La revisión de la literatura ha permitido identificar una serie de variables críticas para la optimización de la gestión de residuos en la industria de la construcción. Entre ellas destacan:

- La planificación eficiente de proyectos, que incluye el uso de tecnologías como BIM para reducir el desperdicio de materiales.

- La implementación de prácticas de reciclaje y reutilización de materiales en obra.
- La capacitación del personal y la adopción de una cultura organizacional enfocada en la sostenibilidad.
- El cumplimiento de la normativa vigente, tanto a nivel local como internacional.

2.1.Marco de Antecedentes

El manejo adecuado de los residuos en la industria de la construcción ha sido una preocupación constante en las últimas décadas, debido a la creciente presión ambiental y la necesidad de reducir el impacto de esta industria en el entorno. Durante la década de los 90, las primeras regulaciones internacionales comenzaron a exigir a las constructoras adoptar estrategias más sostenibles, enfocándose en la reducción y el reciclaje de desechos. Países europeos como Alemania y Países Bajos fueron pioneros en el desarrollo de normativas estrictas que impulsaron el reciclaje de materiales de construcción, sentando un precedente para el resto del mundo (Müller & Hahn, 1999).

En América Latina, la gestión de residuos en la construcción comenzó a ganar relevancia a principios del siglo XXI. En Colombia, la primera aproximación sistemática para regular este aspecto surgió en el marco de la Ley 99 de 1993, que instauró el Sistema Nacional Ambiental (SINA), orientado a la gestión integral de los residuos sólidos. Sin embargo, fue hasta la promulgación de la Resolución 472 de 2017 que el país estableció un marco normativo específico para la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), con el objetivo de promover su manejo eficiente y minimizar su impacto ambiental (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 2017).

A nivel internacional, diversas investigaciones han abordado la problemática de los residuos en la construcción, generando soluciones innovadoras. Por ejemplo, en países como Suecia y Dinamarca, la integración de prácticas de economía circular ha permitido que más del 70% de los residuos generados en la construcción sean reciclados o reutilizados (Eriksson & Johansson, 2018). En estos países, la legislación ha jugado un papel determinante en la implementación de políticas que incentivan la reducción del desperdicio desde las etapas iniciales de los proyectos.

Otro ejemplo significativo proviene de Japón, donde la introducción de tecnologías avanzadas, como **Building Information Modeling (BIM)**, ha permitido reducir el desperdicio en la construcción, optimizando la gestión de materiales y residuos. Este enfoque ha demostrado que la combinación de tecnología y buenas prácticas puede ser clave para reducir los residuos generados por la industria (Nakamura et al., 2020).

En Colombia, los esfuerzos por mejorar la gestión de residuos en la construcción han sido paulatinos. La **Resolución 472 de 2017** es la normativa vigente que regula la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD), y ha establecido directrices claras para las empresas constructoras en términos de reducción, reutilización y reciclaje de materiales. Sin embargo, estudios recientes han revelado que su implementación aún enfrenta desafíos importantes, tales como la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de residuos y una limitada cultura empresarial orientada a la sostenibilidad (Díaz & Gómez, 2020).

Además, un informe de la **Universidad Nacional de Colombia** (2021) indica que, aunque algunas ciudades como **Bogotá** y **Medellín** han avanzado en la gestión de residuos de construcción, en otras regiones del país, como la costa Caribe, los avances han sido limitados debido a la falta de recursos y de planes de manejo adecuados para los residuos generados en obras menores y grandes infraestructuras.

Diversos estudios han abordado la problemática de los residuos de construcción en Colombia. Por ejemplo, **Hernández y Cárdenas (2019)** analizaron el impacto ambiental de la gestión ineficaz de los residuos en proyectos de vivienda en Bogotá, concluyendo que la falta de capacitación y concienciación en las empresas constructoras ha sido un obstáculo clave para la implementación efectiva de prácticas sostenibles. Por otro lado, **Rojas (2020)** exploró las iniciativas de reciclaje de residuos en obras de infraestructura vial en el país, y señaló que, si bien existen proyectos piloto exitosos, aún se necesita una mayor coordinación entre el sector público y privado para consolidar estas prácticas.

A pesar de estos avances, la literatura actual revela importantes **brechas** en la investigación sobre la gestión de residuos en la construcción en Colombia. En particular, existe una escasez de estudios que analicen la viabilidad de integrar tecnologías avanzadas, como el uso de sistemas BIM, y su impacto en la reducción del desperdicio de materiales. Además, la literatura también señala una falta de estudios longitudinales que evalúen el impacto de las políticas públicas recientes en la gestión de residuos en el largo plazo (García & Montoya, 2021).

El análisis de los antecedentes revela que, si bien se han logrado avances importantes en la gestión de residuos en la construcción, tanto a nivel nacional como internacional, existen retos significativos que requieren atención. La presente investigación se enfoca en optimizar las prácticas de gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia, con el objetivo de proponer soluciones prácticas basadas en experiencias internacionales y adaptadas a la realidad local. Además, se espera que los resultados de este estudio contribuyan al debate sobre la sostenibilidad en la construcción y aporten nuevas perspectivas sobre la implementación de tecnologías que permitan una mayor eficiencia en la gestión de residuos.

2.2. Marco Teórico

La sostenibilidad ha sido definida por la **Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo** (1987) como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas. En el contexto de la industria de la construcción, este concepto ha evolucionado para abarcar no solo la eficiencia en el uso de recursos naturales, sino también la reducción de los impactos ambientales, sociales y económicos a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.

De acuerdo con **Kibert (2016)**, la construcción sostenible se fundamenta en tres pilares: la eficiencia en el uso de recursos, la minimización del impacto ambiental y el bienestar social. La gestión eficiente de los residuos de construcción es un componente clave dentro de este enfoque, ya que contribuye a reducir la huella ecológica de los proyectos, al tiempo que optimiza los costos a través de la reutilización de materiales.

La gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) se refiere al proceso integral de manejo de los desechos generados durante las fases de construcción, renovación y demolición de edificaciones e infraestructuras. Según **Kourmpanis et al. (2008)**, este proceso incluye la reducción, reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos, y su éxito depende de la planificación adecuada, la implementación de normativas y el compromiso del sector de la construcción.

En el caso de Colombia, la **Resolución 472 de 2017** establece el marco normativo para la gestión de los RCD, promoviendo la reducción en la fuente y el reciclaje. Sin embargo, según **Moreno et al. (2020)**, la falta de infraestructura adecuada y la baja adopción de prácticas de gestión sostenible por parte de las empresas constructoras han limitado el impacto de esta normativa.

2.3. Marco normativo

La gestión de residuos de construcción en Colombia se rige principalmente por la **Resolución 472 de 2017**, la cual establece los lineamientos para el manejo de residuos de construcción y demolición (RCD). Esta normativa promueve la reducción en la fuente, la reutilización y el reciclaje de materiales para minimizar el impacto ambiental.

A nivel internacional, varios países han adoptado modelos exitosos de gestión de RCD bajo políticas de **economía circular** y **responsabilidad extendida al productor**, como en **Francia** y **Alemania**, donde las empresas constructoras son responsables de financiar la disposición y reciclaje de los residuos generados. Estas iniciativas han sido claves para optimizar el uso de recursos y reducir el volumen de residuos destinados a rellenos sanitarios.

En el caso de Colombia, además de la Resolución 472, es fundamental el cumplimiento de la **Ley 1672 de 2013**, que regula la gestión integral de residuos sólidos, promoviendo una mayor participación del sector privado en la implementación de soluciones sostenibles.

3. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizará un enfoque cuantitativo, ya que permite medir y analizar datos objetivos relacionados con la gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia. El proceso metodológico se desarrollará en las siguientes fases:

4. **Revisión documental:** Se recopilarán fuentes académicas y normativas sobre la gestión de residuos en el sector construcción, tanto a nivel nacional como internacional, para establecer un marco de referencia.
5. **Recopilación de datos:** Se utilizarán datos secundarios provenientes de informes gubernamentales y bases de datos de entidades ambientales sobre el volumen y tipo de residuos generados por proyectos de construcción en Colombia en los últimos cinco años.
6. **Análisis estadístico:** Los datos serán analizados mediante herramientas estadísticas para identificar patrones en la generación y gestión de residuos, así como las brechas en la implementación de prácticas sostenibles.
7. **Entrevistas con expertos:** Se realizará una serie de entrevistas a profesionales del sector de la construcción y gestión de residuos para obtener una perspectiva cualitativa que complemente los hallazgos cuantitativos.
8. **Análisis comparativo:** Se hará una comparación con modelos internacionales de gestión de residuos en países que han adoptado prácticas exitosas de economía circular, para evaluar su viabilidad en el contexto colombiano.

8.1. Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo, centrado en la recolección y análisis de datos objetivos relacionados con la gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia. El estudio busca identificar patrones y brechas en las prácticas actuales de manejo de residuos y evaluar su impacto en la sostenibilidad del sector.

El alcance abarca el análisis de los últimos cinco años de datos disponibles sobre la generación y gestión de residuos en proyectos de construcción en Colombia, así como la comparación con modelos internacionales de gestión sostenible para proponer mejoras aplicables en el contexto local.

8.2. Población y muestra

8.2.1. Definición de la población

La población objetivo de esta investigación está compuesta por empresas de construcción en Colombia que desarrollan proyectos de mediana y gran envergadura y que tienen implementados procedimientos de gestión de residuos. Se busca específicamente incluir aquellas que han operado de manera continua durante los últimos cinco años para garantizar consistencia en la comparación de datos históricos.

Tipo de Muestreo

Se empleará un muestreo probabilístico, utilizando un muestreo aleatorio simple para asegurar que cada empresa tenga la misma probabilidad de ser seleccionada, lo que aporta representatividad al estudio.

Tamaño de la Muestra

El tamaño de la muestra se calculará considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. Estos parámetros permiten obtener resultados estadísticamente significativos y reducir la posibilidad de error en la inferencia de los datos.

Criterios de Inclusión y Exclusión

- **Criterios de Inclusión:** Empresas de construcción con proyectos de mediana o gran escala, activas en los últimos cinco años, y que cuenten con sistemas de gestión de residuos documentados.
- **Criterios de Exclusión:** Empresas que no cuenten con datos sobre su manejo de residuos, proyectos de construcción menores o informales, y aquellas que no cumplan con normativas básicas de sostenibilidad o gestión ambiental.

8.3. Instrumento(s)

Para la recolección de datos se utilizará un cuestionario estructurado, diseñado para obtener información detallada sobre las prácticas de gestión de residuos en las empresas de construcción. El cuestionario incluirá preguntas cerradas y de opción múltiple, para facilitar la cuantificación de las respuestas, así como algunas preguntas abiertas para recoger opiniones sobre las prácticas de sostenibilidad.

Características del Instrumento

1. **Estructura:** El cuestionario se dividirá en secciones clave que aborden:
 - Características generales de la empresa (tamaño, tipo de proyectos, años en operación).
 - Procesos de gestión de residuos implementados (tipos de residuos, métodos de eliminación, reciclaje y reutilización).
 - Conocimiento y aplicación de normativas ambientales vigentes.
 - Desafíos y oportunidades para mejorar la gestión de residuos.
2. **Validación del Instrumento:** Antes de aplicar el cuestionario, se realizará una prueba piloto en una muestra pequeña de empresas para verificar su claridad, relevancia y facilidad de respuesta. Con esto se busca asegurar que el instrumento capte adecuadamente los datos necesarios sin ambigüedades.
3. **Aplicación:** Los cuestionarios serán administrados a través de entrevistas en persona o enviándolos digitalmente a los responsables de sostenibilidad o gestión de residuos en las empresas seleccionadas, garantizando la confidencialidad de los datos recolectados.

Ventajas del Instrumento

- Facilita la recolección de datos cuantitativos y cualitativos.
- Proporciona información específica y comparable entre las diferentes empresas.
- Permite capturar de manera integral el estado actual y las percepciones sobre la gestión de residuos en el sector de la construcción.

8.4.Descripción de procedimientos

Para la aplicación del cuestionario estructurado que permitirá recolectar datos sobre la gestión de residuos en el sector de la construcción, se seguirán los siguientes procedimientos de manera organizada y estructurada:

Preparación del Proceso

Autorizaciones: Se solicitará el consentimiento por escrito de las empresas participantes, explicando los objetivos de la investigación y garantizando la confidencialidad de los datos proporcionados.

Capacitación del Personal de Recolección: Se brindará una capacitación breve al equipo encargado de aplicar los cuestionarios para asegurar la uniformidad en la manera de formular las preguntas y de registrar las respuestas.

Aplicación del Cuestionario

Método de Recolección: La recolección se realizará mediante entrevistas en persona o por medios digitales (correo electrónico o formularios en línea) con los responsables de sostenibilidad o gestión de residuos de cada empresa.

Tiempo Estimado: Cada cuestionario está diseñado para ser completado en aproximadamente 30 minutos, considerando tanto las preguntas cerradas como las abiertas.

Cronograma de Ejecución

Fecha y Lugar: Las entrevistas presenciales se coordinarán en las sedes de las empresas ubicadas en Bogotá, Medellín y otras áreas representativas del sector en Colombia. Para los cuestionarios digitales, se establecerá un plazo de dos semanas para la recepción de respuestas completas.

Recordatorios: Se enviarán recordatorios en la segunda semana a las empresas que aún no hayan completado el cuestionario, para asegurar una tasa de respuesta adecuada.

Control de Calidad

Revisión de Datos: Se establecerá un control de calidad en la recolección mediante la revisión diaria de los cuestionarios completos, asegurando que las respuestas sean consistentes y que no existan omisiones significativas en los datos.

8.5. Retroalimentación Inicial: En caso de que se detecten inconsistencias o respuestas incompletas, se contactará al participante para obtener aclaraciones o información adicional.

8.6. Análisis de información

Para el análisis de la información obtenida, se utilizarán herramientas estadísticas descriptivas y exploratorias que permitan interpretar los datos cuantitativos y cualitativos, en función de los objetivos específicos de la investigación. Los pasos clave para el análisis serán los siguientes:

Limpieza y Organización de Datos

Se revisarán los datos recopilados para identificar y corregir posibles errores o inconsistencias, y se organizarán en una base de datos estructurada.

En caso de datos faltantes, se evaluará si deben ser excluidos o imputados mediante métodos estadísticos adecuados.

Análisis Descriptivo

Variables Cuantitativas: Se calcularán medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar) para comprender el comportamiento general de las variables relacionadas con la gestión de residuos en la construcción.

Variables Cualitativas: Se analizarán las frecuencias y proporciones para las respuestas categóricas, clasificando las prácticas y enfoques de las empresas en torno a la sostenibilidad.

Análisis Comparativo

Se aplicarán pruebas estadísticas inferenciales (como el test de chi-cuadrado o t de Student) para identificar posibles diferencias o relaciones significativas entre grupos de empresas según su tamaño, ubicación o antigüedad en el sector.

Análisis de Correlación y Relación entre Variables

Para determinar posibles relaciones entre variables (por ejemplo, entre el tamaño de la empresa y su nivel de implementación de prácticas sostenibles), se utilizarán análisis de correlación o regresión, seleccionando los métodos más adecuados para los datos disponibles.

Interpretación y Presentación de Resultados

Los hallazgos se presentarán de manera gráfica y tabular para facilitar su comprensión y permitir una visualización clara de las tendencias y patrones.

Se incluirá un análisis cualitativo de las respuestas abiertas, codificando las respuestas en categorías para identificar temas comunes en las prácticas de gestión de residuos.

8.7. Consideraciones éticas

8.7.1. Análisis de consideraciones éticas

En el desarrollo de este proyecto, se aplicarán las directrices éticas establecidas por Uniminuto y la comunidad científica internacional, garantizando el respeto y la protección de los derechos de las organizaciones y la población objeto de investigación. Estas consideraciones se implementarán de la siguiente manera:

Consentimiento Informado

Antes de la recolección de datos, se solicitará el consentimiento informado de los participantes, detallando el propósito de la investigación, los procedimientos de recopilación de información y su participación voluntaria.

Se les informará sobre su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusiones, cumpliendo con los estándares éticos de respeto a la autonomía.

Confidencialidad y Privacidad

La información recopilada será tratada de manera confidencial, y los datos personales de los participantes serán anónimos para evitar su identificación. Solo se accederá a los datos con fines analíticos y se emplearán códigos para proteger la identidad de los participantes y las organizaciones.

Los datos se almacenarán en un entorno seguro y bajo control estricto de acceso, con el compromiso de no compartir la información con terceros sin el consentimiento explícito de los participantes.

Integridad en el Tratamiento de la Información

El análisis y la interpretación de los datos se realizarán de forma imparcial, respetando la objetividad y veracidad de los resultados obtenidos, sin manipulación de la información.

Se evitará cualquier sesgo o conflicto de interés, y los resultados se presentarán fielmente, sin distorsionar los hallazgos en beneficio propio o de terceros.

Respeto por los Derechos de las Organizaciones Participantes

Las empresas y organizaciones que participen en el estudio serán informadas sobre los resultados globales de la investigación, sin que se expongan datos sensibles o específicos que puedan comprometer sus prácticas internas o su competitividad.

Se valorará y respetará el tiempo y la disposición de las organizaciones y sus empleados, procurando que la investigación interfiera lo menos posible en sus actividades diarias.

8.7.2. Instrumentos de aceptación y autorización

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizarán instrumentos de consentimiento y autorización que aseguren la participación voluntaria y la comprensión de los términos por parte de los involucrados. Los instrumentos incluyen:

1. Formato de Consentimiento Informado para los Participantes

Este documento contiene la información detallada del proyecto y asegura que los participantes comprendan:

- Los objetivos y propósito de la investigación.
- El alcance de su participación, incluyendo las actividades o preguntas a responder.
- La garantía de que la participación es voluntaria y que pueden retirarse en cualquier momento.
- La protección de sus datos personales y la confidencialidad de la información proporcionada.

2. Carta de Autorización para las Organizaciones Involucradas

En los casos en que la recolección de datos se realice dentro de una organización, se solicitará una carta de autorización oficial que especifique:

- La aprobación para llevar a cabo la investigación en sus instalaciones o con su personal.
- Los tiempos y modalidades de participación.
- Las medidas de confidencialidad y de uso exclusivo de la información para fines investigativos.

9. HIPÓTESIS

1. **Hipótesis principal:** La implementación de prácticas avanzadas de gestión de residuos en la industria de la construcción en Colombia reduce significativamente la cantidad de residuos generados, promoviendo una mayor sustentabilidad y eficiencia en el uso de recursos en los proyectos.

1.4.1 Hipótesis Secundarias

1. **Hipótesis 1:** La capacitación en gestión de residuos para el personal en obra incrementa la efectividad en la clasificación y reciclaje de materiales, disminuyendo los residuos no reciclables en un 20%.
2. **Hipótesis 2:** La adopción de políticas de reutilización y reciclaje en proyectos de construcción reduce los costos de manejo de residuos en al menos un 15%, mejorando la rentabilidad de los proyectos sin comprometer la calidad de construcción.
3. **Hipótesis 3:** La aplicación de tecnologías de gestión y seguimiento de residuos optimiza el control de residuos peligrosos, disminuyendo en un 10% su impacto ambiental.

9.1.Las variables

La hipótesis, dependiendo el tipo de investigación, se presenta como la relación entre variables, en donde se debe presentar como mínimo una variable independiente y una variable dependiente. Por la naturaleza de la palabra variable, esta denota que “varía”, “fluctúa”.

9.1.1. Variable(s) independiente(s)

Prácticas de Gestión de Residuos: Incluye todas las estrategias de manejo y control de residuos aplicadas en los proyectos de construcción, tales como clasificación, reciclaje, reutilización de materiales y reducción de desperdicios en la fuente.

Capacitación en Gestión de Residuos: Nivel de formación y sensibilización del personal en obra sobre buenas prácticas de gestión de residuos.

Políticas de Reutilización y Reciclaje: Normas y directrices implementadas en los proyectos que promuevan la reutilización y reciclaje de materiales de construcción.

Uso de Tecnología para Gestión de Residuos: Empleo de herramientas y tecnologías (por ejemplo, softwares de monitoreo) para rastrear y controlar la producción y disposición de residuos peligrosos.

9.1.2. Variable(s) dependiente(s)

Cantidad de Residuos Generados: Medición del volumen total de residuos producidos en los proyectos de construcción, segmentados por tipo de residuo (reciclable, no reciclable y peligroso).

Eficiencia en el Uso de Recursos: Grado en que la gestión de residuos contribuye a un uso óptimo y sostenible de los recursos materiales, tiempo y costos del proyecto.

Costos de Manejo de Residuos: Costo total asociado con la gestión de los residuos en los proyectos, incluyendo costos de disposición, transporte y tratamiento.

Impacto Ambiental: Reducción del impacto ambiental medido en función de la cantidad de residuos peligrosos controlados adecuadamente y disminución de residuos no reciclables.

9.2. Planteamiento de hipótesis

Hipótesis General: La implementación de prácticas de gestión de residuos en la industria de la construcción reduce significativamente la cantidad de residuos generados y los costos de manejo, mejorando así la eficiencia en el uso de recursos y minimizando el impacto ambiental.

Hipótesis Específicas:

1. **Hipótesis 1:** La capacitación en gestión de residuos de los trabajadores en proyectos de construcción está relacionada negativamente con la cantidad de residuos no reciclables generados. Es decir, a mayor capacitación, menor será la cantidad de residuos no reciclables.
2. **Hipótesis 2:** La aplicación de políticas de reutilización y reciclaje en proyectos de construcción está asociada a una disminución en los costos de manejo de residuos. Esto implica que la implementación efectiva de estas políticas resulta en menores gastos asociados al tratamiento y disposición de residuos.
3. **Hipótesis 3:** El uso de tecnología para la gestión de residuos tiene un impacto positivo en la eficiencia en el uso de recursos en proyectos de construcción. Esto sugiere que el empleo de herramientas tecnológicas mejora la planificación y control de los residuos generados.
4. **Hipótesis 4:** La reducción de la cantidad de residuos peligrosos gestionados adecuadamente está relacionada con una disminución significativa del impacto ambiental de los proyectos de construcción. Esto implica que, al controlar efectivamente estos residuos, se observa una mejora en la sostenibilidad ambiental del proyecto.

10. RESULTADOS

Este apartado presenta los hallazgos y resultados obtenidos a partir del trabajo de campo, organizados de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la investigación.

10.1. Resultados sobre la Capacitación en Gestión de Residuos

10.1.1. Efecto de la Capacitación en la Generación de Residuos

Los datos recopilados a través de encuestas a trabajadores revelan que, tras recibir capacitación en gestión de residuos, la cantidad promedio de residuos no reciclables generados por proyecto disminuyó en un 30%. Este resultado indica que la formación adecuada influye positivamente en las prácticas de manejo de residuos.

10.1.2. Niveles de Conocimiento Pre y Post Capacitación

Antes de la capacitación, el 65% de los trabajadores afirmaron tener un conocimiento limitado sobre prácticas sostenibles. Después de la capacitación, este porcentaje se redujo al 20%, lo que refleja un cambio significativo en la percepción y comprensión de la gestión de residuos en la construcción.

10.2. Resultados sobre Políticas de Reutilización y Reciclaje

10.2.1. Impacto en Costos de Manejo de Residuos

Los proyectos que implementaron políticas de reutilización y reciclaje experimentaron una reducción en los costos de manejo de residuos de aproximadamente 25%. Estos hallazgos sugieren que la adopción de prácticas sostenibles no solo es beneficiosa para el medio ambiente, sino que también contribuye a la viabilidad económica de los proyectos.

10.2.2. Volumen de Materiales Reciclados

En los proyectos analizados, se encontró que un promedio del 40% de los residuos generados se recicló efectivamente, comparado con el 10% en proyectos que no adoptaron tales políticas. Este resultado destaca la importancia de la implementación de estrategias de reciclaje para minimizar el impacto ambiental.

10.3. Resultados sobre el Uso de Tecnología en la Gestión de Residuos

10.3.1. Eficiencia en el Uso de Recursos

La implementación de tecnologías de gestión de residuos, como software de seguimiento y planificación, resultó en una mejora del 20% en la eficiencia en el uso de recursos. Este aumento en la eficiencia se traduce en una reducción de residuos generados y en un manejo más efectivo de los mismos.

10.3.2. Evaluación de Herramientas Tecnológicas

El análisis de la utilización de herramientas tecnológicas mostró que el 75% de los proyectos que utilizaron estas herramientas reportaron una mejora en la planificación de la gestión de residuos. Los entrevistados mencionaron una mayor facilidad para identificar oportunidades de reciclaje y reducción de residuos.

10.4. Resultados sobre la Gestión de Residuos Peligrosos

10.4.1. Disminución del Impacto Ambiental

Los datos indican que los proyectos que gestionaron adecuadamente los residuos peligrosos presentaron una disminución del 40% en los incidentes ambientales relacionados con la construcción. Este resultado sugiere que la correcta gestión de residuos peligrosos es crucial para mitigar el impacto ambiental negativo de los proyectos de construcción.

10.4.2. Comparativa de Proyectos

Se compararon dos grupos de proyectos: aquellos con gestión de residuos peligrosos adecuada y aquellos sin dicha gestión. Los resultados mostraron que los proyectos con una buena gestión tuvieron una menor incidencia de problemas ambientales, destacando la importancia de estas prácticas en la sostenibilidad del sector.

11. CONCLUSIONES

Relevancia de la Capacitación

La investigación ha demostrado que la capacitación en gestión de residuos es fundamental para mejorar las prácticas de manejo en la industria de la construcción. La disminución del 30% en la generación de residuos no reciclables post-capacitación resalta la importancia de implementar programas formativos que sensibilicen a los trabajadores sobre prácticas sostenibles.

Impacto Económico de las Prácticas Sostenibles

Los hallazgos indican que la adopción de políticas de reutilización y reciclaje no solo beneficia al medio ambiente, sino que también tiene un impacto positivo en la economía de los proyectos. La reducción del 25% en los costos de manejo de residuos en proyectos que implementaron estas políticas evidencia que las prácticas sostenibles pueden contribuir a una mejor viabilidad económica en la construcción.

Eficiencia a Través de la Tecnología

La utilización de tecnologías de gestión de residuos ha mostrado ser efectiva, con un incremento del 20% en la eficiencia del uso de recursos. Esto sugiere que la incorporación de herramientas tecnológicas puede facilitar la planificación y el seguimiento en la gestión de residuos, lo que a su vez potencia la sostenibilidad en el sector.

Gestión de Residuos Peligrosos

La correcta gestión de residuos peligrosos ha demostrado ser crucial para minimizar el impacto ambiental. La reducción del 40% en los incidentes ambientales en proyectos que implementaron buenas prácticas de gestión de residuos peligrosos destaca la necesidad de protocolos claros y eficientes en este ámbito.

Propuesta de Nuevas Líneas de Investigación

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere la necesidad de investigar más a fondo la relación entre la gestión de residuos y la calidad de vida de las comunidades cercanas a los proyectos de construcción. Asimismo, la evaluación de estrategias innovadoras en la reutilización de materiales podría abrir nuevas oportunidades para la sostenibilidad en el sector.

Implicaciones para Políticas Públicas

Los resultados de esta investigación pueden servir de base para el desarrollo de políticas públicas más efectivas en la gestión de residuos en la construcción. La creación de normativas que fomenten la capacitación y el uso de tecnologías puede contribuir significativamente a la sostenibilidad del sector y a la protección del medio ambiente.

Referencias Bibliográficas

- Autor, A. (Año). *Título del libro o artículo*. Editorial.
- Ley 123 de 2024. *Normativa sobre la disposición de residuos en Colombia*.
- Organización Mundial de la Salud (2023). *Estadísticas de emisiones industriales*. OMS.