



Gestión de materiales en construcción de vivienda mediante tecnologías emergentes: Propuesta metodológica para Colombia basada en revisión sistemática (2014-2024)

Pedro Luis Villamil Roa

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano
Maestría en Gerencia de
Proyectos
Bogotá D.C., Colombia
2025

Índice

RESUMEN.....	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
OBJETIVOS	9
JUSTIFICACIÓN	9
MARCO TEÓRICO	12
1. Gestión de Materiales en la Construcción.....	12
1.1 Definición y Alcance.....	12
1.2 Impacto Económico en Proyectos de Construcción.....	12
1.3 Mejores Prácticas en la Gestión de la Cadena de Suministro	12
1.4 Marco de la Economía Circular en la Construcción.....	13
2. Tecnologías emergentes en el sector de la construcción	13
2.1 Building Information Modeling (BIM)	14
2.2 Inteligencia Artificial (IA)	14
2.3 Internet de las Cosas (IoT)	14
2.4 Software especializado para gestión de materiales.....	15
2.5 Habilidades y competencias en Construction 4.0	15
3. Fundamentos metodológicos para la revisión sistemática con el método PRISMA....	15
3.1 Conceptualización de las Revisiones Sistemáticas	15
3.2 El Método PRISMA.....	16
3.3 Proceso de Búsqueda y Selección	16
3.4 Los Criterios PICO	16
3.5 Síntesis Cualitativa	17
3.6 Análisis Temático (TA)	17
4. Estado del Arte - Contexto del sector construcción en Colombia.....	17
4.1 Estado actual de la adopción tecnológica	17
4.2 Desafíos en la implementación	17
4.3 Productividad del sector.....	18
4.4 Características específicas del mercado local	18
METODOLOGÍA.....	20

CRONOGRAMA	21
GLOSARIO	22
RESULTADOS.....	23
1. Criterios de inclusión y exclusión para la revisión sistemática.	23
2. Revisión sistemática en SCOPUS y EBSCO Host.....	24
2.1 Fuentes de información.....	24
2.2 Estrategia de búsqueda	25
2.3 Proceso de selección	26
2.4 Recolección de datos.....	28
2.5 Evaluación de riesgo de sesgo	28
2.6 Declaración de no conflicto de interés.....	28
2.7 Disponibilidad de datos, código y otros materiales	29
2.8 Disponibilidad de datos, código y otros materiales	29
3. Identificación de las tecnologías emergentes en gestión de materiales de construcción (2014-2024).	36
4. Síntesis Cualitativa.....	45
4.1 Matrices de extractos y codificación	46
4.2 Relaciones temáticas.....	93
4.3 Definición de temas.....	96
5. Recomendaciones y Propuesta Metodológica para la Gestión de Materiales en Construcción mediante Tecnologías Emergentes.....	99
5.1 Recomendaciones para la Integración de Tecnologías Emergentes en la Gestión de Materiales.....	99
5.1.1 <i>Recomendaciones Estratégicas</i>	99
5.1.2 <i>Recomendaciones Técnicas</i>	100
5.1.3 <i>Recomendaciones según Tamaño Empresarial.</i>	101
5.2 Propuesta Metodológica integrando tecnologías emergentes para la gestión de materiales en la construcción de vivienda en Colombia.....	101
5.2.1 <i>Fase de Diagnóstico.</i>	101
5.2.2 <i>Implementación por Niveles.</i>	102
5.2.3 <i>Ruta Básica: Fundamentos BIM e IoT.</i>	104
5.2.4 <i>Ruta Media: Integración IoT.</i>	104
5.2.5 <i>Ruta Avanzada: Optimización de la Cadena de Suministro</i>	104
LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	105

IMPPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA LA PRÁCTICA Y LA INVESTIGACIÓN FUTURA.	105
CONCLUSIONES.....	106
BIBLIOGRAFÍA	108

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 . Árbol de problema para la Gestión ineficiente de materiales de construcción en Colombia. Fuente: Elaboración propia. 2025	10
Ilustración 2 Estructura de desglose de trabajo EDT alineado con los objetivos de la propuesta. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	11
Ilustración 3 . Mapa conceptual del marco teórico. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	19
Ilustración 4 Herramientas de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración Propia. 2025.	21
Ilustración 5 Relaciones de los marcos metodológicos propuestos. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	21
Ilustración 7 Diagrama de flujo adaptado de la declaración PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020).....	27
<i>Ilustración 11. Cantidad de artículos por país de origen de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 8 Identificación de la tecnología BIM como la tecnología más conectada con las demás propuestas y con cercanía conceptual IoT. Fuente: Elaboración propia. 2025.</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 9 Imagen de la cantidad de ocurrencias de cada termino, en Rojo el termino con más apariciones en la bibliografía revisadas. Fuente: Elaboración propia. 2025.....</i>	<i>40</i>
Ilustración 10. Aparición en el tiempo de los términos revisados, en color amarillo lo más reciente 2025 y en azul los más antiguo 2015, es evidente como términos como IA y Torre logística de control aparecen más recientemente y más desconectados del nucleó que es BIM. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	41
<i>Ilustración 12. Cantidad de artículos por país año de publicación de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 13. Aparición de las tecnologías en los artículos revisados. Fuente: Elaboración propia. 2025.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 14. Cantidad de artículos por país año de publicación de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 15. Nubes de palabras para ilustrar visualmente la frecuencia y relevancia de los conceptos clave identificados en el análisis temático desde la perspectiva de costos y la productividad. El tamaño de cada término refleja su frecuencia de aparición en los extractos codificados, facilitando la identificación de patrones y relaciones conceptuales que apoyan la formulación y delimitación de los temas principales. Fuente: Elaboración propia. 2025</i>	<i>94</i>
<i>Ilustración 16. Nubes de palabras para ilustrar visualmente la frecuencia y relevancia de los conceptos clave identificados en el análisis temático desde la perspectiva de Sostenibilidad y la Adaptabilidad. El tamaño de cada término refleja su frecuencia de aparición en los extractos codificados, facilitando la identificación de patrones y relaciones conceptuales que</i>	

<i>apoyan la formulación y delimitación de los temas principales. Fuente: Elaboración propia. 2025</i>	95
<i>Ilustración 17. Representación visual de las relaciones temáticas identificadas en el análisis cualitativo de los extractos, estructurada en cuatro perspectivas principales: adaptabilidad, sostenibilidad, productividad y costos. Las nubes de palabras representadas en cada cuadrante ilustran los conceptos clave y su frecuencia en los extractos codificados. Las líneas punteadas rojas en la imagen ilustran las interconexiones entre las diferentes perspectivas, destacando el papel central de BIM como tecnología articuladora en la gestión de materiales de construcción.</i>	97
<i>Ilustración 18. Rutas de integración según el diagnóstico de madurez de adopción tecnológica. Fuente: Elaboración Propia.2025.</i>	102

Lista de Tablas

Tabla 1. Comparación de índice ITECI de Colombia con México, España y Alemania. Tomado de “Proyecto de Investigación del Sector de la Construcción de Edificaciones en Colombia” (CAMACOL,2024)	8
Tabla 2 Definición de los criterios PICO de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	23
Tabla 3. Descripción de los criterios de inclusión de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia.2025.	23
Tabla 4. Descripción de los criterios de exclusión de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.....	24
Tabla 5. Resultados de las ecuaciones de búsqueda en las dos bases de datos seleccionadas: Scopus y EBSCO Host. Fuente: Elaboración propia.2025.	26
Tabla 6 Lista de verificación de adopción de la Metodología PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020).....	35
Tabla 7 Lista de verificación para la elaboración del resumen de una revisión sistemática según PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020)	36
Tabla 8 Matriz de identificación de tecnologías según la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.....	43
Tabla 9 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de Costos para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.....	58
Tabla 10 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de Productividad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.....	77
Tabla 11 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de sostenibilidad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.....	78
Tabla 12 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de adaptabilidad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.....	93
Tabla 13 Modelo propuesto para la evaluación de madurez tecnológica para cada una de las tecnologías propuestas. Fuente: Elaboración Propia. 2025	100
Tabla 14 Aplicación de las tecnologías BIM, IoT y BLockchain según la ruta de integración identificada. Fuente: Elaboración Propia. 2025	104

RESUMEN

La gestión de materiales representa entre 60-70% del costo total en proyectos de construcción de vivienda, siendo un componente crítico para la viabilidad y rentabilidad de los proyectos constructivos. El sector construcción colombiano evidencia un rezago tecnológico significativo, con un índice ITECI (índice tecnológico internacional) de apenas 10.77% frente al 77.23% de Alemania o al 21.23% de México, y un alto índice de resistencia al cambio tecnológico (IRCAT) de 80.89%.

Esta revisión sistemática tiene como objetivo desarrollar una propuesta metodológica que integre tecnologías emergentes para la gestión de materiales en proyectos de construcción de vivienda en Colombia, mediante el análisis de literatura publicada entre 2014-2024. La metodología siguió recomendaciones del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), realizando búsquedas en EBSCO Host y Scopus durante marzo 2025, que arrojaron 213 resultados iniciales. La síntesis cualitativa se realizó mediante análisis temático según el método de Braun & Clarke (2016).

Del análisis de 28 artículos que cumplieron los criterios de inclusión, emergió BIM como tecnología central articuladora. La integración BIM-IoT demostró beneficios significativos en costos y productividad, mientras que blockchain evidenció potencial para la sostenibilidad en la cadena de suministro. La propuesta metodológica resultante establece una implementación escalonada (básica, intermedia, avanzada) basada en la madurez tecnológica de las organizaciones, iniciando con BIM como fundamento e integrando progresivamente IoT y blockchain.

Las principales limitaciones de esta investigación incluyen la revisión por un solo investigador, el uso exclusivo de dos bases de datos y la restricción lingüística de la traducción del inglés al español. La investigación fue financiada con recursos propios del autor como proyecto de grado para la Maestría en Gerencia de proyectos.

Palabras clave: BIM, Cadenas de suministro en la construcción, Construcción de vivienda, Gestión de materiales, IoT, logística en la construcción, productividad en construcción, tecnologías emergentes, transformación digital, Trazabilidad de materiales

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de materiales en la construcción de vivienda en Colombia constituye un desafío crítico para el sector, con implicaciones significativas en términos económicos, operativos y de sostenibilidad. Este componente representa entre el 60% y el 70% del costo total de un proyecto (Wang & Wang, 2010, citado en Obregón, 2015; Castillo, 2022), lo que evidencia su impacto determinante en la viabilidad y rentabilidad de los emprendimientos constructivos. Dada esta relevancia económica, la gestión de materiales emerge como el área más estratégica para mejorar la productividad general del sector construcción.

La problemática se agudiza cuando se considera que el sector de la construcción en Colombia presenta un rezago tecnológico significativo. Según CAMACOL (2024), la industria atraviesa una etapa de desarrollo tecnológico comparable a la que los países desarrollados experimentaron hace más de dos décadas, subrayando la urgencia de implementar

soluciones innovadoras. Este rezago se evidencia cuantitativamente en el Índice Tecnológico Internacional (ITECI), donde Colombia registra apenas un 10.77% frente al 77.23% de Alemania, revelando una brecha considerable en la construcción de edificaciones.

Los datos son alarmantes: en 11 de 13 indicadores y 27 de 31 tecnologías evaluadas, menos del 10% de las empresas colombianas han implementado o planean implementar nuevas técnicas, y solo aproximadamente el 3% de las firmas han implementado menos del 50% de las tecnologías analizadas (CAMACOL, 2024). Esta situación ha resultado en niveles históricamente bajos de productividad, generando sobrecostos y desperdicios considerables en el sector (CAMACOL, 2018; Gómez, 2023).

La identificación y evaluación de metodologías y tecnologías emergentes para la gestión de materiales se convierte en un imperativo sectorial, tanto por su potencial para reducir costos directos como por sus beneficios en sostenibilidad, eficiencia operativa y competitividad internacional. Las principales barreras incluyen altos costos de implementación, desconocimiento de beneficios potenciales, falta de continuidad en proyectos tecnológicos y necesidad de desarrollos personalizados para cada organización (CAMACOL, 2018).

Un factor determinante identificado por CAMACOL (2024) es la alta resistencia al cambio tecnológico, medida a través del Índice de Resistencia al Cambio Tecnológico (IRCAT). Colombia registra un IRCAT de 80.89% comparado con apenas 11.77% de Alemania, indicando mayor resistencia y tiempo requerido para la formación tecnológica en el contexto colombiano.

Adicionalmente, el sector enfrenta un déficit significativo de personal con formación técnica y prevalencia de procesos de gestión tradicionales (CAMACOL, 2018), dificultando la adopción de enfoques innovadores. Estos elementos conforman un escenario complejo que demanda análisis sistemático de alternativas tecnológicas y su adaptación al contexto colombiano (CAMACOL, 2024; Cubillos, 2020).

Entre los elementos fundamentales que configuran esta problemática se encuentran:

- La significativa participación económica de los materiales en los proyectos de construcción (60-70% del costo total) (Wang & Wang, 2010, citado en Obregón, 2015; Castillo, 2022)
- El rezago tecnológico del sector construcción en Colombia respecto a países desarrollados, evidenciado en el índice ITECI (10.77% Colombia vs 77.23% Alemania) (CAMACOL, 2024)
- La baja productividad sectorial asociada a métodos tradicionales de gestión (CAMACOL, 2018)
- Las barreras específicas para la implementación de tecnologías emergentes y el alto índice de resistencia al cambio tecnológico (IRCAT de 80.89%) (CAMACOL, 2024)

- Las limitaciones en capacitación técnica del personal del sector (CAMACOL, 2018)
- La necesidad de adaptación de tecnologías emergentes al contexto local (CAMACOL, 2024; Cubillos, 2020)

Considerando que la gestión de materiales representa el componente de mayor impacto económico en los proyectos constructivos, las tecnologías emergentes como IoT, BIM, blockchain, automatización y sistemas inteligentes ofrecen soluciones concretas para las ineficiencias actuales, pero requieren un análisis contextualizado que considere las particularidades del entorno colombiano.

CAMACOL (2024) subraya la necesidad urgente de inversión pública en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) para impulsar la industria y reducir la brecha tecnológica existente. Sin estos esfuerzos, el atraso tecnológico podría continuar afectando la competitividad de las empresas colombianas en el contexto internacional.

A partir del análisis de estos elementos, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos tecnológicos emergentes son más efectivos en términos de costo, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad contextual para incorporar en una propuesta de gestión de materiales en la construcción de vivienda en Colombia, según la literatura publicada entre 2014-2024?

ITECI	
COLOMBIA	10,77%
MÉXICO	21,23%
ESPAÑA	61,35%
ALEMANIA	77,23%

Tabla 1. Comparación de índice ITECI de Colombia con México, España y Alemania. Tomado de “Proyecto de Investigación del Sector de la Construcción de Edificaciones en Colombia” (CAMACOL,2024)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta metodológica que integre tecnologías emergentes para la gestión de materiales para proyectos de construcción de vivienda en Colombia mediante una revisión sistemática de la literatura publicada entre 2014-2024

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1. Identificar las principales tecnologías emergentes utilizadas en la gestión de materiales de construcción a través de una revisión sistemática de la literatura*
- 2. Evaluar la efectividad y el impacto de las diferentes soluciones tecnológicas y metodológicas en términos de costos, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad contextual mediante un análisis cualitativo comparativo de los resultados reportados en la literatura.*
- 3. Desarrollar un conjunto de recomendaciones adaptadas al contexto de la construcción de vivienda en Colombia para la implementación de soluciones de gestión de materiales, considerando las características específicas del sector construcción local.*

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación se justifica por razones técnicas, económicas y sociales fundamentales para el desarrollo sostenible del sector construcción en Colombia. Desde la perspectiva técnica, el desarrollo de una propuesta metodológica integradora es imperativo ante el rezago tecnológico que experimenta el sector, comparable con la situación de países desarrollados hace más de dos décadas (CAMACOL, 2024). Esta brecha requiere intervención urgente para modernizar procesos constructivos mediante la incorporación sistemática de tecnologías emergentes.

Económicamente, la justificación se sustenta en el impacto financiero que representa la gestión de materiales, constituyendo entre el 60% y el 70% del costo total de los proyectos constructivos. Una metodología estructurada optimizará la administración de estos recursos y costos, generando eficiencias significativas en toda la cadena de valor constructiva. La optimización de estos procesos tiene el potencial de transformar la competitividad del sector, actualmente limitada por su baja productividad histórica

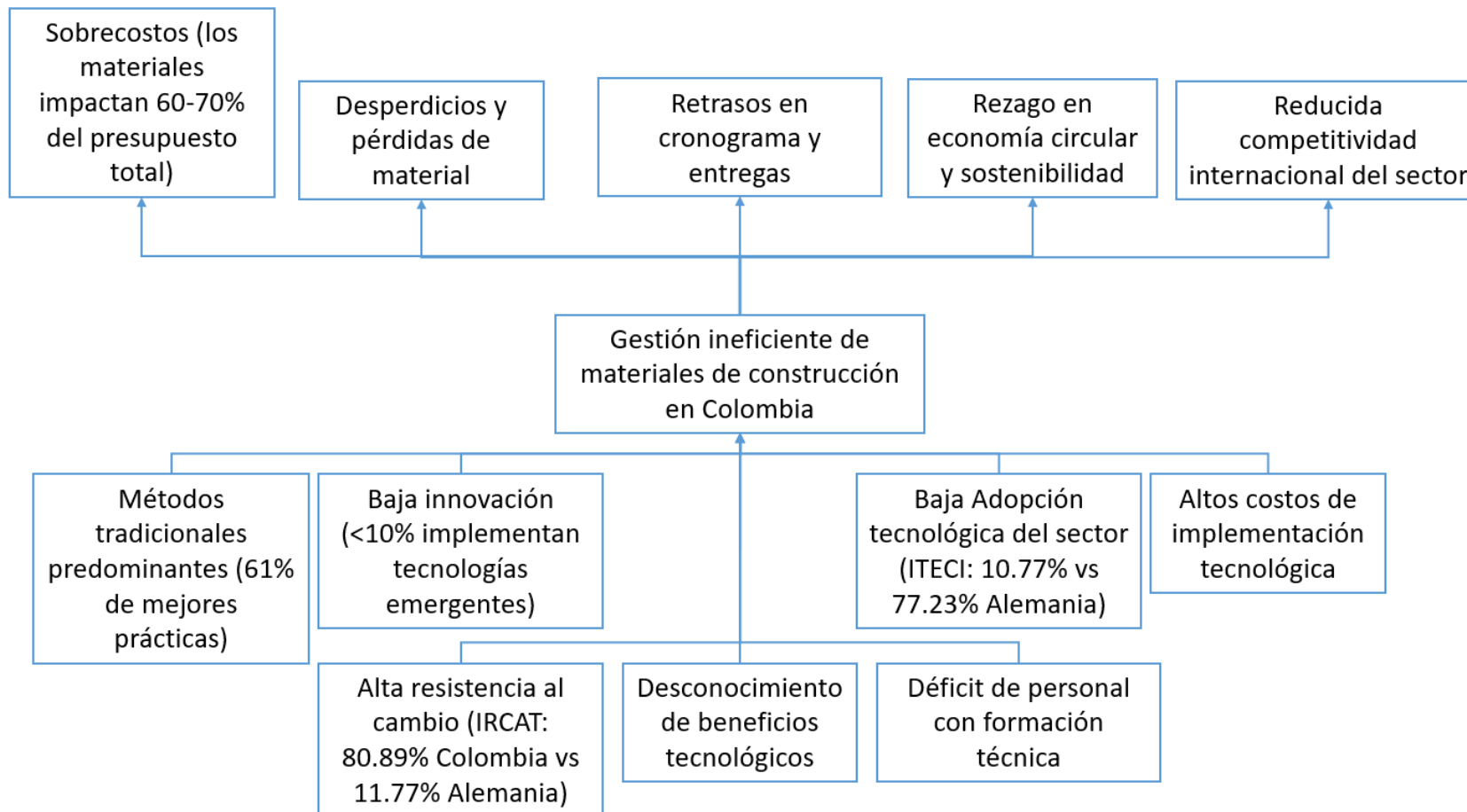


Ilustración 1 . Árbol de problema para la Gestión ineficiente de materiales de construcción en Colombia. Fuente: Elaboración propia.

2025

	Propuesta metodológica para gestión de materiales con tecnologías emergentes en construcción de vivienda en Colombia	
1. Identificación de tecnologías emergentes principales	2. Analisis cualitativo de efectividad de las soluciones identificadas	3. Recomendaciones adaptadas al contexto Colombiano
1.1 Revisión Sistemática	2.3 Analisis de impacto de sostenibilidad	3.1 Mapeo del contexto local
1.2. Análisis de tendencias tecnológicas	2.2 Evaluación de indicadores de productividad	3.2 Identificación de barreras y facilitadores
1.3 Clasificación de tecnologías por tipo	2.1 Analisis comparativo de costos	3.3 Desarrollo de recomendaciones de implementación

Ilustración 2 Estructura de desglose de trabajo EDT alineado con los objetivos de la propuesta. Fuente: Elaboración propia. 2025.

Desde la dimensión social y ambiental, la investigación contribuirá a establecer las bases para una transformación digital alineada con las tendencias globales de construcción sostenible y principios de economía circular. Esta alineación responde directamente a las regulaciones vigentes que enfatizan la sostenibilidad y el uso eficiente de recursos hídricos y energéticos (CAMACOL, 2024), factores críticos para reducir el impacto ambiental del sector y promover prácticas constructivas responsables.

La propuesta metodológica resultante ofrecerá cuatro beneficios concretos:

1. Proporcionará un marco estructurado para la adopción tecnológica, facilitando la transición desde métodos tradicionales;
2. optimizará la gestión de costos y recursos materiales;
3. elevará los estándares de gestión y control, mejorando la competitividad sectorial;
- y
4. establecerá fundamentos para la transformación digital del sector construcción colombiano.

MARCO TEÓRICO

1. Gestión de Materiales en la Construcción

1.1 Definición y Alcance

La gestión de materiales en la construcción abarca la planificación, adquisición, almacenamiento y control de los materiales (Castillo, 2022). Este proceso incluye la identificación, cuantificación, compra, transporte, recepción, almacenamiento y preservación de materiales, equipos e información asociada a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. El objetivo principal es asegurar que la calidad y cantidad correctas de materiales y equipos se obtengan de manera efectiva, a un costo razonable, y estén disponibles cuando se necesiten (Caldas et al., 2015).

1.2 Impacto Económico en Proyectos de Construcción

Los materiales representan una parte significativa del costo total de un proyecto de construcción, a menudo superando el 50% (Wang & Wang, 2010a, como se cita en Castillo, 2022). Una gestión inadecuada de los materiales puede resultar en retrasos en la ejecución, desperdicio excesivo, baja productividad y costos superiores a los previstos, afectando el rendimiento general del proyecto (Obregón, 2015; Castillo, 2022). La disponibilidad de materiales y equipos en el sitio de trabajo cuando se necesitan puede generar ahorros sustanciales en los costos de mano de obra (Kasim, 2008). Un sistema eficiente de gestión y control de materiales puede aumentar la productividad de un proyecto hasta en un 8% (Sanvido et al., 1992, como se cita en Mendoza, 2023).

1.3 Mejores Prácticas en la Gestión de la Cadena de Suministro

Planificación: Es importante planificar el acceso de los materiales al sitio para una logística eficiente. La planificación inadecuada del suministro de materiales puede causar problemas de programación, costos y calidad (Mendoza, 2023). Adquisición: La gestión de compras

juega un papel importante en la gestión logística, garantizando materiales de precio adecuado, buena calidad y cantidad, entregados a tiempo en el sitio de construcción (Wang & Wang, 2010b, como se cita en Obregón, 2015).

Control de Calidad: Es importante la recolección de información sobre la calidad en las etapas de adquisición, supervisión, almacenamiento y consumo, de acuerdo con los estándares de gestión de calidad (Wang et al., 2012, como se cita en Obregón, 2015).

Almacenamiento: Los problemas de adquisición y optimización de costos de almacenamiento están relacionados con el precio de los materiales, el transporte y el almacenamiento (Chen et al., 2008, como se cita en Obregón, 2015). La disponibilidad de espacio es limitada en muchos proyectos, y su utilización debe planificarse cuidadosamente (Said & El-Rayes, 2013, como se cita en Obregón, 2015).

Tecnologías de la Información: La implementación de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) puede mejorar la gestión de materiales, facilitando la planificación, logística y manipulación (Sánchez Duarte, 2008, como se cita en Obregón, 2015). La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que puede utilizarse para el seguimiento de materiales (Ergen & Akinci, 2007, como se cita en Obregón, 2015).

Control de Inventario: El análisis ABC (Macías et al., 2019, como se cita en Castillo, 2022) y el análisis de la Cantidad Económica de Pedido (EOQ) son técnicas de apoyo para el control de inventario (Castillo, 2022).

1.4 Marco de la Economía Circular en la Construcción

La economía circular en la construcción se centra en el uso eficiente de los materiales, incluyendo la recuperación de ecosistemas y el flujo circular de materiales de construcción (Maury-Ramírez et al., 2022). Considera las fases de extracción de materias primas, producción de materiales, construcción, uso y fin del ciclo de vida de edificios e infraestructuras. Propone el uso de residuos de construcción y demolición (RCD) para la producción de agregados reciclados, eco-hormigones, eco-prefabricados y materiales de construcción inteligentes. Fomenta la demolición selectiva o deconstrucción para facilitar la reutilización y el reciclaje de materiales. Considera el uso de la metodología de las 7R (repensar, rediseñar, reutilizar, reparar, remanufacturar, reciclar y recuperar) para la gestión de residuos. Impulsa la modularización y prefabricación como tecnologías que reducen el desperdicio de materiales y facilitan la reutilización de componentes (Cubillos-González & Tiberio Cardoso, 2020).

Es importante señalar que, si bien la industria de la construcción conoce el concepto de gestión de materiales, enfrenta desafíos en su aplicación efectiva, incluyendo aspectos logísticos, organizativos, económicos y factores externos que afectan los proyectos de construcción (Castillo, 2022).

2. Tecnologías emergentes en el sector de la construcción

En Colombia, la productividad en el sector de la construcción ha sido históricamente baja, en parte debido a la limitada adopción de tecnologías especializadas (Camacol, 2018). Sin embargo, tecnologías emergentes como el Building Information Modeling (BIM), la

inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) ofrecen un gran potencial para optimizar los procesos constructivos y reducir los desperdicios (Cuervo, 2020).

2.1 Building Information Modeling (BIM)

El BIM es una de las herramientas digitales fundamentales para el desarrollo de proyectos de construcción (Cuervo, 2020). Desde su inicio, el BIM ha evolucionado hasta convertirse en una herramienta globalizada. En 2016, el Reino Unido hizo obligatoria la implementación del BIM en obras públicas, seguido por España en 2018 (Cuervo, 2020). El BIM facilita la visualización 3D, lo que ayuda a reducir la incertidumbre y los sobrecostos en los proyectos.

Coordinación Interdisciplinaria: El BIM mejora la comunicación entre diseñadores, constructores y clientes, optimizando la coordinación, planeación y monitoreo de la ejecución de proyectos (Cuervo, 2020). Permite la detección temprana de problemas, como intersecciones entre sistemas, evitando maniobras constructivas costosas (Cuervo, 2020).

Generación de Reportes: El BIM puede generar reportes de costos y cantidades de manera casi inmediata, siempre que el modelo se haya concebido cuidadosamente (Cuervo, 2020).

Integración con Otras Tecnologías: El BIM se puede integrar con tecnologías de escaneo láser para la revisión en tiempo real de la ejecución comparada con el modelo de diseño (Cuervo, 2020). Esto permite sobreponer modelos digitales y encontrar discrepancias para tomar decisiones precisas (Cuervo, 2020).

Limitaciones: La transición al BIM requiere capacitación y adaptación, lo que puede ser un desafío para las empresas. Gómez (2023) señala que la baja participación investigativa de América Latina en la implementación de tecnologías como BIM refleja una brecha científica y tecnológica.

2.2 Inteligencia Artificial (IA)

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa en la gestión de proyectos de construcción, facilitando tareas complejas y optimizando la toma de decisiones (Cuervo, 2020). Los algoritmos de IA, basados en la teoría de grafos, han permitido calcular redes CPM, MPM y PERT, mejorando la gestión de proyectos (Cuervo, 2020).

Aplicaciones de la IA: La IA facilita la coordinación técnica de diseños interdisciplinarios, la evaluación de cantidades y costos, la gestión de seguridad industrial y la generación de información visual 3D (Cuervo, 2020).

Redes Neuronales: Las redes neuronales permiten un análisis más profundo de los datos, considerando factores como tiempos de ejecución, disponibilidad de materiales y mano de obra (Cuervo, 2020).

Aprendizaje Automático (Machine Learning): El Machine Learning permite predecir necesidades del proyecto basándose en información previa, como materiales, costos y mano de obra (Cuervo, 2020). Además, puede sugerir la implementación de nuevos materiales con mejores prestaciones (Cuervo, 2020).

Desafíos: La implementación de la IA enfrenta retos como la singularidad de cada proyecto y la dificultad de estandarizar soluciones (Cuervo, 2020). Sin embargo, el fraccionamiento del análisis y la identificación de correlaciones lineales entre actividades pueden mejorar la efectividad de la IA (Cuervo, 2020).

2.3 Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) está transformando la manera de construir mediante la instalación de sensores, controladores y dispositivos electrónicos que generan una interfaz libre de humanos, conocida como Construcción 4.0 (Cuervo, 2020).

Aplicaciones del IoT: El IoT facilita la gestión de materiales mediante la identificación por radiofrecuencia (RFID), que permite el seguimiento y rastreo efectivo de materiales en tiempo real (Castillo, 2022). Esta tecnología ayuda a reducir los retrasos y los costos laborales adicionales (Castillo, 2022). Gestión de Espacios: El IoT optimiza el uso de los espacios dentro de la obra, lo cual es crucial en proyectos con limitaciones de espacio (Cuervo, 2020). Limitaciones: La implementación del IoT requiere una infraestructura de telecomunicaciones avanzada (Cuervo, 2020).

2.4 Software especializado para gestión de materiales

El software especializado para la gestión de materiales es crucial para optimizar los procesos de adquisición, almacenamiento y control de inventario (Obregón, 2015). Estos sistemas permiten a las empresas conocer el estado de la producción, las ventas, los clientes, los pedidos, los ingresos y los gastos en el inventario (Obregón, 2015).

Estructura Browser/Server (B/S): Los sistemas B/S facilitan la gestión de la información en línea y el inventario minucioso de los bienes (Obregón, 2015). Ofrecen ventajas como la clasificación fácil de los bienes y unidades de entrada, funciones de gran alcance, buena expansibilidad y facilidad de manejo (Obregón, 2015). Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC): Las TIC facilitan y mejoran la gestión de materiales, la planificación, la logística y la manipulación de materiales (Obregón, 2015). Sin embargo, muchas empresas aún utilizan hojas de cálculo Excel y hojas de registro manuales para el control de residuos y el balance de la gestión de materiales (Obregón, 2015). Marcación de Materiales: Realizar una marcación a los materiales de construcción permite tener presente en qué momento ingresó el material a la obra, sus características, cómo fue su manipulación y cuánto tiempo después de ingresar fue parte del proceso constructivo (Obregón, 2015). Castillo (2022) destaca la importancia de la gestión de materiales para reducir costos y optimizar procesos constructivos.

2.5 Habilidades y competencias en Construction 4.0

Souza (2023) destaca que la implementación de estas tecnologías requiere el desarrollo de habilidades tanto técnicas (hard skills) como personales (soft skills). La alfabetización digital emerge como una habilidad esencial en todas las áreas de la industria (Souza, 2023).

En resumen, la adopción de estas tecnologías emergentes en la gestión de materiales ofrece un potencial significativo para mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar los desperdicios en la construcción de vivienda en Colombia. Gómez (2023) subraya la necesidad de que las empresas de construcción se adapten a las nuevas tecnologías para seguir siendo competitivas.

3. Fundamentos metodológicos para la revisión sistemática con el método PRISMA

3.1 Conceptualización de las Revisiones Sistemáticas

Las revisiones sistemáticas constituyen herramientas fundamentales para sintetizar el conocimiento existente, identificar prioridades investigativas y abordar preguntas complejas que estudios individuales no pueden resolver (Page et al., 2021). La rigurosidad metodológica y la transparencia son elementos esenciales para garantizar su validez y utilidad.

3.2 El Método PRISMA

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) establece una guía fundamental para la publicación de revisiones sistemáticas, promoviendo la transparencia y exhaustividad en la presentación de informes. La declaración PRISMA 2020 proporciona una estructura detallada para documentar el proceso de revisión (Page et al., 2021).

Los componentes esenciales de PRISMA incluyen:

- Criterios de elegibilidad predefinidos
- Estrategias exhaustivas de búsqueda de información
- Proceso de selección con múltiples revisores independientes
- Métodos estandarizados para la extracción de datos
- Protocolos transparentes para la síntesis de resultados
- Diagrama de flujo que documenta el proceso de selección

3.3 Proceso de Búsqueda y Selección

La identificación exhaustiva de estudios relevantes requiere estrategias de búsqueda rigurosas y documentadas. La transparencia en este proceso implica presentar las estrategias completas para cada base de datos, incluyendo filtros y criterios de selección (Page et al., 2021).

3.4 Los Criterios PICO

El modelo PICO, introducido por Richardson et al. (1995), proporciona un marco estructurado para seleccionar literatura en revisiones sistemáticas y establecer criterios de selección bibliográfica. Este enfoque metodológico se descompone en cuatro elementos fundamentales:

- **Población (P):** Define el grupo objetivo del estudio.
- **Intervención (I):** Especifica la intervención o exposición a evaluar.
- **Comparación (C):** Establece el punto de referencia o alternativa contra la cual se compara la intervención.
- **Resultados (O - Outcomes):** Define los resultados o desenlaces de interés.

La aplicación de estos criterios asegura una selección rigurosa y sistemática de la literatura relevante, fundamental para abordar los objetivos de investigación planteados.

3.5 Síntesis Cualitativa

La síntesis cualitativa integra hallazgos de múltiples estudios para generar una comprensión profunda del fenómeno estudiado (Page et al., 2021). Este proceso incluye la meta-etnografía, meta-síntesis y *análisis temático (Usado en como método en el presente trabajo)*, priorizando la transparencia metodológica y la evaluación rigurosa de la calidad de los estudios.

3.6 Análisis Temático (TA)

El Análisis Temático representa un método flexible para identificar y analizar patrones significativos en datos cualitativos (Braun et al., 2016). Este método puede aplicarse tanto desde enfoques semánticos, centrados en significados explícitos, como desde perspectivas latentes que exploran ideas subyacentes.

El proceso del TA comprende:

- Familiarización con los datos
- Codificación sistemática
- Desarrollo y agrupación de temas
- Revisión y verificación
- Definición y nomenclatura
- Elaboración del informe analítico

4. Estado del Arte - Contexto del sector construcción en Colombia

4.1 Estado actual de la adopción tecnológica

El sector de la construcción en Colombia experimenta un retraso tecnológico significativo en comparación con estándares internacionales. Según estudios recientes de CAMACOL (2024), el sector atraviesa una etapa de desarrollo tecnológico comparable a la que los países desarrollados experimentaron hace más de dos décadas. Esta brecha se evidencia en diversos indicadores: solo el 61% de las empresas implementa buenas prácticas en contratación, gestión de cadena de suministro y adopción tecnológica, frente al 74% del referente internacional. En el ámbito de la gestión de materiales, apenas el 10% de las empresas utiliza software especializado, prevaleciendo el uso de métodos tradicionales y hojas de cálculo (Espinal, 2020).

Un indicador particularmente revelador es el Índice Tecnológico Internacional (ITECI), donde Colombia registra un 10.77% frente al 77.23% de Alemania, evidenciando una brecha tecnológica considerable. Este rezago se extiende al conocimiento de tecnologías emergentes (CAMACOL, 2024).

4.2 Desafíos en la implementación

La implementación de nuevas tecnologías en el sector enfrenta múltiples obstáculos. Espinal (2020) identifica como principales barreras:

- Altos costos de implementación y mantenimiento
- Desconocimiento de beneficios potenciales
- Falta de continuidad en proyectos tecnológicos
- Necesidad de desarrollos personalizados para cada organización

Estos desafíos se agravan por deficiencias en estrategias de implementación, gestión de cronogramas, planeación de infraestructura TI y definición de objetivos.

4.3 Productividad del sector

La predominancia de métodos tradicionales ha resultado en niveles históricamente bajos de productividad, generando sobrecostos y desperdicios considerables. Para superar esta situación, se propone la adopción del enfoque "Construcción 4.0", que integra tecnologías avanzadas en los procesos industriales. Las áreas prioritarias de mejora incluyen digitalización, implementación tecnológica, articulación de la cadena de suministro y formación del capital humano (CAMACOL, 2018; Gómez, 2023).

4.4 Características específicas del mercado local

El sector construcción en Colombia se distingue por su papel dinamizador en la economía, tanto en producción como en generación de empleo. Las regulaciones actuales enfatizan la construcción sostenible, particularmente en el uso eficiente de recursos hídricos y energéticos (CAMACOL, 2024; Cubillos, 2020). Sin embargo, el sector enfrenta limitaciones significativas como el déficit de personal con formación técnica y la prevalencia de procesos de gestión tradicionales (CAMACOL, 2018).

Este panorama, aunque desafiante, presenta oportunidades significativas para la modernización del sector a través de la implementación de estrategias "Construcción 4.0", el desarrollo de capacidades técnicas y la adaptación de tecnologías al contexto local. La transformación requerirá abordar sistemáticamente los desafíos de costos, conocimiento y personalización para impulsar la modernización y el crecimiento sostenible del sector.

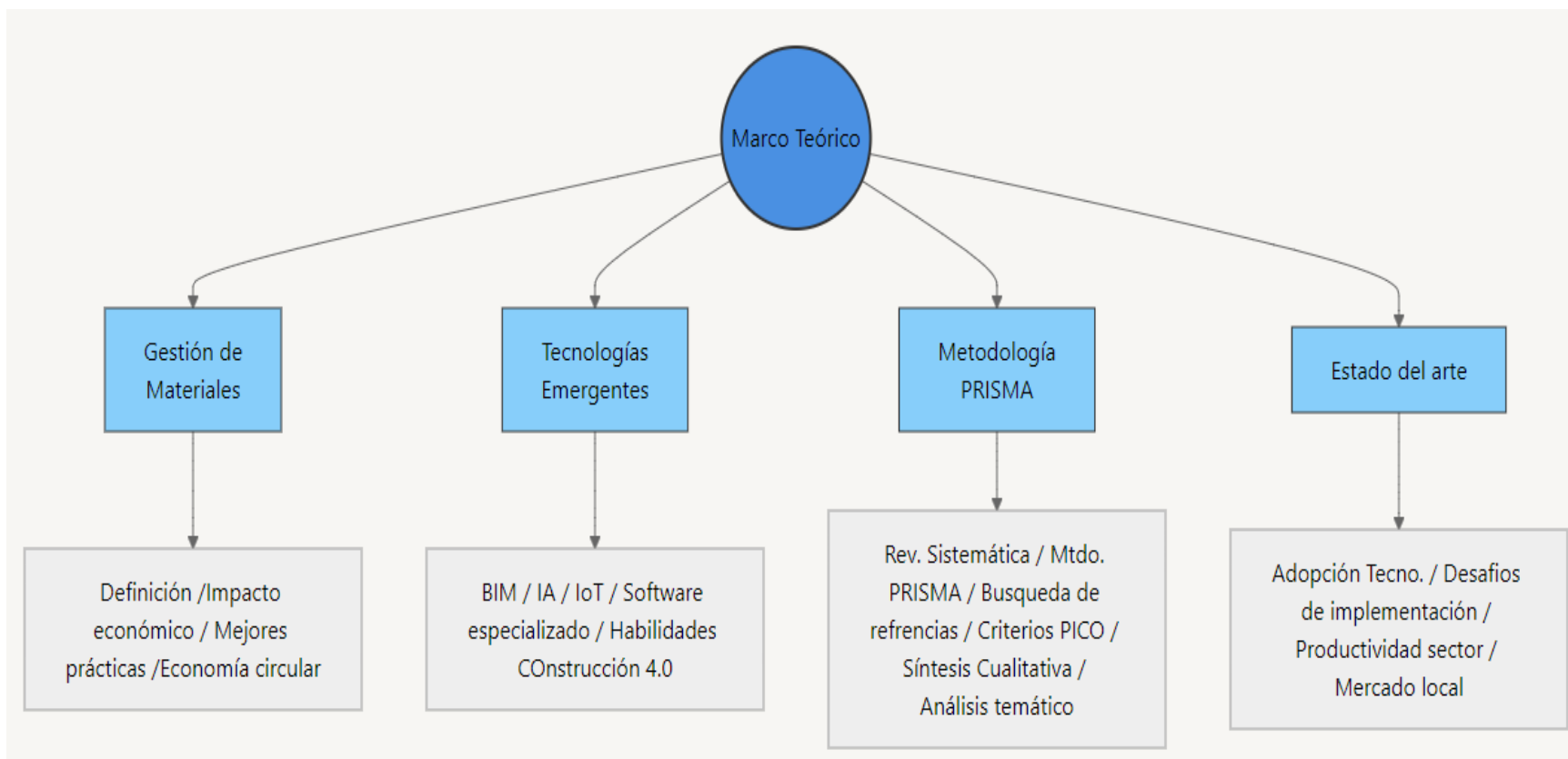


Ilustración 3 . Mapa conceptual del marco teórico. Fuente: Elaboración propia. 2025.

METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se fundamentó en una revisión sistemática de literatura teniendo en cuenta el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews), adoptando las directrices actualizadas de Page et al. (2021). Este marco metodológico, reconocido internacionalmente por su adaptabilidad a revisiones cualitativas, proporciona 27 ítems esenciales que garantizan la transparencia y reproducibilidad del proceso investigativo.

El proceso metodológico se estructura en cuatro fases principales. La primera fase, con una duración estimada de dos semanas, se centra en la búsqueda y selección de literatura, fundamentada en el marco PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) formulado por Richardson et al en 1995. Este marco delimita la población de estudio a:

- **Población (P):** Define el grupo objetivo del estudio. En el contexto de esta investigación, corresponde a los proyectos de construcción civil con énfasis en mercados emergentes.
- **Intervención (I):** Especifica la intervención o exposición a evaluar. Para este estudio, se refiere a las tecnologías emergentes y metodologías para la gestión de materiales.
- **Comparación (C):** Comparaciones entre diferentes enfoques de gestión;
- **Resultados (O - Outcomes):** en términos de costos, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad contextual.

La búsqueda sistemática se realizó en las bases de datos EBSCO Host y Scopus abarcando publicaciones del período 2014-2024, siguiendo los criterios de inclusión/exclusión establecidos y siguiendo la recomendación de la metodología PRISMA. Cabe mencionar que, para incluir la literatura más actualizada, se consideraron también los artículos publicados hasta marzo de 2025, fecha en que se realizó la consulta.

La segunda fase, programada para tres semanas, comprende el análisis y codificación de la información recopilada. Se desarrollará una matriz de extracción de datos que permitirá evaluar la calidad de los estudios considerando aspectos como la claridad metodológica, transferibilidad y calidad de los resultados reportados, así como su aplicabilidad en diferentes contextos. Esta fase incluirá también una categorización temática exhaustiva de las tecnologías identificadas.

La tercera fase, con una duración de dos semanas, se dedicará a la síntesis cualitativa de la información, empleando el método de análisis temático propuesto por Braun & Clarke (2016). Este proceso incluirá el desarrollo de matrices comparativas, la identificación de patrones y tendencias significativas, y una evaluación rigurosa de la fortaleza de la evidencia encontrada.

La fase final, programada para una semana, se enfocará en la interpretación de los hallazgos y el desarrollo de recomendaciones. Esta etapa culminará con una síntesis narrativa

comprehensiva, la formulación de recomendaciones basadas en evidencia y la identificación de brechas de investigación relevantes para futuros estudios. Para garantizar un manejo eficiente de la información, se utilizarán herramientas especializadas como Excel para el procesamiento de datos y Mendeley para la gestión de referencias bibliográficas.

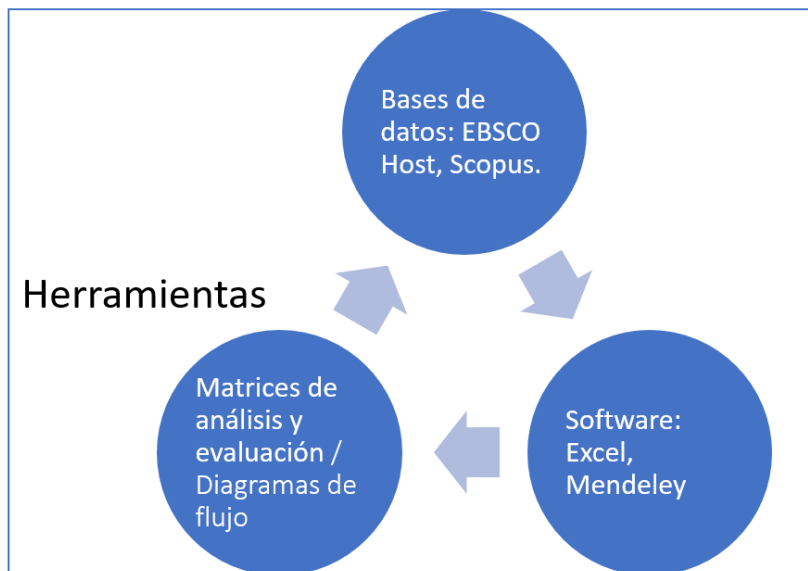


Ilustración 4 Herramientas de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración Propia. 2025.

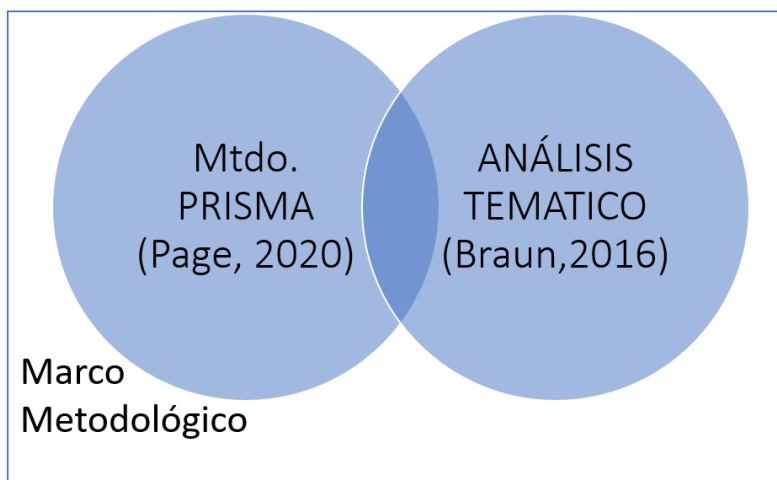


Ilustración 5 Relaciones de los marcos metodológicos propuestos. Fuente: Elaboración propia. 2025.

CRONOGRAMA

En la Ilustración 6 , se presenta el diagrama de Gantt que detalla la planificación temporal de este proyecto de investigación sobre gestión de materiales en construcción. Este cronograma incluye las actividades principales con sus respectivas fechas de inicio y

finalización, contemplando las reuniones programadas con el director Metodológico. La visualización permite identificar la duración de cada etapa y las actividades que se desarrollarán simultáneamente, considerando márgenes de tolerancia para posibles imprevistos.

GLOSARIO

A continuación, se presentan los términos técnicos y siglas utilizadas en el documento con sus respectivas definiciones:

- BIM (Building Information Modeling): Sistema que permite crear y administrar proyectos de construcción a través de modelos digitales tridimensionales durante todo su ciclo de vida (Wikipedia, 2025).
- Blockchain: Tecnología de registro distribuido que mantiene una lista creciente de registros, llamados bloques, que están vinculados y asegurados usando criptografía (Wikipedia, 2025).
- IA (Artificial Intelligence): Inteligencia Artificial, conjunto de técnicas y algoritmos que permiten a las máquinas simular procesos de inteligencia humana, incluyendo el aprendizaje, razonamiento y autocorrección (Wikipedia, 2025),
- IoT (Internet of Things): Red de objetos físicos equipados con sensores, software y otras tecnologías que les permiten conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas a través de Internet (Wikipedia, 2025).
- BLE (Bluetooth Low Energy): Tecnología inalámbrica diseñada para aplicaciones que requieren bajo consumo de energía mientras mantienen un rango de comunicación similar al Bluetooth clásico (Wikipedia, 2025).
- DR (Dead Reckoning): Tecnología de navegación que calcula la posición actual basándose en una posición previamente determinada, velocidad y dirección del movimiento, complementando sistemas GPS (Wikipedia, 2025).
- GIS (Geographic Information System): Sistema diseñado para capturar, almacenar, manipular y analizar todos los tipos de datos geográficos (Wikipedia, 2025).
- GPS (Global Positioning System): Sistema que proporciona servicios de posicionamiento, navegación y cronometría a usuarios a nivel mundial (Wikipedia, 2025).
- ITECI (Índice Tecnológico Internacional): Indicador que mide el nivel de adopción y desarrollo tecnológico en diferentes países o sectores (CAMACOL, 2025).
- IRCAT (Índice de Resistencia al Cambio Tecnológico): Métrica que evalúa el nivel de resistencia a la adopción de nuevas tecnologías en una organización o sector (CAMACOL, 2025).
- Minería de datos: Proceso de descubrir patrones y conocimientos interesantes a partir de grandes cantidades de datos utilizando métodos estadísticos, matemáticos y de inteligencia artificial (Wikipedia, 2025).

- QR (Quick Response Code): Sistema de códigos bidimensionales que almacenan información en una matriz de puntos, permitiendo un rápido acceso a datos a través de dispositivos móviles (Wikipedia, 2025).
- RFID (Radio Frequency Identification): Sistema de almacenamiento y recuperación de datos que usa dispositivos llamados etiquetas RFID para identificación y seguimiento automático (Wikipedia, 2025).
- WSN (Wireless Sensor Network): Red de dispositivos autónomos distribuidos espacialmente que utilizan sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales (Wikipedia, 2025).

RESULTADOS

1. Criterios de inclusión y exclusión para la revisión sistemática.

La selección de referencias bibliográficas para esta revisión sistemática se fundamenta en el modelo PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome) propuesto por Richardson et al. (1995), que proporciona un marco estructurado para la formulación de preguntas de investigación y criterios de selección en revisiones sistemáticas. En la tabla 2 se definen los criterios PICO que definen el alcance de la investigación y en las tablas 3 y 4 se describen los criterios de inclusión y exclusión de referencias bibliográficas.

Componente PICO	Descripción	Aplicación en el estudio
Población (P)	Define el grupo objetivo	Proyectos de construcción civil con énfasis en mercados emergentes
Intervención (I)	Especifica la intervención a estudiar	Tecnologías emergentes y metodologías para la gestión de materiales
Comparación (C)	Establece el punto de referencia	Métodos tradicionales vs. nuevas tecnologías
Resultados (O)	Define los resultados esperados	Mejoras en costos, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad contextual.

Tabla 2 Definición de los criterios PICO de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.

Aspecto	Criterio de Inclusión	Justificación
Temporalidad	(*) 2014-2024	Naturaleza dinámica de tecnologías emergentes
Tipo de publicaciones	Artículos revisados por pares y ponencias académicas, tesis publicadas.	Garantía de calidad académica
Idiomas	Inglés y español	Acceso a literatura internacional y contextual
Alcance geográfico	Global con énfasis en mercados emergentes	Similitud contextual con Colombia

Tabla 3. Descripción de los criterios de inclusión de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia.2025.

Aspecto	Criterio de Exclusión	Justificación
Tipo de estudio	Investigaciones no empíricas	Falta de evidencia práctica
Naturaleza de publicación	(**) Literatura gris no académica (no revisados por pares, no publicados por canales académicos)	Rigor académico insuficiente
Resultados	Estudios sin resultados verificables	Imposibilidad de validación
Metodología	Casos sin detalle metodológico	Falta de reproducibilidad

Tabla 4. Descripción de los criterios de exclusión de la presente investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025.

(*) Para incluir la literatura más reciente, se han considerado también los artículos publicados hasta marzo de 2025 que están indexados en las bases académicas EBSCO y SCOPUS, siempre que cumplan con los criterios de inclusión establecidos.

(**) La literatura gris no académica se refiere a documentos y materiales que no han sido publicados a través de canales académicos tradicionales o no han pasado por un proceso de revisión por pares. Esto incluye blogs, reportes técnicos no verificados, documentos internos de empresas, boletines informativos y publicaciones comerciales sin respaldo académico.

2. Revisión sistemática en SCOPUS y EBSCO Host

.La revisión sistemática de literatura constituye el núcleo metodológico de esta investigación. Este proceso se ha estructurado siguiendo los lineamientos de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantizando así un enfoque riguroso y reproducible. La búsqueda abarca un período de diez años (2014-2024), con especial énfasis en estudios realizados en mercados emergentes y experiencias internacionales transferibles al contexto colombiano. En la ilustración 7 , se presenta el diagrama de flujo adoptado de la metodología PRISMA que ilustra el proceso de selección y filtrado de los artículos incluidos en esta revisión sistemática desde las bases de datos SCOPUS y EBSCO Host, detallando las diferentes etapas desde la identificación inicial hasta la inclusión final de los estudios relevantes.

2.1 Fuentes de información

Para la revisión sistemática se seleccionaron dos bases de datos académicas principales: Scopus y EBSCO Host, las cuales fueron consultadas durante los días 18, 19 y 22 de marzo de 2025. La elección de estas fuentes se fundamenta en tres criterios esenciales: (1) su naturaleza multidisciplinaria, que se alinea con el carácter integrador entre las tecnologías emergentes y la ingeniería civil; (2) el reconocimiento académico de Scopus y EBSCO Host como bases de datos de alta rigurosidad y calidad de contenido; y (3) la accesibilidad institucional a EBSCO Host y Scopus a través de la licencia de la Universidad Politécnica Gran

Colombiano. Siguiendo los lineamientos PRISMA para la documentación de fuentes de búsqueda, se consultaron estas bases de datos utilizando la interfaz web oficial de cada plataforma (www.scopus.com y search.ebscohost.com), siendo estas las únicas fuentes primarias de búsqueda debido a las limitaciones temporales del proyecto. Esta selección asegura el acceso exclusivo a literatura revisada por pares, garantizando así la calidad académica de las fuentes consultadas.

2.2 Estrategia de búsqueda

Las búsquedas se ejecutaron en las bases de datos Scopus y EBSCO Host durante el 18 de marzo de 2025 y hasta el 22-Marzo-25, abarcando publicaciones en inglés y español del período 2014-2024. Para incluir la literatura más reciente, se consideraron también artículos publicados hasta marzo de 2025. Se emplearon diversas combinaciones de términos clave relacionados con la gestión de materiales, tecnologías emergentes y construcción junto con operadores booleanos (AND,OR) conformando ecuaciones de búsqueda.

Estas ecuaciones de búsqueda se refinaron de manera iterativa según la relevancia de los artículos encontrados, para garantizar una recuperación comprehensiva de la literatura relevante, equilibrando especificidad y sensibilidad. El proceso arrojó un total de 213 resultados: 164 en Scopus y 49 en EBSCO Host.

Ecuación de búsqueda	Fecha	Resultados Scopus	Resultados EBSCO Host
"construction materials management" AND "emerging technologies"	18-Mar	0	0
"construction materials management"	18-Mar	37	0
"emerging technologies" AND "construction" AND "Materials management"	18-Mar	2	0
"emerging technologies" AND "construction" AND "building Materials"	19-Mar	34	23
"digital transformation" AND "construction materials"	19-Mar	4	1
"Materials management" AND "BIM"	19-Mar	42	6
"materials management" AND "blockchain" AND "Construction industry"	19-Mar	1	0
"materials management" AND "IA" AND "Construction industry"	19-Mar	0	0
"materials management" AND "Digital twin" AND "Construction industry"	19-Mar	0	0
"materials management" AND "IoT" AND "Construction industry"	19-Mar	3	1
"construction logistics" AND "Machine learning" AND "Construction industry"	22-Mar	0	0
"Digital Transformations" AND "Materials Management"	19-Mar	1	0

"construction logistics" AND "technology"	19-Mar	35	17
"materials management" AND "Machine learning" AND "Construction industry"	19-Mar	1	1
"construction logistics" AND "IoT" AND "Construction industry"	19-Mar	2	0
"construction logistics" AND "IA" AND "Construction industry"	19-Mar	0	0
"construction logistics" AND "Blockchain" AND "Construction industry"	19-Mar	2	0
	Total=	164	49

Tabla 5. Resultados de las ecuaciones de búsqueda en las dos bases de datos seleccionadas: Scopus y EBSCO Host. Fuente: Elaboración propia.2025.

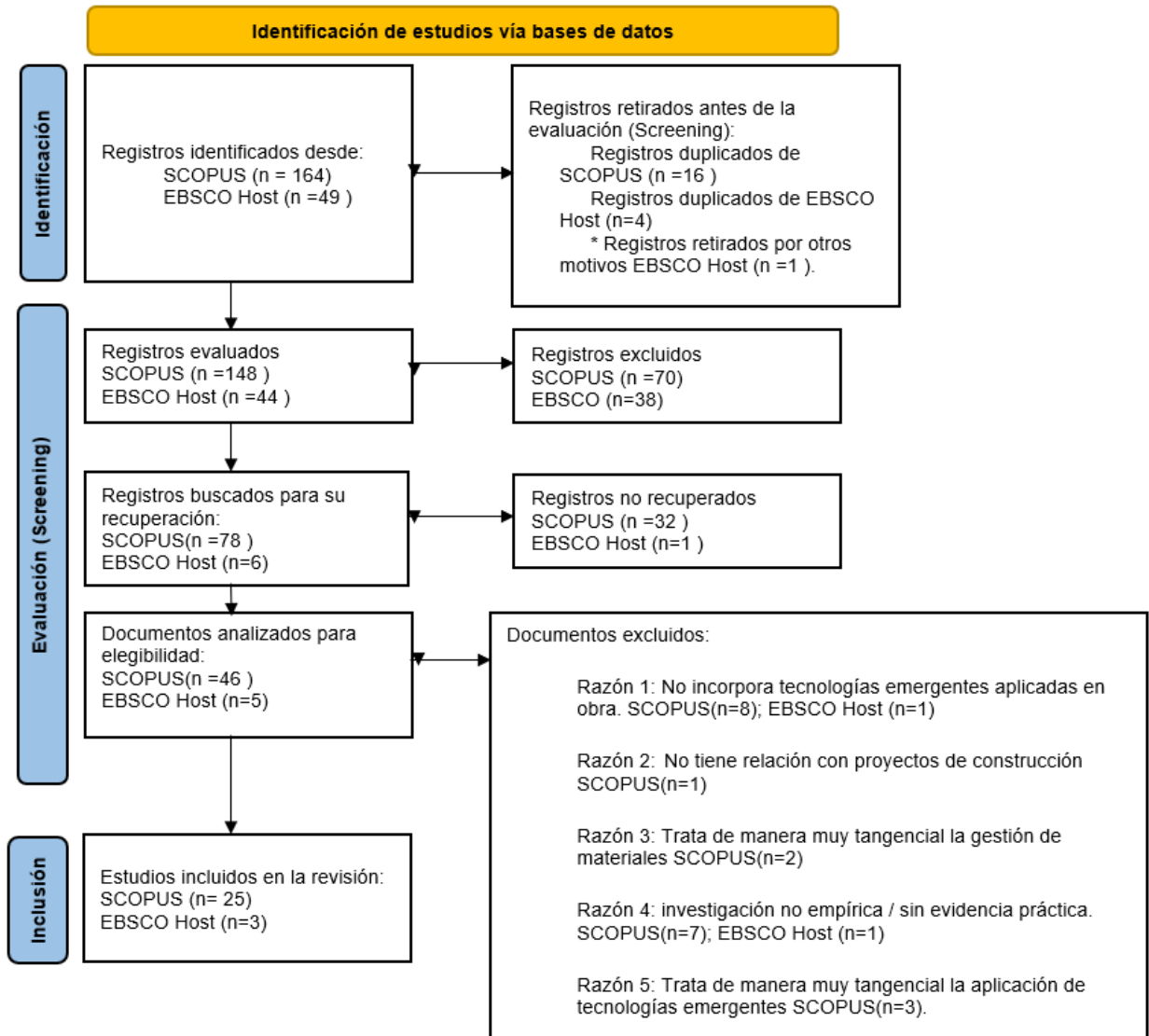
Las búsquedas en Scopus y EBSCO Host revelan varios patrones:

- Las ecuaciones más productivas fueron aquellas relacionadas con BIM (48 resultados totales: 42 en Scopus, 6 en EBSCO) y tecnologías en logística de construcción (52 resultados totales: 35 en Scopus, 17 en EBSCO)
- Las búsquedas sobre "emerging technologies" y "building Materials" generaron un interés significativo con 57 resultados totales (34 en Scopus, 23 en EBSCO)
- La combinación de tecnologías emergentes específicas (IA, Digital Twin) con gestión de materiales produjo resultados limitados en ambas bases de datos, sugiriendo un campo emergente de investigación
- Las búsquedas relacionadas con tecnologías blockchain e IoT generaron resultados moderados (8 resultados en total), indicando un creciente, pero aún limitado interés en estas aplicaciones

2.3 Proceso de selección

El proceso de selección de los artículos siguió el protocolo sistemático de las recomendaciones PRISMA, aunque fue ejecutado por un único investigador debido a las limitaciones del proyecto. El proceso comenzó con una revisión inicial de los resúmenes (abstracts) de los artículos recuperados de las bases de datos Scopus y EBSCO Host, evaluando su relevancia preliminar y eliminando duplicados.

La evaluación de elegibilidad se realizó en dos fases principales. En la primera fase, se revisaron los resúmenes para determinar si los estudios cumplían con los criterios PICO establecidos para esta investigación. Los artículos que superaron esta fase inicial fueron seleccionados para la descarga y revisión del texto completo. En la segunda fase, se realizó una evaluación exhaustiva de los artículos completos, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos.



*Registros retirados por ser resúmenes de conferencias y congresos que mencionaban artículos ya identificados en el primer paso.

Ilustración 6 Diagrama de flujo adaptado de la declaración PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020)

Durante el proceso de revisión, se identificaron algunos artículos que, aunque no estaban disponibles en las bases de datos principales (Scopus y EBSCO Host), fueron localizados a través de Google Scholar en repositorios de universidades, permitiendo así su inclusión en el análisis. Sin embargo, algunos artículos potencialmente relevantes no pudieron ser recuperados a través de ninguna de estas fuentes.

El proceso de selección resultó en la identificación de 28 artículos que cumplieron con los criterios establecidos para su inclusión en el estudio. Los artículos excluidos se clasificaron según las siguientes razones principales:

- Razón 1: No incorporación de tecnologías emergentes aplicadas en obra (SCOPUS: n=8; EBSCO Host: n=1)
- Razón 2: Falta de relación con proyectos de construcción (SCOPUS: n=1)
- Razón 3: Tratamiento tangencial de la gestión de materiales (SCOPUS: n=2)
- Razón 4: Investigación no empírica o sin evidencia práctica (SCOPUS: n=7; EBSCO Host: n=1)
- Razón 5: Tratamiento tangencial de la aplicación de tecnologías emergentes (SCOPUS: n=3)

2.4 Recolección de datos

La recolección de datos se realizó utilizando el software Mendeley como herramienta principal de gestión documental, siguiendo el método de análisis temático propuesto por Braun. Este proceso sistemático se desarrolló en dos fases principales: primero, una lectura exhaustiva de los 28 artículos seleccionados, enfocada en identificar extractos de texto que respondieran específicamente a la pregunta de investigación. Durante esta fase, se prestó especial atención a cuatro dimensiones clave: costos, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad contextual en la implementación de tecnologías emergentes para la gestión de materiales en construcción. En la segunda fase, los fragmentos relevantes fueron subrayados directamente en Mendeley y posteriormente codificados en una matriz de análisis estructurada, permitiendo una categorización sistemática de los hallazgos encontrados en la literatura revisada.

2.5 Evaluación de riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo se realizó considerando múltiples factores como el proceso de revisión, las herramientas utilizadas y las limitaciones del estudio, así como el alcance del trabajo y las fuentes de información utilizadas. Este proceso fue ejecutado por un único revisor sin herramientas de automatización. Se identificaron cuatro fuentes principales de sesgo:

1. Sesgo de revisión individual: La evaluación y selección de la bibliografía por un único revisor introduce un riesgo inherente de sesgo en la interpretación y selección de los estudios, basado en perspectivas e intereses personales.
2. Sesgo de accesibilidad: La falta de acceso a ciertos artículos de pago limitó la inclusión de contribuciones académicas potencialmente valiosas, afectando la comprensión integral del tema.
3. Sesgo lingüístico y de traducción: La traducción de los textos originales puede haber introducido imprecisiones o pérdida de matices en los conceptos técnicos.

2.6 Declaración de no conflicto de interés

El autor del presente informe de investigación declara no tener ningún conflicto de interés en relación con los temas abordados en la presente investigación. La investigación se realizó

de manera independiente y objetiva, sin influencias externas que pudieran afectar la interpretación o presentación de los resultados. La investigación fue financiada con recursos propios del autor como parte de su proyecto de grado, y no existe ninguna relación financiera, profesional o personal que pudiera interferir con el juicio de la investigación.

2.7 Disponibilidad de datos, código y otros materiales

Los datos utilizados en esta investigación fueron extraídos principalmente de las bases de datos académicas EBSCO Host y Scopus, las cuales proporcionaron el conjunto principal de artículos científicos analizados. Para casos específicos donde los textos completos no estaban disponibles directamente en estas bases de datos, se utilizó Google Scholar como herramienta complementaria para localizar versiones accesibles de los documentos, especialmente en repositorios institucionales de universidades. Los datos extraídos se organizaron sistemáticamente en matrices de análisis mediante el software Mendeley para su posterior procesamiento y análisis. Toda la información recopilada y los análisis realizados están disponibles para su verificación en las bases de datos mencionadas o publicados en Google Scholar.

2.8 Disponibilidad de datos, código y otros materiales

Para asegurar la transparencia en la adopción de la metodología PRISMA, Page et al., (2020) recomienda implementar un sistema de seguimiento basado en una lista de verificación (checklist) que permite monitorear el cumplimiento de cada uno de los elementos esenciales de la revisión sistemática. Este instrumento de control documenta de manera estructurada la adopción de los criterios metodológicos establecidos en la declaración PRISMA, facilitando la reproducibilidad del estudio y garantizando que todos los aspectos de la revisión sean abordados de manera sistemática. A continuación, se presenta el checklist utilizado para el seguimiento metodológico, detallando cada componente y su estado de cumplimiento en el desarrollo de la investigación además de la lista de control para la elaboración del resumen siguiendo recomendaciones PRISMA.

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
TÍTULO			
Título	1	Identificar el informe como una revisión sistemática.	Título, Portada.
RESUMEN			
Resumen	2	Ver la lista de verificación PRISMA 2020 para resúmenes. (Tabla 7)	Resumen, Pág. 6 y Tabla 7
INTRODUCCIÓN			
Fundamento	3	Describir el fundamento de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	Justificación, Pág.9.
Objetivos	4	Proporcionar una declaración explícita del objetivo(s) o	Objetivos, Pág.9.

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
		pregunta(s) que aborda la revisión.	
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especificar los criterios de inclusión y exclusión para la revisión y cómo se agruparon los estudios para las síntesis.	1. Criterios de inclusión/Exclusión, Pág. 23.
Fuentes de información	6	Especificar todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otras fuentes consultadas para identificar estudios. Especificar la fecha de última consulta de cada fuente.	2.1 Fuentes de información, Pág. 24.
Estrategia de búsqueda	7	Presentar las estrategias de búsqueda completas para todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo filtros y límites utilizados.	2.2 Estrategia de búsqueda, Pág. 25.
Proceso de selección	8	Especificar los métodos utilizados para decidir si un estudio cumplía los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos revisores examinaron cada registro y cada informe recuperado, si trabajaron de forma independiente y, si procede, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	2.3 Proceso de Selección, Pág. 26.
Proceso de recolección de datos	9	Especificar los métodos utilizados para recolectar datos de los informes, incluyendo cuántos revisores recolectaron datos de cada informe, si trabajaron de forma independiente, cualquier proceso para obtener o confirmar datos de los investigadores del estudio y, si procede, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	2.4 Recolección de datos, Pág. 28.

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
Elementos de datos	10a	Enumerar y definir todos los resultados para los que se buscaron datos. Especificar si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio de resultado en cada estudio (por ejemplo, para todas las medidas, puntos temporales, análisis) y, si no, los métodos utilizados para decidir qué resultados recolectar.	4.1 Matrices de extractos y codificación , Pag. 45
Elementos de datos adicionales	10b	Enumerar y definir todas las otras variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de participantes e intervención, fuentes de financiamiento). Describir cualquier suposición hecha sobre información faltante o poco clara.	Se buscaron datos de origen de las investigaciones y se califico su nivel de desarrollo económico por su posición geográfica. Esto se evidencia en la tabla 8. Pag. 42
Evaluación del riesgo de sesgo	11	Especificar los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos revisores evaluaron cada estudio y si trabajaron de forma independiente, y si procede, detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	2.5 Evaluación del riesgo de sesgo. Pag. 28
Medidas de efecto	12	Especificar para cada resultado las medidas de efecto (por ejemplo, razón de riesgo, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de resultados.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Métodos de síntesis	13a	Describir los procesos utilizados para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de intervención del estudio y comparando contra los	4. Síntesis cualitativa. Pag. 44.

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
		grupos planificados para cada síntesis).	
Métodos de síntesis adicionales	13b	Describir cualquier método requerido para preparar los datos para la presentación o síntesis, como el manejo de estadísticas resumidas faltantes.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
	13c	Describir cualquier método utilizado para tabular o mostrar visualmente los resultados de estudios individuales y síntesis.	4.2 Relaciones temáticas, Pag. 92
	13d	Describir cualquier método utilizado para sintetizar resultados y proporcionar una justificación de la(s) elección(es). Si se realizó un metaanálisis, describir el/los modelo(s), método(s) para identificar la presencia y extensión de heterogeneidad estadística, y paquete(s) de software utilizados.	4.2 Relaciones temáticas, Pag. 92
	13e	Describir cualquier método utilizado para explorar posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, meta regresión).	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
	13f	Describir cualquier análisis de sensibilidad realizado para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Evaluación de sesgo de reporte	14	Describir cualquier método utilizado para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de sesgos de reporte).	2.5 Evaluación del riesgo de sesgo. Pag. 28
Evaluación de certeza	15	Describir cualquier método utilizado para evaluar la certeza (o confianza) en el conjunto de evidencia para un resultado.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
RESULTADOS			

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
Selección de estudios	16a	Describir los resultados del proceso de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo.	Ilustración 7. Diagrama de flujo adaptado de la declaración PRISMA, Pag. 30
	16b	Citar los estudios que podrían parecer cumplir los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explicar por qué fueron excluidos.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Características de los estudios	17	Citar cada estudio incluido y presentar sus características.	4.1 Matrices de extractos y codificación , Pag. 45
Riesgo de sesgo en los estudios	18	Presentar evaluaciones de riesgo de sesgo para cada estudio incluido.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Resultados de estudios individuales	19	Para todos los resultados, presentar para cada estudio: (a) estadísticas resumidas para cada grupo (cuando sea apropiado) y (b) una estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de confianza/credibilidad), idealmente usando tablas o gráficos estructurados.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Resultados de síntesis	20a	Para cada síntesis, resumir brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
	20b	Presentar resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se realizó metaanálisis, presentar para cada uno la estimación resumida y su precisión (por ejemplo, intervalo de confianza/credibilidad) y medidas de heterogeneidad estadística. Si	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
		se comparan grupos, describir la dirección del efecto.	
	20c	Presentar resultados de todas las investigaciones de posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
	20d	Presentar resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
Sesgos de reporte	21	Presentar evaluaciones de riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de sesgos de reporte) para cada síntesis evaluada.	2.5 Evaluación del riesgo de sesgo. Pag. 28
Certeza de la evidencia	22	Presentar evaluaciones de certeza (o confianza) en el conjunto de evidencia para cada resultado evaluado.	No se adoptó esta recomendación PRISMA en la presente revisión sistemática.
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcionar una interpretación general de los resultados en el contexto de otra evidencia.	5.1 Recomendaciones para la Implementación de Tecnologías Emergentes en la Gestión de Materiales. Pág. 98
	23b	Discutir cualquier limitación de la evidencia incluida en la revisión.	Limitaciones de la investigación. Pág. 104
	23c	Discutir cualquier limitación de los procesos de revisión utilizados.	Implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y la investigación futura. Pág. 104
	23d	Discutir las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y la investigación futura.	Implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y la investigación futura. Pág. 104
OTRA INFORMACIÓN			

Sección y Tema	Ítem #	Elemento de la lista	Ubicación donde se reporta
Registro y protocolo	24a	Proporcionar información de registro para la revisión, incluyendo nombre del registro y número de registro, o indicar que la revisión no fue registrada.	La revisión no fue registrada.
	24b	Indicar dónde se puede acceder al protocolo de la revisión, o indicar que no se preparó un protocolo.	No se preparó protocolo
	24c	Describir y explicar cualquier modificación a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	No se preparó protocolo
Apoyo	25	Describir las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión, y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	2.6 Declaración de no conflicto de interés. Pag. 28
Conflictos de intereses	26	Declarar cualquier conflicto de intereses de los autores de la revisión.	2.6 Declaración de no conflicto de interés. Pag.28
Disponibilidad de datos, código y otros materiales	27	Informar cuáles de los siguientes están disponibles públicamente y dónde se pueden encontrar: formularios de recolección de datos modelo; datos extraídos de los estudios incluidos; datos utilizados para todos los análisis; código analítico; cualquier otro material utilizado en la revisión.	2.7 Disponibilidad de datos, código y otros materiales. Pag. 29

Tabla 6 Lista de verificación de adopción de la Metodología PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020)

Sección y Tema	Ítem#	Elemento de la lista	Reportado (Si/No)
TÍTULO	1	Identificar el informe como una revisión sistemática.	Si
ANTECEDENTES	2	Proporcionar una declaración explícita del objetivo(s) o pregunta(s) principal(es) que aborda la revisión.	Si
MÉTODOS	3	Especificar los criterios de inclusión y exclusión para la revisión.	No

Sección y Tema	Ítem#	Elemento de la lista	Reportado (Si/No)
	4	Especificar las fuentes de información (por ejemplo, bases de datos, registros) utilizadas para identificar estudios y la fecha de última búsqueda de cada una.	Si
	5	Especificar los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo en los estudios incluidos.	No
	6	Especificar los métodos utilizados para presentar y sintetizar resultados.	Si
RESULTADOS	7	Indicar el número total de estudios incluidos y participantes, y resumir las características relevantes de los estudios.	Si
	8	Presentar resultados para los principales desenlaces, preferiblemente indicando el número de estudios y participantes para cada uno. Si se realizó meta-análisis, reportar la estimación resumen e intervalo de confianza/credibilidad. Si se comparan grupos, indicar la dirección del efecto.	No
DISCUSIÓN	9	Proporcionar un breve resumen de las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión (por ejemplo, riesgo de sesgo, inconsistencia e imprecisión).	Si
	10	Proporcionar una interpretación general de los resultados e implicaciones importantes.	Si
OTROS	11	Especificar la fuente principal de financiamiento para la revisión.	Si
	12	Proporcionar el nombre del registro y número de registro.	No

Tabla 7 Lista de verificación para la elaboración del resumen de una revisión sistemática según PRISMA. Fuente: (Page et al, 2020)

3. Identificación de las tecnologías emergentes en gestión de materiales de construcción (2014-2024).

Para el análisis y categorización de los datos extraídos de la revisión sistemática, cumpliendo con el primer objetivo específico de identificar las tecnologías emergentes aplicadas en la gestión de materiales en la última década, se empleó la herramienta VOSviewer, seleccionada por su capacidad para realizar análisis bibliométricos y visualizar redes de términos. Esta herramienta permitió examinar sistemáticamente la co-ocurrencia de términos en los títulos y resúmenes de los artículos seleccionados, generando mapas de calor y diagramas de nodos que facilitaron la identificación de patrones y relaciones entre conceptos.

El proceso de categorización se realizó en tres fases principales. En la primera fase, se identificaron 1,127 términos que aparecían al menos una vez en los documentos analizados. Posteriormente, estos términos se homologaron y clasificaron, reduciendo el conjunto a 832 términos únicos. Durante esta fase, se realizó también la traducción de las palabras clave del inglés al español, utilizando un tesoro personalizado que garantizaba la consistencia en la traducción y categorización. Como resultado se obtuvieron los diagramas de las ilustraciones 8, 9 10 y 11.

En la segunda fase, se realizó un análisis de co-ocurrencia de términos, permitiendo identificar las conexiones temáticas entre los documentos y los principales clústeres de información. Este análisis fue particularmente útil para identificar tecnologías emergentes y temas transversales en la documentación. Se tomó la decisión metodológica de consolidar términos relacionados (por ejemplo, "IoT Integration" y "IoT sensor" se agruparon bajo la categoría general "IoT") para obtener un análisis más coherente y significativo de las tendencias tecnológicas.

La tercera fase se centró en la categorización metodológica de los estudios, evaluando tres aspectos fundamentales: la claridad metodológica, la transferibilidad de los resultados y la calidad de la investigación. Se prestó especial atención al contexto económico de los estudios, clasificándolos según su origen en países desarrollados o en vías de desarrollo, lo que permitió evaluar la adaptabilidad de las soluciones propuestas al contexto colombiano. La calidad metodológica se evaluó considerando la claridad en la definición del método de investigación y la procedencia de los artículos de fuentes académicas revisadas por pares.

El proceso de categorización resultó en una matriz que relaciona las tecnologías identificadas y sus contextos de aplicación. Los resultados del análisis con VOSviewer fueron reveladores: BIM emergió como la tecnología central y articuladora en la gestión de materiales, estableciendo conexiones significativas con todas las demás tecnologías emergentes e integrando distintas soluciones tecnológicas. El análisis también identificó dos hallazgos notables: un cluster aislado relacionado con blockchain, que sugiere un desarrollo independiente y especializado en el sector, y un cluster emergente de Inteligencia Artificial que ha ganado prominencia significativa en los últimos dos años del período estudiado (2022-2024), evidenciando una clara tendencia hacia la integración de soluciones basadas en IA en la gestión de materiales de construcción.

Distribución de Artículos por País

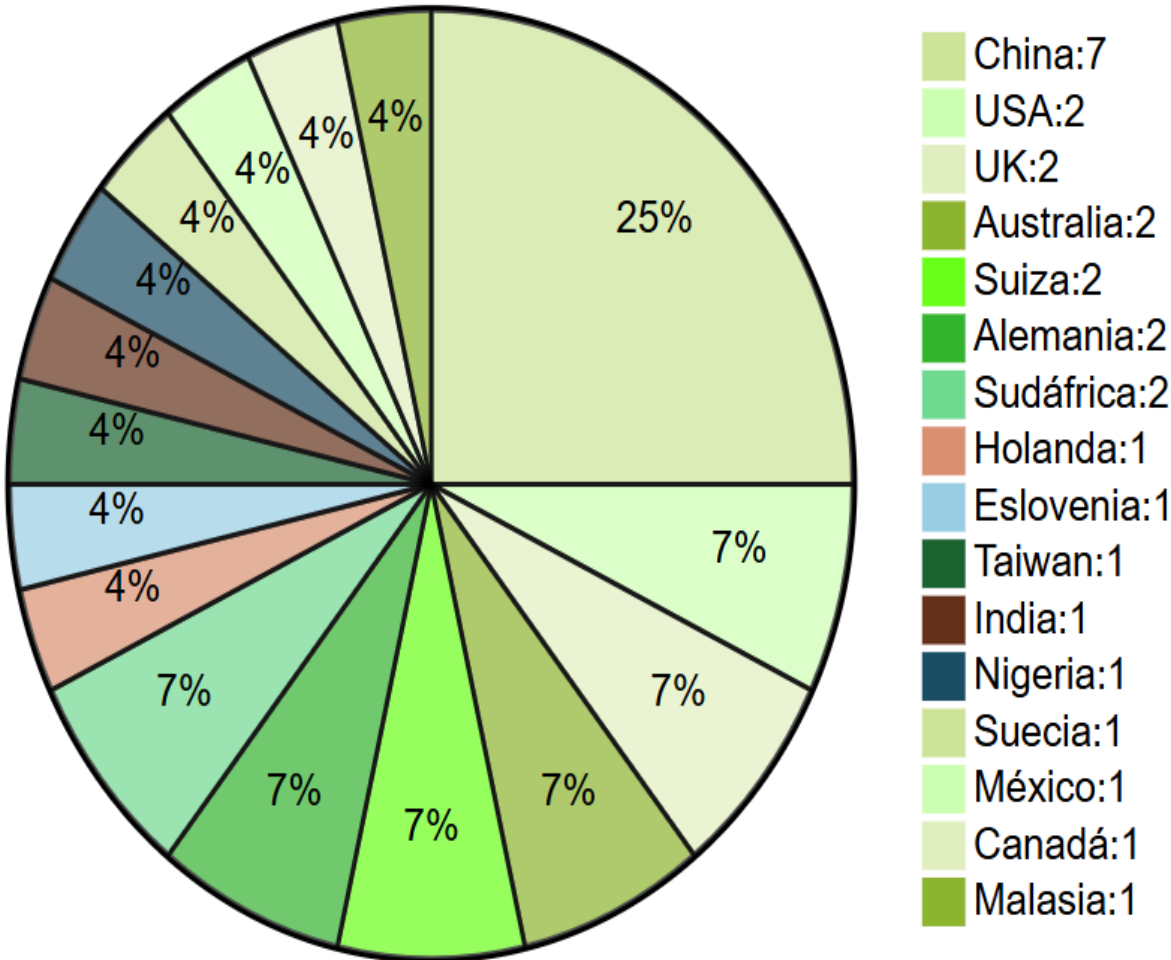


Ilustración 7. Cantidad de artículos por país de origen de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025

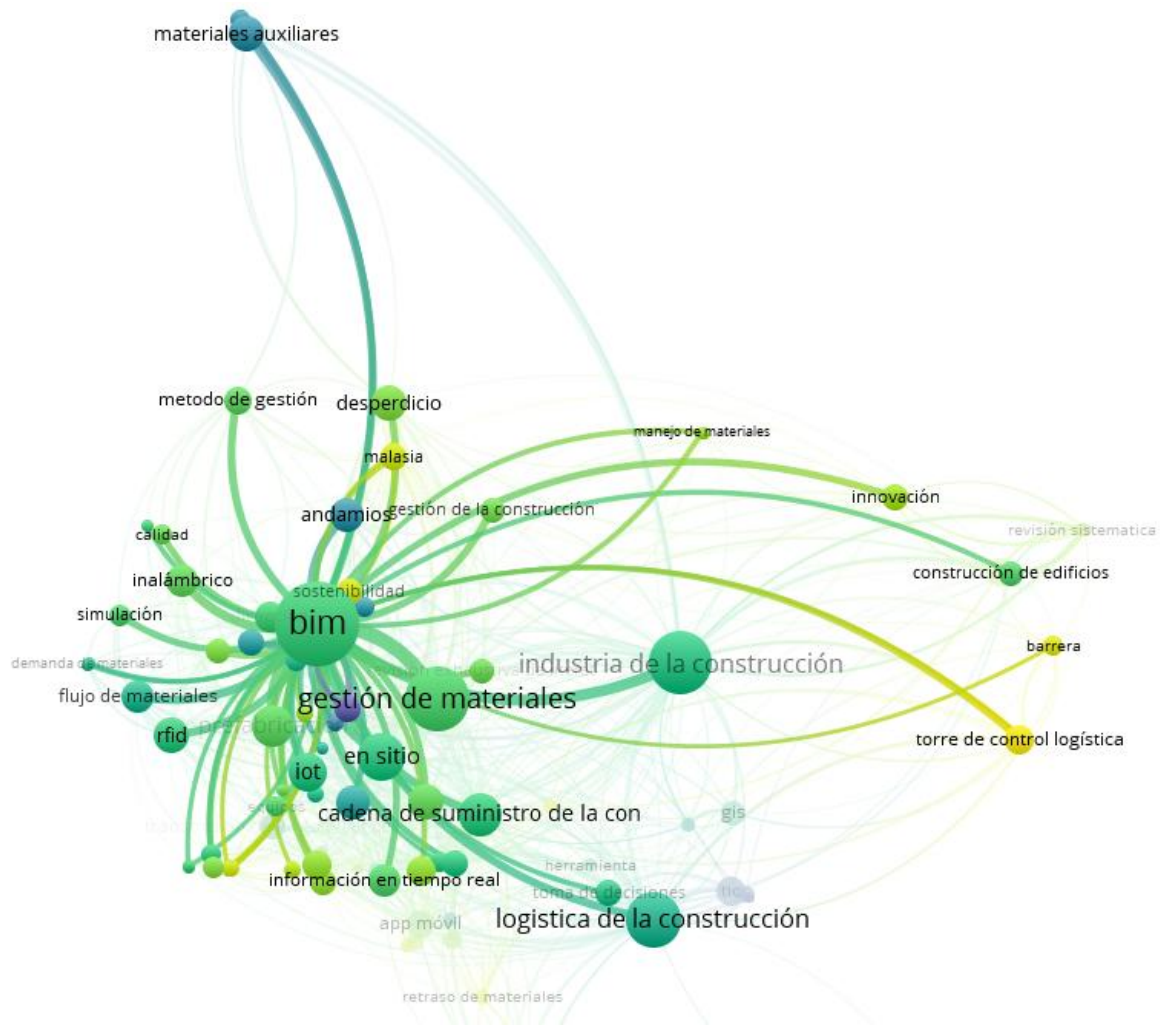


Ilustración 8 Identificación de la tecnología BIM como la tecnología más conectada con las demás propuestas y con cercanía conceptual IoT. Fuente: Elaboración propia. 2025.

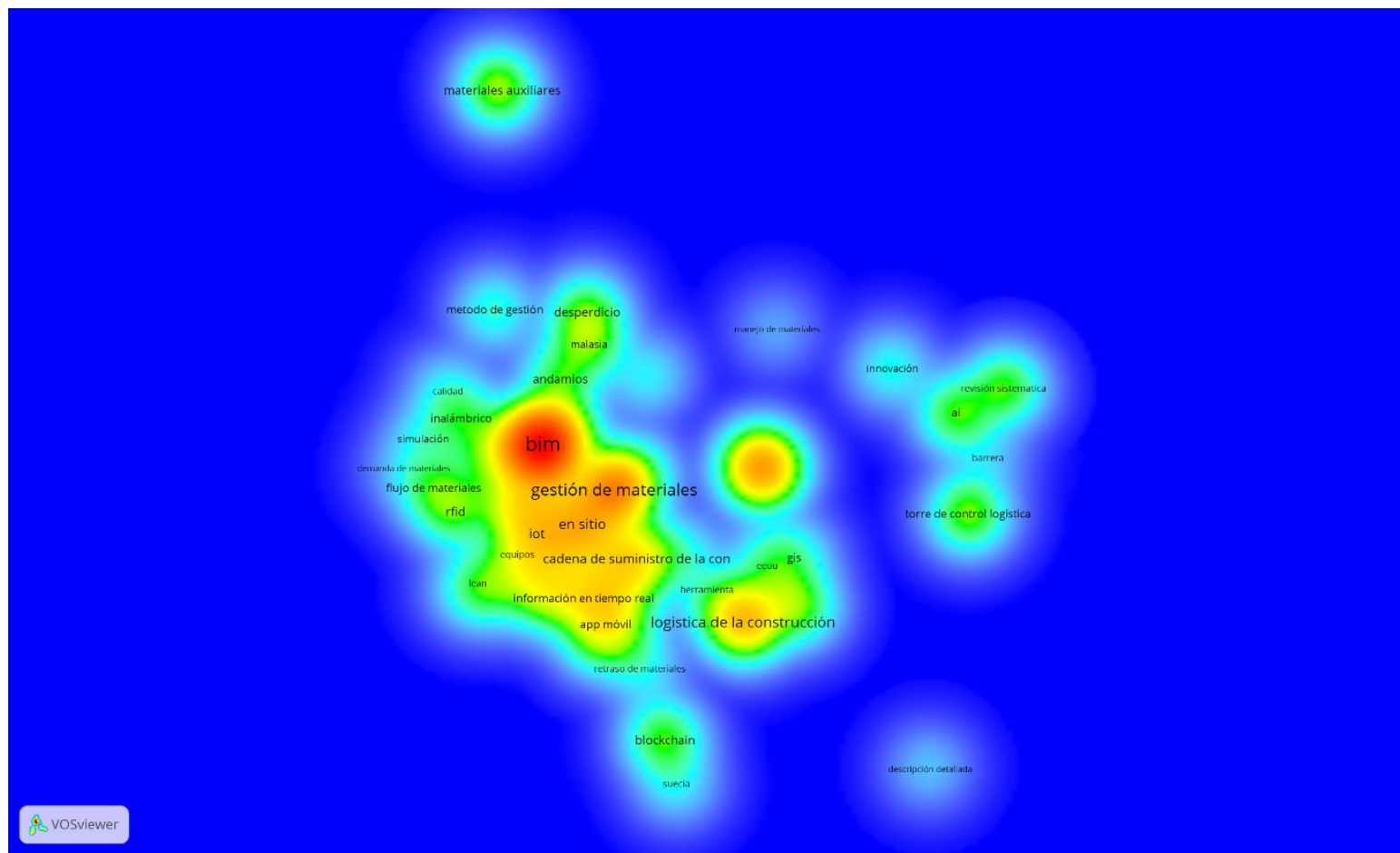


Ilustración 9 Imagen de la cantidad de ocurrencias de cada termino, en Rojo el termino con más apariciones en la bibliografía revisadas. Fuente: Elaboración propia. 2025.

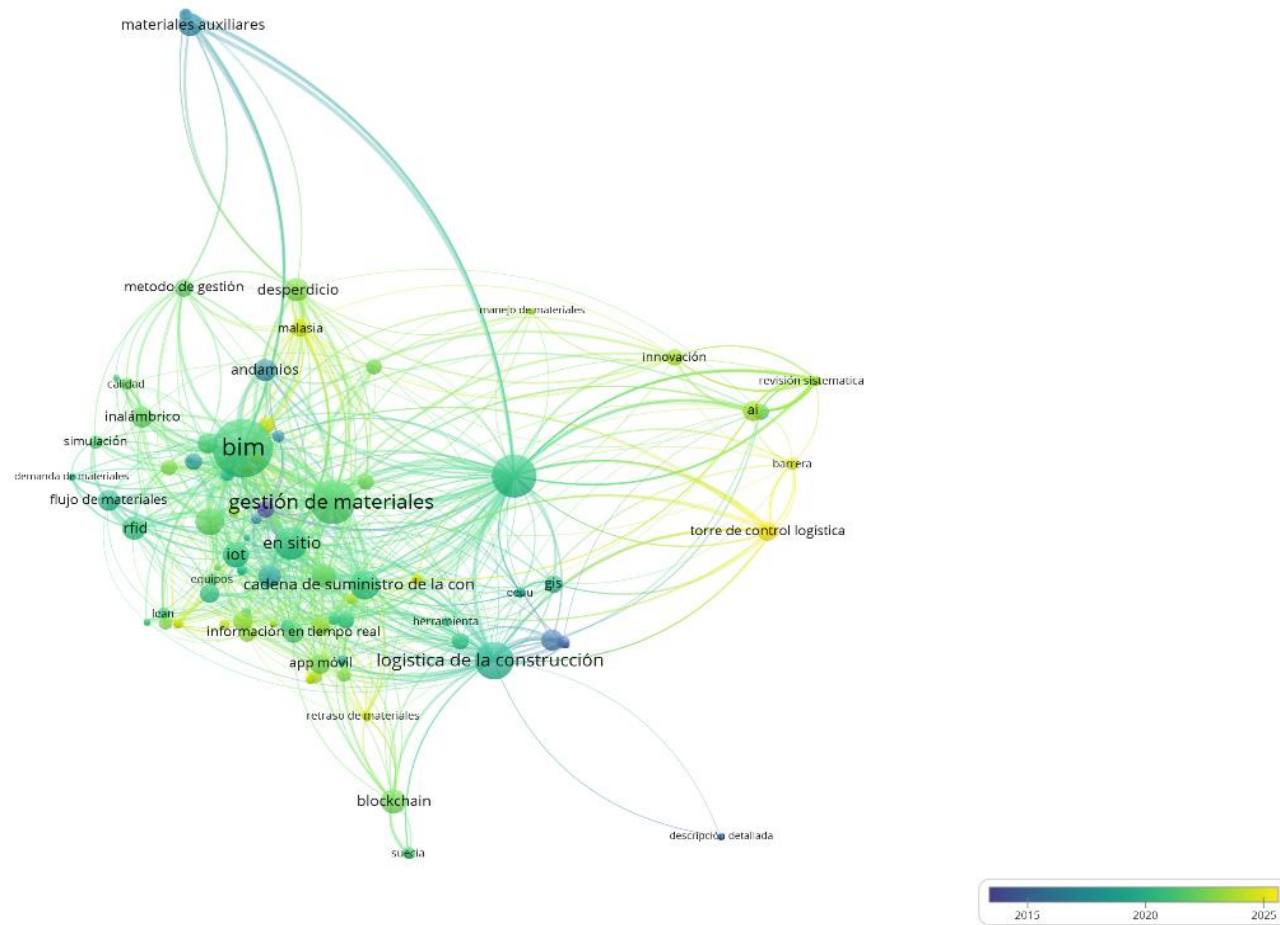


Ilustración 10. Aparición en el tiempo de los términos revisados, en color amarillo lo más reciente 2025 y en azul los más antiguo 2015, es evidente como términos como IA y Torre logística de control aparecen más recientemente y más desconectados del núcleo que es BIM. Fuente: Elaboración propia. 2025.

Primer autor	Título	Año	País origen de la investigación	Tecnologías estudiadas:	Metodologías abordadas	Clasificación de las economías donde se obtuvieron resultados
Abkar, M.M.A.	Enhancing construction site performance through technology and management practices as material waste mitigation in the Malaysian construction industry	2024	Malasia	BIM	Encuestas, Hipótesis guiadas por la teoría	En vías de desarrollo
Adebowale, Oluseyi	ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY APPLICATIONS IN BUILDING CONSTRUCTION PRODUCTIVITY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW.	2023	Sudafrica	AI, BIM, Robótica	Revisión sistemática - PRISMA	En vías de desarrollo
Arendt, A.	AN EXPLORATORY STUDY OF AWARENESS AND PERCEIVED RELEVANCE OF GIS AMONG GENERAL CONTRACTORS IN THE USA	2019	USA	GIS	Encuestas	Desarrollado
Basheer, M.	Blockchain-based decentralised material management system for construction projects	2024	UK	Blockchain	Caso de estudio, Design Science Research, Entrevistas, Pruebas de uso / Piloto	Desarrollado
Chen, J.	Automated Counting of Steel Construction Materials: Model, Methodology, and Online Deployment	2024	China	AI, Computer Vision, Móvil APP	Pruebas de uso / Piloto	En vías de desarrollo
Chen, Q.	Using look-ahead plans to improve material flow processes on construction projects when using BIM and RFID technologies	2020	Suiza	BIM, RFID	Entrevistas semiestructuradas	Desarrollado
Čuš-Babič, N.	Supply-chain transparency within industrialized construction projects	2014	Eslovenia	BIM	Caso de estudio	Desarrollado
Fadiya, O.	Decision-making framework for selecting ICT-based construction logistics systems	2015	UK	DR (Navegación estimada), GIS, GPS, RFID, WSN	Arbol de decisiones, Cuestionarios Estructurados, Multi-attribute decision-making (MADM)	Desarrollado
Feng, C.W.	Using BIM to automate information generation for assembling scaffolding - A material management approach	2017	Taiwan	BIM	Caso de estudio, Entrevistas, Modelo ontológico	Desarrollado
Fentzloff, W.	BIM meets Lean – Logistics study of a long tunnel using BIM and Lean methods BIM und Lean im Doppelpack – Logistikuntersuchung eines langen Tunnels mit Methoden von BIM und Lean	2021	Alemania	BIM, Móvil APP	Pruebas de uso / Piloto	Desarrollado
Gupta, A.	Android application prototype for construction logistics tracking	2022	India	GPS, Móvil APP	Caso de estudio, Pruebas de uso / Piloto	En vías de desarrollo
Harmelink, R.	Strategic and operational construction logistics control tower	2025	Holanda	BIM, GIS	Arquitectura empresarial, Design Science Research, Entrevistas	Desarrollado
Isah, Yahaya	UTILISATION OF FORECASTING TECHNOLOGY FOR IMPROVING CONSTRUCTION LOGISTICS IN NIGERIA.	2020	Nigeria	Minería de datos, Software especializado en MM	Análisis temático, Entrevistas semiestructuradas, Observación guiada	En vías de desarrollo
Junussova, T.	Key Drivers for BIM-Enabled Materials Management: Insights for a Sustainable Environment	2024	Suiza	BIM	Encuestas, Entrevistas, Hipótesis guiadas por la teoría	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados

Primer autor	Título	Año	País origen de la investigación	Tecnologías estudiadas:	Metodologías abordadas	Clasificación de las economías donde se obtuvieron resultados
Kifokeris, D.	BlogCHAIN: PROOF-OF-CONCEPT AND PILOT TESTING OF A BLOCKCHAIN APPLICATION PROTOTYPE FOR CONSTRUCTION LOGISTICS IN SWEDEN	2021	Suecia	Blockchain	Entrevistas, Pruebas de uso / Piloto, concept-centric framework (Marco conceptual centralizado)	Desarrollado
Liu, L.	Developing a Logistic Chain-Enabled BIM System for Material Management in Modular Construction	2024	China	BIM, iot	Design Science Research	En vías de desarrollo
Maxwell, D.	Construction tracking: implications of logistics data	2023	Australia	BLE (Bluetooth de baja energía)	Caso de estudio	Desarrollado
Putri, K.N.R.	Acquiring Semantic Information of Precast Concrete Pipe Using Geometric Feature Extraction from Mobile Laser Scanning Point Cloud	2024	Australia	BIM, Computer Vision, Escaneo láser	Caso de estudio	Desarrollado
Qiao, F.	Research on Wireless Network Transmission and Building Information Model Technologies	2024	China	BIM, Simulación	Sand table simulation	En vías de desarrollo
Rodríguez, R.C.	Current situation of construction material management at international level Situación actual de la gestión de materiales de construcción en el ámbito internacional	2022	México	Móvil APP	Revisión bibliográfica	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Shen, W.	Application of BIM and Internet of Things Technology in Material Management of Construction Projects	2022	China	BIM, RFID	Caso de estudio	En vías de desarrollo
Tang, S.	A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends	2019	USA	BIM	Revisión bibliográfica	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Teizer, J.	Construction resource efficiency improvement by Long Range Wide Area Network tracking and monitoring	2020	Alemania	BLE (Bluetooth de baja energía), LoRa (Comunicación de Largo Alcance), iot	Pruebas de uso / Piloto	En vías de desarrollo
Toyin, J.O.	An Overview of BIM as a Material Management Tool in the Construction Industry	2023	Sudáfrica	BIM, RFID	Revisión bibliográfica	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Wang, M.	Framework for an IoT-based shop floor material management system for panelized homebuilding	2020	Canadá	QR, RFID, iot	Caso de estudio	Desarrollado
Wei, H.	BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction	2017	China	BIM	Pruebas de uso / Piloto	En vías de desarrollo
Wu, X.	Wireless management system of prefabricated construction materials based on BIM technology	2021	China	BIM	Sand table simulation	En vías de desarrollo
Zhang, Zheng	DSSO-YOLO: A fast detection model for densely stacked small object.	2024	China	Computer Vision	Pruebas de uso / Piloto	En vías de desarrollo

Tabla 8 Matriz de identificación de tecnologías según la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025.

Distribución de Artículos por Año

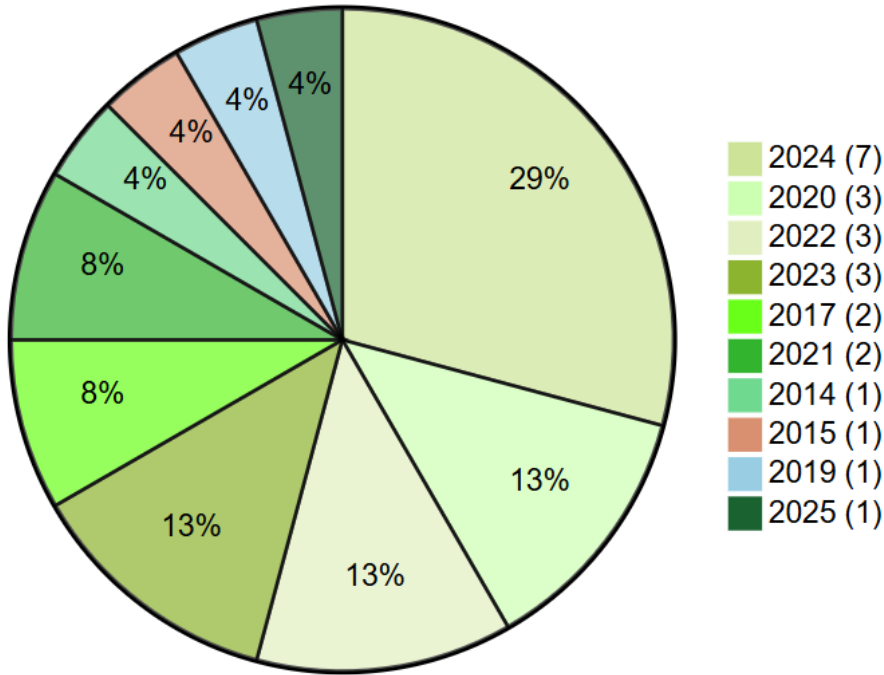


Ilustración 11. Cantidad de artículos por país año de publicación de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025

Tecnologías Identificadas

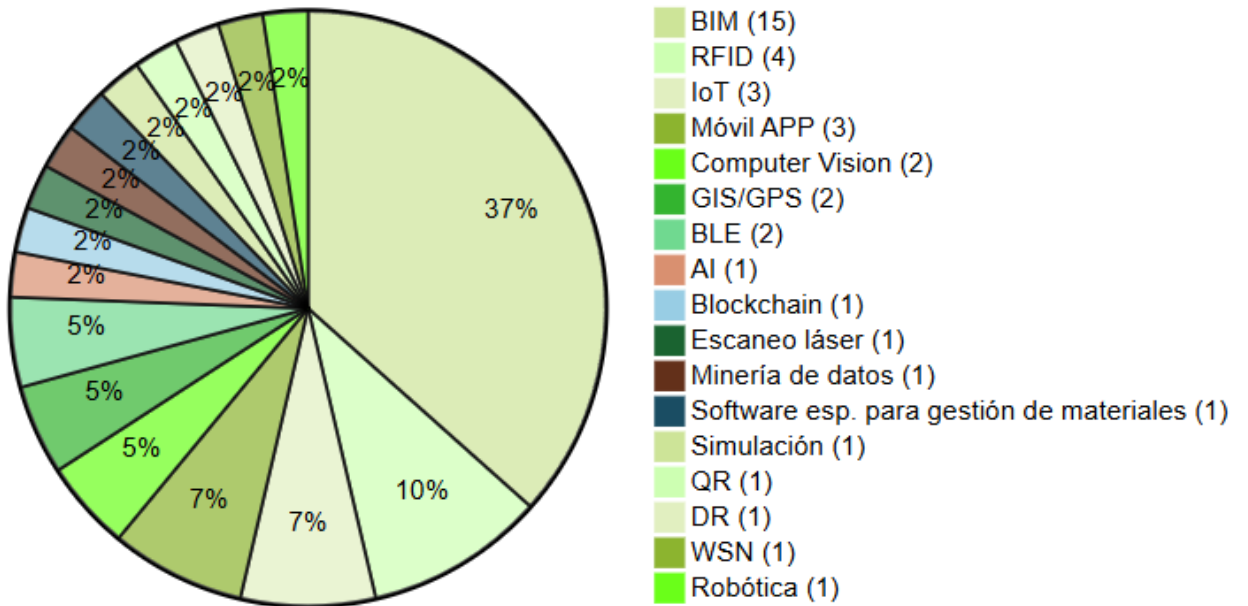


Ilustración 12. Aparición de las tecnologías en los artículos revisados. Fuente: Elaboración propia. 2025

Distribución Nivel Desarrollo económico

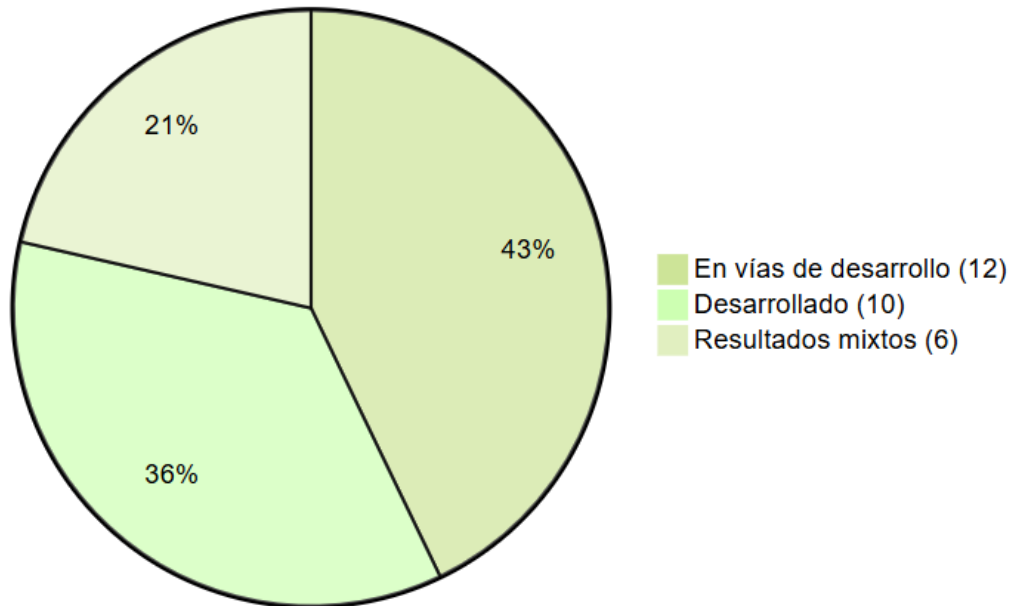


Ilustración 13. Cantidad de artículos por país año de publicación de la investigación. Fuente: Elaboración propia. 2025

Del análisis bibliográfico realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones relevantes:

- **Predominancia de BIM:** Se observa que BIM es la tecnología más estudiada y documentada (15 artículos), seguida por RFID (4 artículos) e IoT (3 artículos), lo que sugiere una madurez diferencial en la adopción de estas tecnologías.
- **Distribución geográfica:** China lidera la investigación con 7 artículos, seguida por países desarrollados como USA, UK y Australia con 2 artículos cada uno. Esta distribución refleja el interés global en la transformación digital del sector construcción.
- **Tendencia temporal:** Se evidencia un incremento significativo en publicaciones para 2024 (7 artículos), lo que indica un creciente interés en la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de materiales.

4. Síntesis Cualitativa

Para la síntesis cualitativa de los hallazgos, se adoptó el método de análisis temático propuesto por Braun y Clarke (2006), que permitió identificar, analizar y reportar patrones (temas) dentro de los datos de manera sistemática. Este proceso analítico se desarrolló en 4 fases secuenciales: familiarización con los datos, generación de códigos, búsqueda de temas y definición de temas. El análisis se estructuró en torno a cuatro dimensiones clave de efectividad: costos, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad, alineadas con la pregunta de investigación principal. Para la dimensión de adaptabilidad, se incorporaron dos criterios adicionales en la matriz de análisis: la ubicación geográfica de la investigación y el nivel de desarrollo económico del país donde se realizó el estudio, siendo estos factores

determinantes para evaluar la viabilidad de implementación en el contexto colombiano . A continuación, se presentan las matrices de extractos organizados según estas dimensiones, seguida por la identificación de las relaciones temáticas que surgieron para finalmente sintetizar la revisión sistemática con la formulación de los temas.

4.1 Matrices de extractos y codificación

A continuación, en la tabla 9 se presentan la matriz de extractos referentes a la perspectiva de Costos, según la bibliografía revisada.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
Abkar, M.M.A.	2024	BIM	“La implementación efectiva de obras de construcción que emplean la era BIM del siglo XXI debería incorporar soluciones inteligentes para ayudar a los equipos de las empresas de construcción a comprometerse a completar proyectos dentro de los principales criterios de construcción, incluido el costo”	Implementar BIM ayuda a comprometer a los equipos de proyecto a cumplir con el costo
Adebowale, Oluseyi	2023	AI,BIM,Robótica	“Los beneficios de las soluciones impulsadas por IA en la industria de la construcción son indiscutibles. Sin embargo, los costos iniciales y de mantenimiento que deben asumir los contratistas para invertir en tales soluciones de IA suelen ser muy altos. Esto puede ser inasequible para la mayoría de los subcontratistas y pequeñas empresas que constituyen la mayor parte de la industria de la construcción.”	Soluciones de IA en la construcción tienen altos costos para pequeñas y medianas empresas
Arendt, A.	2019	GIS	"Para evaluar las limitaciones logísticas	GIS permite mapear las actividades en la ruta que

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			involucradas en el proceso de entrega de materiales, se utiliza GIS para mapear todo el proceso de la cadena de suministro, por ejemplo, la ubicación de los proveedores, el transporte, las actividades que añaden valor y las actividades que no añaden valor."	agregan valor y las que no en la cadena de suministro
Basheer, M.	2024	Blockchain	"La integración del enfoque de Cantidad Económica de Pedido (EOQ) dentro de los contratos inteligentes de blockchain optimiza los procesos de adquisición, lo que lleva a una notable reducción en las órdenes de compra y los costos generales asociados."	Los contratos inteligentes agilizan los procesos de adquisición reduciendo los costos generales
Chen, J.	2024	AI,Computer Vision,Móvil APP	"el inventario manual de materiales es ineficiente y costoso"	El inventario asistido por visión computarizada es más eficiente y menos costoso que el inventario manual
Čuš-Babič, N.	2014	BIM	"...la integración de muchos sistemas, módulos y estrategias aislados para la planificación, control y ejecución efectiva de grandes proyectos en entornos de fabricación y distribución mejora significativamente la planificación, el control y la ejecución en comparación con sistemas interconectados o débilmente integrados"	Bim permite integrar sistemas aislados para la planificación control y ejecución mejorando su efectividad

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
Čuš-Babič, N.	2014	BIM	"...mejora la planificación, el control y la ejecución en comparación con sistemas integrados o poco integrados"	Bim permite integrar sistemas aislados para la planificación control y ejecución mejorando su efectividad
Čuš-Babič, N.	2014	BIM	Con las actualizaciones sobre el manejo de unidades realizadas por los planificadores logísticos, el gerente del sitio obtiene una visión general inmediata sobre la disponibilidad de material y puede ajustarlas tareas en el sitio en consecuencia. Esto fue muy apreciado por los gerentes de sitio y planificadores. También hubo algunos beneficios financieros directos debido a una mejor micro planificación de las actividades del sitio de construcción.	BIM da una visión inmediata de la disponibilidad de materiales lo que permite ajustar las tareas en el sitio en consecuencia. La integración con BIM dio algunos beneficios financieros debido a una mejor micro planificación en sitio.
Fadiya, O.	2015	DR (Navegación estimada),GIS, GPS, RFID, WSN	"Un sistema logístico basado en RFID evitará daños en los materiales, mejorará la seguridad de los recursos, maximizará la productividad y minimizará los costos de operación" -RFID/GPS/DR	Sistema logístico basado en RFID optimiza la seguridad de los recursos y disminuye costos operativos
Feng, C.W.	2017	BIM	"Si los materiales necesarios para ensamblar andamios no son adecuados en términos de tamaño o cantidad, el subcontratista puede necesitar tiempo adicional para transportar los materiales, lo que puede	Modelar en BIM los andamios prevendría costos adicionales por pérdidas y excesos

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			retrasar el progreso de la construcción. Además, si los materiales son excesivos, se colocarán en el sitio de la construcción, lo que aumentará el riesgo de ser robados y de corrosión."	
Harmelink , R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	"El ahorro total del caso en vivo sería del 20%"	Integración de BIM y GIS en un artefacto organizacional como una torre de control logística podría ahorrar hasta un 20% del costo de transporte.
Harmelink , R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	"Especialmente en el transporte, los beneficios probables son enormes, ya que del 39 al 58 por ciento de los costos logísticos totales son el transporte de mercancías"	Integración de BIM y GIS en un artefacto organizacional como una torre de control logística podría ahorrar hasta un 20% del costo de transporte.
Harmelink , R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	"Los ahorros sumaron un total de 339 movimientos de camiones en el caso en vivo. Debido al cambio modal de camiones a barcos, son necesarios 57 movimientos de barcos (equivalentes a unos 230 camiones), sumándose a los 52 movimientos de barcos existentes (210 camiones). Los ahorros totales del caso en vivo serían del 20%."	Integración de BIM y GIS en un artefacto organizacional como una torre de control logística podría ahorrar hasta un 20% del costo de transporte
Harmelink , R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	"Si optimizamos la planificación de proyectos y actividades con la ayuda de un CLCT, es decir, ajustando el momento de las actividades del	Integración de BIM y GIS en un artefacto organizacional como una torre de control logística podría ahorrar hasta un

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			proyecto y los movimientos de transporte, ahorramos 1.135 toneladas-kilómetros adicionales (7%). En el caso anterior, podría ser posible un 14% de ahorros potenciales en las actividades de transporte."	20% del costo de transporte
Isah, Yahaya	2020	Minería de datos, Software especializado en MM	"Coste de producción de pedidos, debido a la mitigación del inventario mínimo, precisión en el tiempo de recepción de materiales y partes" - MRP	Software especializado con minería de datos y algoritmos de pronóstico permiten mitigar costos al reducir inventario y optimizar recepción de materiales
Junussova, T.	2024	BIM	"...reducir los costos operativos a través de la optimización del tiempo y los recursos y aumentar el beneficio neto de la cadena de suministro de materiales de construcción minimizando riesgos y errores"	Implementar BIM ayuda a comprometer a los equipos de proyecto a cumplir con el costo
Junussova, T.	2024	BIM	"Reducir costos mejorando la planificación de la oferta y la demanda, la programación de órdenes de trabajo y la previsión"	Implementar BIM ayuda a comprometer a los equipos de proyecto a cumplir con el costo
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	"la optimización de la cadena de suministro de construcción a través de libros de contabilidad digitales distribuidos puede reducir las insolvencias como los pagos retenidos"	El Blockchain implementado en la cadena de suministro reduce costos ocultos por pagos retenidos.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	"se puede reducir la rehacer la contabilidad y los errores de datos en múltiples libros, lo que a su vez puede generar ahorros de tiempo y costos (por ejemplo, aviso de entrega instantáneo)"	Blockchain puede reducir los errores humanos y el reproceso contable-
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	"Bluetooth se ha vuelto viable gracias a la creación de sistemas de seguimiento de Bluetooth de baja energía que ahora emiten una pequeña cantidad de energía por dispositivo"	El seguimiento por etiquetas BLE (Bluetooth de baja energía) equilibra costos de etiquetado y e infraestructura
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	"En el medio de este espectro, las soluciones de seguimiento Bluetooth equilibran los costos de etiquetas e infraestructura"	El seguimiento por etiquetas BLE (Bluetooth de baja energía) equilibra costos de etiquetado y e infraestructura
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	"Las soluciones de seguimiento por Bluetooth equilibran los costos de las etiquetas y la infraestructura... proporcionan un equilibrio de costos y alcance para futuras actualizaciones de sensores"	El seguimiento por etiquetas BLE (Bluetooth de baja energía) equilibra costos de etiquetado y e infraestructura
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	"Los dispositivos Bluetooth están reduciendo su costo y son medios efectivos para actividades de seguimiento a corta distancia"	El seguimiento por etiquetas BLE (Bluetooth de baja energía) equilibra costos de etiquetado y e infraestructura
Putri, K.N.R.	2024	BIM, Comput er Vision, Escane o láser	"...algunas tecnologías como la tecnología basada en imágenes y el procesamiento de nubes	Tecnologías basadas en imágenes no necesitan tecnologías específicas en el sitio.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			de puntos no necesitan tecnologías dedicadas en el edificio."	
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Comput er Vision,Escane o láser	"La mayor parte del seguimiento de materiales utiliza tecnología basada en etiquetas al adjuntar RFID, GPS o UWB a los materiales... Sin embargo, todavía hay un trabajo manual de poner la etiqueta en cada uno de los materiales y problemas relacionados con la calidad de la señal y los requisitos de infraestructura."	RFID GPS o UWB tienen desafíos de costos debido al etiquetado manual y requisitos de infraestructura
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Comput er Vision,Escane o láser	"Pasar de una tecnología basada en etiquetas que necesita etiquetado manual a los recursos y su necesidad de construir una infraestructura específica en el sitio de construcción, la tecnología propuesta utilizada para resolver el problema de seguimiento de materiales es mediante el uso de escaneo láser y datos de Nube de Puntos (PC)."	El escaneo laser ofrece una solución rentable para el seguimiento de materiales eliminando la necesidad de etiquetado manual e infraestructura específica.
Qiao, F.	2024	BIM, Simulación	"Como resultado de la alta velocidad a la que se mueven los materiales en el sistema de operación y gestión de edificios basado en BIM, el almacén tiene una tasa de ocupación más baja."	BIM permite una ocupación de almacén menor.
Qiao, F.	2024	BIM, Simulacion	"Los tiempos de transporte aumentan drásticamente cuando se	Combinación entre BIM y comunicación inalámbrica

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			combinan la comunicación inalámbrica y por cable. En términos de gastos de transporte, BIM supera al antiguo método."	reduce costos de Transporte
Qiao, F.	2024	BIM, Simulación	"Según la Figura 5, el costo de emplear la tecnología BIM para gestionar los materiales de construcción es más alto que el costo de crear el mismo proyecto utilizando un procedimiento antiguo. Es más, de tres veces más rápido gestionar el transporte de materiales de construcción utilizando la tecnología BIM en comparación con la forma antigua."	BIM, aunque más costosa inicialmente permite gestionar el transporte de materiales más de tres veces más rápido
Qiao, F.	2024	BIM, Simulación	el costo de emplear la tecnología BIM para gestionar los materiales de construcción es más alto que el costo de crear el mismo proyecto utilizando un procedimiento antiguo.	La tecnología BIM es costosa de implementar comparada con el procedimiento tradicional.
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	"...se realizaron estudios para evaluar la viabilidad de estos sistemas automatizados, y los resultados mostraron un ahorro de hasta el 3.1% de los costos totales de construcción"	Sistemas automatizados en la gestión de materiales puede generar hasta un 3.1% de ahorro en los costos totales
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	"Las tecnologías como la identificación por radiofrecuencia, los modelos de gestión basados en la web y las	RFID integrado con sistemas de gestión web son las nuevas herramientas usadas con el objetivo de superar

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			aplicaciones de almacenamiento de datos, así como las técnicas de control de inventario [...] son las nuevas herramientas utilizadas por las empresas de construcción, con el objetivo de superar los puntos débiles en sus procesos de gestión de materiales"	puntos débiles en el proceso de gestión de materiales
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	La implementación de estas tecnologías presenta ciertas desventajas; una de ellas es el costo, que es un tema preocupante para las empresas	El costo de implementar tecnologías emergentes es una preocupación para las empresas.
Shen, W.	2022	BIM,RFID	La aplicación de la tecnología BIM a la gestión del sitio mejora la eficiencia de la gestión y reduce el costo de gestión de materiales.	BIM reduce el costo de gestión de materiales
Tang, S.	2019	BIM,iot	"Dado que los estudios actuales se basaron en marcos conceptuales y pruebas de prototipos, el desafío de superar el conservadurismo en la industria de la construcción fue crítico. Problemas como el retorno de la inversión, el capital humano, la capacitación y los problemas técnicos en la implementación podrían obstaculizar la implementación de innovaciones"	Integración BIM e IoT enfrenta problemas como el retorno a la inversión.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
Tang, S.	2019	BIM,iot	"La integración entre BIM e IoT ofrece ahorros de costos a través de sistemas de monitoreo y control automatizados"	La integración BIM e IoT ofrece ahorros de costos a través de sistemas de monitoreo y control automatizado
Tang, S.	2019	BIM,iot	"Los modelos BIM ofrecen representaciones de alta fidelidad [...] reduciendo los sobrecostos a través de datos precisos de los componentes"	Los modelos BIM reducen sobrecostos a través de datos precisos de los componentes.
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicación de Largo Alcance),iot	"El bajo consumo de energía resulta en una vida útil de la batería de muchos años. Teóricamente, esta circunstancia y que el canal de frecuencia con el que operan los sensores y dispositivos LoRa permiten enviar y recibir información incluso cuando se encuentran en interiores o subterráneos durante más tiempo que otras aplicaciones de sensores."	Tecnología LoRa permite una larga duración de batería
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	"Análisis basado en Modelado de Información de Construcción para minimizar la tasa de desperdicio de refuerzo estructural... apoya la toma de decisiones rentable durante el proceso de diseño"	El modelado BIM minimiza la tasa de desperdicio del refuerzo estructural apoyando las decisiones rentables durante el diseño.
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	"El modelo basado en BIM puede ayudar a minimizar el desperdicio de varilla y gestionar de manera efectiva el manejo y	BIM puede ayudar a minimizar el desperdicio de varillas

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			suministro de materiales durante la construcción"	
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	"Los hallazgos de este estudio revelan que el modelo de gestión de materiales basado en BIM puede ayudar a minimizar el desperdicio de varillas y gestionar de manera efectiva el manejo y suministro de materiales durante la construcción"	BIM puede ayudar a minimizar el desperdicio de varillas
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	BIM puede aumentar la cooperación en la información y el intercambio de bases de datos. Las partes del proyecto pueden optimizar y complementar la información de manera oportuna, disminuyendo la pérdida de información y los gastos de gestión	BIM puede amentar la cooperación de información disminuyendo los gastos de gestión
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	"Basado en un análisis de costo-beneficio [...] se determinó que la empresa ahorraría más de 36,000 dólares canadienses por año solo al implementar la parte de tecnología de códigos de barras basada en IoT del sistema"	Tecnología IoT puede ahorrar hasta \$36000 CAD (dólares canadienses) al año en la gestión de materiales
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	"Se asume que el costo de configuración inicial para dos dispositivos de código de barras y una red inalámbrica es de \$2000"	Red inalámbrica y dos dispositivos lectores de códigos de barras cuestan \$2000 (dólares canadienses)
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	Además, los costos relacionados con la documentación para el movimiento y transferencia de material	La implementación de tecnologías IoT puede eliminar por completo los costos de papeleo de movimientos de material

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			pueden ser eliminados por completo	
Wei, H.	2017	BIM	"Los resultados experimentales muestran que el método propuesto puede ser utilizado para el cálculo preciso de las cantidades de materiales auxiliares requeridos para reducir el uso y desperdicio de materiales auxiliares de manera eficiente y así ahorrar costos de construcción."	Modelado en BIM de las cantidades de los materiales auxiliares reduce el desperdicio y ahorra costo
Wei, H.	2017	BIM	El presupuesto para materiales auxiliares durante la fase principal de construcción de viviendas [...] puede ser utilizado por las empresas de construcción para adquirir cantidades apropiadas de materiales auxiliares. El procesamiento de materiales auxiliares y los planos de construcción pueden ser utilizados por los gerentes para guiar el procesamiento y la construcción	BIM permite tener el presupuesto apropiado de materiales auxiliares en la fase de construcción
Wu, X.	2021	BIM	"La combinación de la comunicación inalámbrica y BIM lidera todo el proceso en la tasa de rotación de inventario [...] los tiempos de rotación de BIM combinados con la comunicación inalámbrica son más de 4 veces"	Combinación entre BIM y comunicación inalámbrica mejora la tasa de rotación de inventario siendo 4 veces superior a métodos tradicionales
Wu, X.	2021	BIM	"La gestión de materiales de construcción	Tecnología Bim para la gestión de materiales

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Costos	Codificación referente a Costos
			prefabricados basada en BIM puede reducir el uso de fondos"	prefabricados puede reducir costos

Tabla 9 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de Costos para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025

Seguidamente se presenta la matriz de extractos en la tabla 10 desde la perspectiva de productividad.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
Abkar, M.M.A.	2024	BIM	BIM mejora la comunicación, fomenta la eficiencia y reduce errores, contribuyendo así a la conservación de recursos, la eficiencia energética, la preservación de materiales y la reducción de desechos	BIM mejora la comunicación fomenta la eficiencia contribuye a la conservación de recursos y reducción de desperdicios
Adebowale, Oluseyi	2023	AI,BIM,Robótica	Los sistemas de automatización basados en robots tienen una alta precisión y repetibilidad, lo que resulta en un rendimiento de alta calidad y una productividad mejorada en comparación con los trabajadores.	Los sistemas automatizados basados en robots mejoran la productividad al ofrecer precisión y repetibilidad en comparación con los trabajadores.
Adebowale, Oluseyi	2023	AI,BIM,Robótica	Los sistemas están diseñados para estabilizar el proceso de construcción y mejorar la productividad en edificios de gran altura, al establecer un ambiente de trabajo cómodo.	Sistemas automatizados basados en robots establecen un ambiente cómodo para la productividad en edificios de gran altura.
Arendt, A.	2019	GIS	Las metodologías basadas en SIG pueden ser utilizadas para representar e integrar información espacial y no espacial,	GIS integra información espacial y no espacial como el cronograma de construcción

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			como dibujos, especificaciones, recursos y el cronograma de construcción en un solo entorno	
Arendt, A.	2019	GIS	GIS proporciona herramientas para modelar información que apoye decisiones más inteligentes y rápidas; descubrir y caracterizar patrones geográficos; optimizar la red y la asignación de recursos; y automatizar flujos de trabajo a través de un entorno de modelado visual	GIS apoya la toma de decisiones rápidas e informadas
Basheer, M.	2024	Blockchain	Esta iniciativa fomentará un entorno de cadena de suministro colaborativo y abierto entre las partes interesadas y abordará de manera efectiva los retrasos en los materiales, lo que resultará en operaciones de proyecto más fluidas y en la minimización de interrupciones, promoviendo así la eficiencia operativa.	Blockchain fomenta cadena de suministro colaborativa y abierto entre las partes interesadas, Blockchain promueve eficiencia operativa., Blockchain resultará en operaciones de proyecto más fluidas
Basheer, M.	2024	Blockchain	La solución propuesta empodera a las partes interesadas del proyecto al proporcionar acceso a información de materiales en tiempo real, lo que resulta en una mejora en la toma de decisiones y una reducción en los retrasos de materiales.	El blockchain proporciona acceso en tiempo real a la información de materiales apoyando la toma de decisiones y reduciendo retrasos, Información en tiempo real reduce retrasos en la toma de decisiones

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
Chen, J.	2024	AI,Computer Vision,Móvil APP	ayuda a ahorrar tiempo y costos. Según [5], un almacén con etiquetas inteligentes RFID demostró un ahorro de tiempo del 81–99% en pedidos conjuntos	RFID ahorra tiempo en almacén entre 81-99% en pedidos conjuntos
Chen, J.	2024	AI,Computer Vision,Móvil APP	En escenarios ordinarios, el modelo de conteo de tubos cuadrados logró un AP de más del 90% y un MAE de 4.07	El conteo asistido por visión computarizada alcanza buena precisión (90% Average Precisión)
Chen, J.	2024	AI,Computer Vision,Móvil APP	Todo el proceso de cálculo y retroalimentación de resultados generalmente toma de 1 a 2 segundos, cumpliendo efectivamente con los requisitos para el conteo en tiempo real	El inventario asistido por visión computarizada permite conteos en máximo dos segundos
Chen, Q.	2020	BIM,RFID	A través de 500 ejecuciones de simulación de eventos discretos, se encontró que el flujo de trabajo BIM-RFID-LAP es capaz de reducir el tiempo promedio de construcción de pisos para el ejemplo en un 16.1% en comparación con el flujo de trabajo BIM-RFID-TRA	La integración BIM-RFID-LAP reduce el tiempo promedio de construcción por piso en 16.1% comparado con BIM-RFID-TRA
Chen, Q.	2020	BIM,RFID	el tiempo dedicado a completar la construcción de un piso se puede reducir en un 16.1% al incorporar el plan de previsión	La integración BIM-RFID-LAP reduce el tiempo promedio de construcción por piso en 16.1% comparado con BIM-RFID-TRA
Fadiya, O.	2015	DR (Navegación estimada),GIS ,GPS,RFID,WS N	Los lectores de RFID en el portal de salida de almacenamiento recuperan automáticamente datos relacionados con los	RFID automatiza la captura de información sobre los materiales que se entregan y salen del almacén

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			materiales a medida que se trasladan del almacenamiento al área de construcción	
Fadiya, O.	2015	DR (Navegación estimada),GIS ,GPS,RFID,WS N	Para las alternativas basadas en RFID, cada material de construcción/palet está etiquetado con etiquetas RFID y se instalan lectores y antenas RFID en la entrada y salida del almacenamiento. Los lectores RFID en el portal de entrada del almacenamiento escanean los materiales a medida que se mueven hacia adentro, y esto captura automáticamente todos los datos necesarios sobre los materiales que se entregan al almacenamiento	RFID automatiza la captura de información sobre los materiales que se entregan y salen del almacén
Feng, C.W.	2017	BIM	Con la implementación de módulos Dynamo, la información detallada para ensamblar andamios se puede obtener de manera efectiva y eficiente.	BIM con modulo Dynamo permite obtener información detallada sobre el ensamblaje de andamios
Fentzloff, W.	2021	BIM,Móvil APP	Cuanto antes se comience con BIM en el procesamiento de un proyecto, mejor se pueden aprovechar sus ventajas y enfrentar el peligro no insignificante de recaer en métodos de trabajo convencionales	BIM usándose temprano evita caer en métodos de trabajo convencionales menos efectivos
Fentzloff, W.	2021	BIM,Móvil APP	La optimización de la logística compleja del	BIM integrado en la logística de la

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			proyecto de construcción se lleva a cabo virtualmente utilizando los modelos, examinados en detalle y adaptados. Los modelos permiten examinar variantes de manera rápida y clara. Los puntos de restricción pueden ser localizados y se pueden desarrollar soluciones.	construcción permite examinar variantes de manera rápida y clara
Gupta, A.	2022	GPS, Móvil APP	Se hicieron menos paradas por los vehículos; el supervisor de material estaba al tanto de la ubicación del envío y del tiempo estimado de entrega.	Seguimiento por GPS y aplicaciones móviles reduce las paradas y facilita las entregas de material
Harmelink, R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	El CLCT debería apoyar al municipio principalmente en mantener la ciudad accesible y gestionar el tráfico para que los obstáculos se mantengan al mínimo, al mismo tiempo que informa a las partes interesadas sobre posibles obstáculos y logra ambiciones a nivel de ciudad.	La integración BIM y GIS en el formato de Torre de control tiene el potencial de gestionar el tráfico municipal.
Harmelink, R.	2025	BIM, GIS, Gemelo digital	El enfoque operativo del CLCT debe centrarse en facilitar este proceso de transporte lo mejor posible [...] El módulo de inteligencia de transporte contiene algoritmos que reconocen oportunidades de colaboración para combinar cargas parciales en una sola.	La integración BIM y GIS en el formato de Torre de Control ayuda a identificar automáticamente oportunidades de colaboración para combinar cargas parciales

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
Harmelink , R.	2025	BIM,GIS,Gemelo digital	La investigación del estudio de caso por TU Delft mostró que los ahorros potenciales en el caso pasado podrían ser de aproximadamente 1.000 toneladas-kilómetros (7% de todos los transportes acumulados) si solo se pudieran aplicar combinaciones de transporte y el uso de un centro de construcción.	La integración de BIM y GIS tiene el potencial de generar ahorro en transporte
Harmelink , R.	2025	BIM,GIS,Gemelo digital	TNO ha demostrado estos beneficios en la práctica, con una reducción del transporte del 50 al 65 por ciento en la fase de acabado y del 80 por ciento en la fase de concha	La integración de BIM y GIS tiene el potencial de generar ahorro en transporte
Isah, Yahaya	2020	Minería de datos, Software especializado en MM	Aumento de la productividad en la industria de la construcción; aumento de la eficiencia de un sistema de cadena de suministro en el sitio; mejora de la programación y planificación de materiales	Software especializado con minería de datos y algoritmos de pronóstico tiene el potencial de incrementar la productividad
Isah, Yahaya	2020	Minería de datos, Software especializado en MM	Por lo tanto, los encuestados entrevistados consideraron que los siguientes beneficios podrían acumularse en la industria de la construcción si se utiliza la tecnología DM (...) reducción en el tiempo de procesamiento de material en el sitio de	La minería de datos tiene el potencial de mejorar la distribución de mercancía, La minería de datos tiene el potencial de reducir el tiempo de procesamiento de materiales en sitio y optimizar el uso de maquinaria.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			construcción; mejor uso de la planta en la industria de la construcción, (...)	
Isah, Yahaya	2020	Minería de datos, Software especializado en MM	Los resultados mostraron que la utilización efectiva de la tecnología de pronóstico en el sistema logístico de la industria de la construcción podría llevar a obtener ganancias de eficiencia completas en la logística de pronóstico de la industria de la construcción	Software especializado con algoritmos de pronóstico podría mejorar la eficiencia.
Junussova , T.	2024	BIM	Para mejorar el intercambio de datos con fabricantes/proveedores, para mejorar la fiabilidad de la adquisición mediante el uso consistente de datos para una mejor planificación y pedido de materiales	BIM mejora la fiabilidad de la adquisición. BIM mejora la planificación de pedidos
Junussova , T.	2024	BIM	Para optimizar, agilizar y automatizar el flujo de trabajo de datos y mejorar la toma de decisiones al proporcionar datos en tiempo real	BIM proporciona información en tiempo real. Información en tiempo real reduce retrasos en la toma de decisiones
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	la manipulación de los datos logísticos del pasado se puede evitar a través del consenso requerido para las actualizaciones de bloques y el almacenamiento del historial transaccional completo - algo que también puede reflejarse positivamente en cuestiones de productividad y eficiencia	Blockchain evita el uso de datos logísticos pasados

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	una información más precisa sobre las entregas de camiones puede reducir los tiempos de espera y las interrupciones en el trabajo en el sitio	Blockchain da información más precisa sobre las entregas lo que puede reducir los tiempos de espera e interrupciones en sitio.
Liu, L.	2024	BIM,QR	Al hacer clic en el botón Detalles, el usuario puede ver la información técnica sobre el componente, y al hacer clic en el botón Encontrar, el usuario puede identificar la ubicación general del componente escaneado en el modelo BIM con otros componentes atenuados y transparentes.	BIM en la construcción modular permite identificar la ubicación de componentes en el modelo
Liu, L.	2024	BIM,QR	El marco habilitado por la cadena logística permite que cualquier módulo de material de un proyecto de construcción modular sea rastreado en ruta, inventariado en un sistema de gestión de materiales y visualizado en el modelo BIM con un escáner de código de barras antes de la instalación	La integración de BIM con Códigos de Barra permite hacer seguimiento a los módulos en construcción modular
Liu, L.	2024	BIM,QR	La plataforma BIM habilitada para la cadena logística propuesta puede mejorar considerablemente la eficiencia del trabajo en el sitio	BIM integrado a la cadena logística puede mejorar la eficiencia del trabajo en sitio en la construcción modular
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	El seguimiento del transporte en tiempo real permitirá entregas en el	BLE facilita aplicar metodologías "Justo a Tiempo" y programación

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			sitio de construcción 'Justo a Tiempo', así como programación predictiva y reactiva automatizada basada en el progreso y las condiciones del sitio.	predictiva automatizada basada en las condiciones del sitio.
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	Mientras que el seguimiento se ha vuelto común en las actividades de transporte logístico, las pruebas revelan las otras etapas de actividad donde el seguimiento de materiales puede proporcionar información valiosa para la actividad de construcción – fabricación fuera del sitio, suministro de materiales y tareas de ensamblaje en el sitio	Etiquetas tipo BLE (Bluetooth de baja intensidad) puede proporcionar información valiosa para la construcción prefabricada y ensamblaje en sitio.
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	una de las oportunidades más significativas para los datos proporcionados por el seguimiento de las actividades de construcción está en las actividades de diseño en la fase inicial	El seguimiento mediante etiquetas BLE puede proporcionar datos para mejorar el diseño inicial
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	Existe un potencial adicional para que los acelerómetros se incorporen en las etiquetas para proporcionar información histórica de manejo, dando a los equipos de ensamblaje alertas de impacto y daño de materiales, proporcionando una fuente importante de	El etiquetado con tecnología BLE con acelerómetros incorporados podría dar alertas de impacto o daño de materiales a los equipos de ensamblaje en sitio

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			retroalimentación sobre el diseño de componentes	
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	Los datos de seguimiento capturados por las etiquetas BLEAT también se definieron como una fuente valiosa de datos de DfMA para el Socio A, para mejorar y verificar las decisiones de diseño temprano basadas en los resultados de la fase de fabricación y ensamblaje	El seguimiento mediante etiquetas BLE mejora las decisiones de diseño tempranas en la construcción.
Putri, K.N.R.	2024	BIM, Computer Vision, Escaneo láser	El algoritmo puede determinar tanto la cantidad de materiales como sus respectivas ubicaciones desde GPS. Estos datos, presentados en formato de hoja de cálculo, fueron utilizados como entrada para visualizar los materiales dentro del Modelo de Información de Construcción (BIM).	BIM proporciona información en tiempo real. La integración de visión computarizada por escaneo laser y BIM permite la reconstrucción del proyecto en el modelado en su ubicación en tiempo real
Putri, K.N.R.	2024	BIM, Computer Vision, Escaneo láser	El enfoque propuesto puede proporcionar información espacial como la ubicación (x, y, z coordenada global), la orientación de cada material y el número de materiales.	La visión computarizada mediante escaneo laser tiene 78.5% de efectividad detectando la posición del material.
Putri, K.N.R.	2024	BIM, Computer Vision, Escaneo láser	El proceso automatizado se ha llevado a cabo al emparejar el material en función de su característica geométrica del modelo de material 3D... El resultado puede	La visión computarizada mediante escaneo laser tiene 78.5% de efectividad detectando la posición del material.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			detectar hasta el 78.5% del material.	
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Computer Vision,Escaneo láser	Estos datos se pueden reconstruir en un detalle 3D del proyecto del sitio en la plataforma de Modelado de Información de Construcción (BIM) en su ubicación actual.	La integración de visión computarizada por escaneo laser y BIM permite la reconstrucción del proyecto en el modelado en su ubicación en tiempo real
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Computer Vision,Escaneo láser	La implementación de este método sirve como una etapa inicial para lograr la sincronización entre la construcción física y su correspondiente gemelo digital en el campo de la construcción.	El escaneo láser busca sincronizar la construcción física con su gemelo digital
Qiao, F.	2024	BIM,Simulación	A través de encuestas de muestreo y simulación en mesa de arena, se compara la gestión de materiales de construcción basada en BIM con el método de gestión tradicional y el método de gestión que combina BIM con comunicación de red inalámbrica [...] Según los resultados, la tasa de rotación de inventario promedio del enfoque de gestión basado en BIM es seis veces mayor que la del método de gestión convencional	La implementación de BIM en la gestión de materiales tiene una tasa de rotación de inventario seis veces mayor al método tradicional
Qiao, F.	2024	BIM,Simulación	Es posible transmitir grandes cantidades de información en tiempo real durante la fabricación, lo que puede ayudar en la organización	Información en tiempo real reduce retrasos en la toma de decisiones, La combinación de BIM y comunicación inalámbrica permite transmitir

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			y administración de materiales de construcción	información en tiempo real mejorando la organización y administración de materiales
Qiao, F.	2024	BIM, Simulación	La gestión de materiales de construcción basada en la tecnología BIM tiene una tasa de ocupación de almacén más baja que el enfoque convencional, y el efecto combinado de BIM y comunicación inalámbrica es superior al enfoque convencional.	La comunicación inalámbrica combinada con BIM potencia los efectos positivos. La implementación de BIM en la gestión de materiales tiene una tasa de rotación de inventario seis veces mayor al método tradicional
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	La persona a cargo de los materiales en el almacén [...] ingresa la información necesaria de los materiales (nombre, calidad, cantidad, datos del proveedor, etc.) en la base de datos de Zoho Creator. Una vez que se completa la entrada de datos, están inmediatamente disponibles para el segundo actor, el gerente de proyecto	El uso de aplicaciones móviles mejora la disponibilidad inmediata de la información y la comunicación entre almacenista y gerente de proyectos
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	una tecnología GPS integral con RFID, con el objetivo de localizar objetos etiquetados en un plano 3D real. Esto significa una gran contribución al proceso de gestión de materiales, porque esta herramienta es bastante útil para facilitar y mantener un control en tiempo real de	GPS integrado con RFID y BIM facilita el control en tiempo real reemplazando el método tradicional que puede ser ineficiente y tardío.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			pedidos, stock de materiales en la obra (...). Asimismo, la gestión automatizada de materiales utilizando este sistema reemplaza el método tradicional con documentación en papel, que puede ser tediosa, ineficiente y tardía.	
Shen, W.	2022	BIM,RFID	El método basado en la tecnología BIM y la tecnología del Internet de las Cosas plataforma de gestión de materiales integrada en 5D puede realizar la gestión diaria de materiales de manera más precisa.	La plataforma 5D (3 Dimensiones espaciales + Costo + Cronograma) basada en BIM junto con IoT permite una gestión diaria de materiales más detallada
Shen, W.	2022	BIM,RFID	Los gerentes de BIM luego asocian la información del progreso de la construcción con la información de materiales ajustada y la lista de precios de materiales para generar el plan de progreso de la construcción	BIM asocia la información del progreso de la construcción con la información de materiales para generar el plan de progreso de la construcción
Shen, W.	2022	BIM,RFID	Cuando se necesita almacenar temporalmente una variedad de materiales en el sitio de construcción al mismo tiempo, pero el espacio libre en el sitio de construcción es limitado, se utiliza el modelo BIM para extraer la información espacial relevante, que puede identificar de manera	BIM permite identificar eficazmente el espacio disponible en el sitio de construcción.

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			efectiva el espacio disponible interno y externo del objeto de construcción	
Tang, S.	2019	BIM,iot	Conectar flujos de datos en tiempo real [...] a modelos BIM proporciona eficiencias mejoradas en la construcción y operación	La integración de datos en tiempo real de dispositivos IoT a modelos BIM mejora la eficiencia en la construcción y operación
Tang, S.	2019	BIM,iot	La información de posicionamiento, las mediciones físicas, los datos meteorológicos [...] mejoran la productividad operativa a través de la monitorización en tiempo real	El IoT monitorea en tiempo real las operaciones en construcción
Tang, S.	2019	BIM,iot	La información potencial muestreada de los sensores es altamente variable, pero incluye tanta información de posicionamiento, mediciones físicas, clima, etc.	La integración de BIM e IoT permite capturar condiciones ambientales en tiempo real además de la posición.
Tang, S.	2019	BIM,iot	Las entradas sensoriales en tiempo real que capturaron condiciones ambientales realistas se combinaron con modelos BIM para calcular la instrucción del operador de equipo, la trayectoria del compactador y las operaciones automáticas de la grúa	La integración de BIM e IoT permite capturar condiciones ambientales en tiempo real además de la posición.
Tang, S.	2019	BIM,iot	Los datos de BIM e IoT ofrecen perspectivas complementarias del proyecto que juntos	La integración BIM con IoT ofrece perspectivas complementarias del proyecto y juntas suplementan limitaciones

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			complementan las limitaciones de cada uno	
Tang, S.	2019	BIM,iot	Los datos de IoT mejoran este conjunto de información al proporcionar un estado en tiempo real y registrable de las operaciones reales en la construcción y las operaciones	La integración de datos provenientes del IoT proporciona información en tiempo real de las operaciones en la construcción.
Tang, S.	2019	BIM,iot	Los datos de IoT mejoran este conjunto de información al proporcionar un estado en tiempo real y registrable de las operaciones reales en la construcción y operaciones	El IoT monitorea en tiempo real las operaciones en construcción
Tang, S.	2019	BIM,iot	Los dispositivos BIM e IoT como las etiquetas RFID son herramientas efectivas para la fabricación de componentes prefabricados, logística, seguimiento, visualización con el modelo BIM y ensamblaje automático	la integración de BIM y RFID mejora la fabricación de componentes prefabricados y la visualización y ensamblaje automático
Tang, S.	2019	BIM,iot	Se utilizaron sensores como sensores de Bluetooth de baja energía y sensores de movimiento para rastrear el movimiento de trabajadores, materiales y equipos en sitios de construcción complejos	Integración de sensores BLE con sensores de movimiento permite el seguimiento de materiales y equipos en sitio.
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicació	“Los participantes que utilizaron la ayuda técnica fueron hasta un 21.5% más rápidos (en su primer uso de la tecnología) al	La tecnología LoRa permite a los participantes ser hasta un 21.5% más rápidos en encontrar objetos en la construcción

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
		n de Largo Alcance),iot	encontrar los objetos que los sujetos que no tenían tecnología disponible”	
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicación de Largo Alcance),iot	Grau et al. [7], por ejemplo, pidieron una reducción en el tiempo de trabajo perdido por esperas innecesarias y disposición no óptima de equipos o materiales. Su estudio demostró un retorno de 8:1 sobre la inversión y una ganancia de productividad general del 4.2%, una vez que se aplica el seguimiento inteligente de materiales	La implementación de seguimiento de materiales inteligente puede mejorar la eficiencia operativa 4.2% y tiene un retorno de la inversión de 8:1
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicación de Largo Alcance),iot	Los resultados del monitoreo de la construcción de conchas e interiores muestran que los tiempos de desperdicio del 19% son directamente evitables [...] Algunas de las actividades más derrochadoras observadas por el estudio se reportan como formas y manejo de material innecesarios (10%), búsqueda de equipos (6%) y espera de equipos (3%)	El seguimiento con tecnología LoRa (Redes de área amplia de largo alcance) podría evitar que hasta el 19% del tiempo desperdiciado sea directamente evitado.
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	BIM podría mejorar la calidad y la productividad, reducir costos y permitir un mejor ambiente de trabajo	BIM podría mejorar la productividad y reducir costos
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	El modelo desarrollado es más efectivo y consistente en la gestión y cálculo del número de materiales auxiliares necesarios para	La aplicación de BIM mejora la efectividad y consistencia en la gestión de materiales auxiliares en proyectos de construcción

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			el proyecto en comparación con el proceso de gestión anterior	
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	La aplicación del modelo basado en BIM permite medios fáciles para controlar el progreso del sistema, rastrear el sistema de materiales y el sistema de monitoreo de seguridad.	El modelado BIM permite controles efectivos del progreso del sistema y el seguimiento de los materiales
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	Los hallazgos revelan que la implementación de estas técnicas mejoró el nivel de gestión de materiales de construcción ecológicos en comparación con proyectos que no utilizan BIM y basados en RFID	BIM integrado con RFID mejora el nivel de gestión de materiales de construcción ecológicos en comparación con métodos tradicionales
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	BIM puede aumentar la cooperación en la información y el intercambio de bases de datos. Las partes del proyecto pueden optimizar y complementar la información de manera oportuna, disminuyendo la pérdida de información y los gastos de gestión	BIM puede amentar la cooperación de información disminuyendo los gastos de gestión
Toyin, J.O.	2023	BIM,RFID	El proceso de gestión de materiales se vuelve más fluido con la integración del modelo BIM	BIM vuelve más fluida la gestión de materiales
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	Así, se pueden ahorrar aproximadamente 2 horas al día de entrada de datos para un empleado de oficina	La implementación de IoT puede ahorrar aproximadamente hasta 2 horas diarias de entradas de datos en oficina

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	Con la asistencia del sistema propuesto, una pestaña de funciones en el sistema es capaz de realizar todo el trabajo para el estimador, de modo que se pueden ahorrar aproximadamente 25 minutos al día para realizar la conversión de unidades y la preparación de datos para la previsión de inventarios	La implementación de IoT permite ahorrar aproximadamente 25 minutos diarios en conversión de unidades y preparación de datos para la previsión de inventarios
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	Solo se necesitan 5 s para extraer los datos en tiempo real, en contraste con el método tradicional basado en papel y lápiz para actualizar el módulo de inventario del sistema ERP ingresando todos los datos manualmente, artículo por artículo	La tecnología IoT permite extraer datos en tiempo real en solo 5 segundos mejorando significativamente comparado con el método tradicional
Wei, H.	2017	BIM	El método propuesto construye el modelo BIM de los componentes del edificio en primer lugar de acuerdo con el esquema de construcción, la tecnología de construcción y la especificación de construcción; luego, se utiliza la información integrada del modelo BIM para calcular el uso de materiales auxiliares	Modelado BIM proporciona información para calcular el uso de materiales auxiliares de manera más precisa que el método tradicional
Wei, H.	2017	BIM	en comparación con los procesos de gestión originales, la cantidad de la plantilla se reduce en aproximadamente un	El modelado BIM contemplando los materiales auxiliares redujo en hasta un 20%

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			20.7%, y la cantidad de madera cuadrada disminuye en aproximadamente un 17%. (p.20)	los consumos de plantillas y madera
Wu, X.	2021	BIM	La gestión de materiales de construcción prefabricados basada en BIM puede reducir el uso de fondos y la ocupación de almacenes, y controlar la calidad de los materiales mejor que los métodos tradicionales	BIM puede reducir costos y optimizar el uso del espacio en comparación con métodos tradicionales
Wu, X.	2021	BIM	La comunicación inalámbrica puede transmitir mucha información a tiempo en la producción, lo que puede promover la gestión y organización de los materiales de construcción	Comunicación inalámbrica puede transmitir una gran cantidad de información a tiempo en la producción promoviendo la gestión, Productividad
Zhang, Zheng	2024	Computer Visión	La velocidad de detección del modelo de una etapa tiene una ventaja significativa y es adecuada para el escenario de aplicación práctica de detección de objetos pequeños apilados densamente.	La visión computarizada ofrece una velocidad de detección significativamente superior para objetos pequeños apilados en la construcción
Zhang, Zheng	2024	Computer Visión	Toma la industria de la construcción como ejemplo, el conteo inteligente de varillas, puede mejorar considerablemente la eficiencia de gestión en ventas, entrega y gestión de inventario. También puede prevenir de manera	La detección de objetos asistida por visión computarizada mejora considerablemente la eficiencia en gestión de inventario, La detección de objetos asistida por visión computarizada puede prevenir actos

Autor principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con Productividad	Codificación referente a Productividad
			efectiva actos como el robo por parte de supervisores.	como robo por parte de supervisores
Zhang, Zheng	2024	Computer Visión	Para objetos pequeños con enmascaramiento local o adhesiones, los modelos de detección de objetivos existentes son propensos a la detección falsa	El conteo asistido por visión computarizada tiene modelos propensos a detecciones falsas cuando el objeto tiene enmascaramiento o adhesiones
Čuš-Babič, N.	2014	BIM	Con el nuevo sistema, ahora es posible rastrear los cambios de estado de cada elemento de construcción y mostrar el historial completo del proceso de manejo	BIM posibilita rastrear los cambios de estado de cada elemento de construcción y muestra el historial del elemento.

Tabla 10 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de Productividad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025

El siguiente análisis temático se muestra en la tabla 10 con los extractos de texto desde la perspectiva de la sostenibilidad. Es necesario mencionar que esta fue la revisión para la cual se encontraron menos extractos.

Autor Principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con sostenibilidad	Codificación referente a Sostenibilidad
Fadiya, O.	2015	DR (Navegación estimada),GIS, GPS,RFID,WSN	reducción de desperdicios, reducción de accidentes, reducción de extravíos, reducción de robos, mejora de la precisión de los datos, mejora en la entrega y ahorro de tiempo	Sistemas logísticos basados de TICS han demostrado reducción de residuos
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	Rodrigo et al. (2020) describieron el uso de blockchain para hacer que las transacciones de datos sean transparentes e inmutables al estimar las emisiones de carbono incorporadas a lo largo de	Blockchain permite tener la trazabilidad y estimar emisiones de carbono a lo largo de la cadena de suministro

Autor Principal	Año	Tecnologías	Extracto relacionado con sostenibilidad	Codificación referente a Sostenibilidad
			las cadenas de suministro de construcción	
Wei, H.	2017	BIM	el método propuesto puede ayudar a las empresas a implementar la gestión fina de materiales auxiliares, lograr una construcción verde y ahorrar costos de construcción.	BIM en la gestión de materiales auxiliares puede lograr una construcción más ecológica

Tabla 11 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de sostenibilidad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025

Finalmente se presentan los extractos y codificación desde la perspectiva de la Adaptabilidad. Para esta revisión se incluye también el país de origen y el nivel de desarrollo económico, ya que estos factores son importantes para evaluar la compatibilidad con el contexto colombiano. Esta información permite dar mayor peso durante la revisión cualitativa a los estudios provenientes de países en vías de desarrollo, debido a su mayor similitud con la realidad colombiana.

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
Junussova, T.	2024	BIM	Mejorar la eficiencia del flujo de trabajo de datos mediante la implementación de soluciones integradas en lugar de adoptar una solución fragmentada	BIM al ser una solución que integra información mejora la eficiencia en contraste con soluciones fragmentadas	Varias	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Wu, X.	2021	BIM	"La combinación de comunicación inalámbrica y BIM puede lograr mejores resultados"	BIM combinado con comunicación inalámbrica logra mejores resultados.	China	En vías de desarrollo
Feng, C.W.	2017	BIM	Dependiendo del tipo de proyecto, como las	BIM con modulo Dynamo permite adaptarse a las	Taiwán	Desarrollado

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			restricciones regionales, el contenido contractual, la geometría del edificio, etc., hay diferentes requisitos de componentes de andamiaje.	diferentes exigencias de los componentes de andamios según el proyecto y normativa del país		
Liu, L.	2024	BIM,QR	La principal contribución de este estudio es permitir que múltiples sistemas se integren para un intercambio de información fluido en la construcción modular al combinar modelos BIM, bases de datos de inventario y el flujo de trabajo en el sitio juntos	BIM permite combinarse con las bases de datos de inventario y el flujo de trabajo del sitio	China	En vías de desarrollo
Shen, W.	2022	BIM,RFID	El algoritmo de programación multiobjetivo ISGP se utiliza para determinar la mejor ubicación temporal de almacenamiento de materiales en el sitio de construcción, con el fin de ayudar a	BIM permite identificar eficazmente el espacio disponible en el sitio de construcción.	China	En vías de desarrollo

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			los gerentes a tomar decisiones de gestión de materiales.			
Shen, W.	2022	BIM,RFID	Sin embargo, en el proceso de aplicación empresarial, habrá más o menos problemas que no son aplicables a su propio negocio. La solución actual es encontrar socios y personalizar una plataforma de gestión colaborativa BIM que satisfaga las necesidades de las empresas constructoras.	BIM requiere personalizar la gestión colaborativa que satisfaga las necesidades específicas de cada empresa de construcción.	China	En vías de desarrollo
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	la barrera del compromiso casi ausente de los practicantes con blockchain, que hizo que nuestra presentación sobre el potencial de la tecnología fuera más difícil de transmitir, también fue confirmada	Blockchain tiene una barrera de entrada importante al tener dificultades de lograr el compromiso inicial de los involucrados	Suecia	Desarrollado
Qiao, F.	2024	BIM,Simulacion	La tecnología de comunicación inalámbrica tiene	Comunicación inalámbrica tiene ventajas de	China	En vías de desarrollo

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			ventajas como la adaptabilidad, la velocidad y la fiabilidad	adaptabilidad velocidad y fiabilidad		
Zhang, Zheng	2024	Computer Visión	El método también se puede extender y aplicar al inventario de otros materiales básicos de comercio en grandes cantidades en los campos de infraestructura, agricultura y ganadería, como tuberías de acero, placas de acero, troncos y sacos de cemento, fertilizante y piensos	El conteo asistido por visión computarizada además de contar barras de refuerzo aplica para placas y tuberías de acero troncos y sacos de cemento	China	En vías de desarrollo
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Computer Vision,Escaneo láser	La implementación de este método sirve como una etapa inicial hacia la consecución de la sincronización entre la construcción física y su gemelo digital correspondiente en el campo de la construcción.	El escaneo láser sirve como una etapa inicial para la sincronización entre la construcción física y su gemelo digital	Australia	Desarrollado

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	Esta prueba demostró la simplicidad de la integración con los proveedores de materiales y mostró la posibilidad de que tales actividades de seguimiento proporcionen datos sobre el rendimiento de los proveedores	El seguimiento con etiquetas BLE con adecuada capacitación se integra fácilmente en los Flujos de trabajo	Australia	Desarrollado
Maxwell, D.	2023	BLE (Bluetooth de baja energía)	Las pruebas encontraron que, con la capacitación adecuada y una comunicación clara, los sistemas de seguimiento se pueden integrar fácilmente en los elementos de construcción y en los flujos de trabajo	El seguimiento con etiquetas BLE con adecuada capacitación se integra fácilmente en los Flujos de trabajo	Australia	Desarrollado
Fadiya, O.	2015	DR (Navegación estimada), GIS,GPS,RFID,WSN	El sistema combina tanto la seguridad de las plantas como la de los peatones y puede integrarse con un sistema de información de gestión, de modo que las notificaciones de	El seguimiento con RFID y GPS sobre todo de equipos puede adaptarse al mismo tiempo para notificaciones de seguridad entre trabajadores en	Reino Unido	Desarrollado

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			seguridad puedan comunicarse de manera efectiva a la gestión, así como a los peatones y trabajadores en el sitio de construcción	el sitio de construcción.		
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	...muestra que la aplicación cumplió con las expectativas de los usuarios en un 85%. La desventaja aquí es que el estudio se realizó con estudiantes, por lo tanto, no es posible garantizar que la aplicación utilizada en casos de construcción reales sea igualmente satisfactoria	El uso de la aplicación móvil cumplió con las expectativas del 85% de los usuarios de la prueba piloto (Estudiantes de Arquitectura e ingeniería)	México	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	La industria se encuentra en una etapa temprana en la adopción de las nuevas técnicas y tecnologías de apoyo a la gestión de los materiales de construcción	En general las tecnologías de apoyo a la gestión de materiales de construcción se encuentran en una etapa temprana de adopción	México	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
Tang, S.	2019	BIM,iot	Tanto los datos BIM como los datos IoT se pueden acceder a través de varios mecanismos, incluidas interfaces manuales de sistemas propietarios, APIs de programación asociadas con estas aplicaciones, posibles conexiones de base de datos a los sistemas y exportación a través de estándares abiertos	Los datos originados por BIM e IoT pueden ser accedidos por varios mecanismos y a través de estándares abiertos	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Tang, S.	2019	BIM,iot	Están surgiendo una serie de estándares abiertos tanto en los campos de BIM como de IoT [...] facilitando implementaciones adaptables	En integraciones BIM con IoT están emergiendo estándares abiertos facilitando implementaciones adaptables	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Kifokeris, D.	2021	Blockchain	La desintegración del sistema parece ser un déficit importante en el funcionamiento del prototipo actual. La integración con	En la implementación blockchain se vieron problemas de desintegración con otros sistemas de los demás actores.	Suecia	Desarrollado

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			otros sistemas es crucial para la creación de valor para los actores participantes			
Arendt, A.	2019	GIS	Los SIG se pueden utilizar para mantener diferentes tipos de información sobre el edificio, como el plano del sitio, dibujos, detalles subterráneos, especificaciones de componentes, planes de evacuación del edificio, planes de seguridad y planes de paisajismo.	GIS permite mantener información multidisciplinar sobre la construcción	USA	Desarrollado
Arendt, A.	2019	GIS	Los datos espaciales generados con el propósito de visualización en GIS también pueden ser utilizados para la toma de cantidades	GIS permite utilizar datos espaciales tanto para visualización como para cálculo de cantidades de materiales	USA	Desarrollado
Tang, S.	2019	BIM,iot	Investigaciones recientes sugieren que las tecnologías habilitadoras de IoT, incluidas las tecnologías de sensores, las	IoT (para detección identificación y seguimiento) tiene la capacidad de compartir información a	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			tecnologías de identificación y reconocimiento [...] proporcionan la capacidad de compartir información entre plataformas a través de un marco unificado	través de plataformas mediante un marco unificado		
Tang, S.	2019	BIM,iot	El IoT explota principalmente protocolos y tecnologías estándar, de los cuales los dispositivos IoT constituyen un subconjunto importante.	IoT explota protocolos de comunicación ya establecidos como estándar	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Wang, M.	2020	QR,RFID,iot	Dicho sistema no solo puede mejorar efectivamente la eficiencia de la construcción de paneles, sino que también puede crear un vínculo común para los usuarios de todos los aspectos a lo largo de la cadena de suministro, tanto interna como externamente.	IoT mejora la eficiencia de la construcción panel izada (prefabricada)	Canadá	Desarrollado
Tang, S.	2019	BIM,iot	La computación en la nube implica hospedar	IoT puede aprovechar la computación en	Varios	Resultados diferenciados de países

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			servicios de computación a través de Internet y permite conectar diferentes dispositivos IoT a la infraestructura de Internet existente	la nube para conectar los diferentes dispositivos		desarrollados y no desarrollados
Junussova, T.	2024	BIM	Para facilitar la transferencia de la construcción a la gestión de instalaciones: mayor control sobre reemplazos, renovaciones y actualizaciones	La aplicación de BIM facilita la transferencia de la etapa constructiva a la gestión de las instalaciones dando control sobre reemplazos y renovaciones.	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Chen, J.	2024	AI, Computer Vision, Móvil APP	Desde su lanzamiento, esta aplicación ha atraído a más de 28,000 usuarios registrados y ha completado tareas de conteo para aproximadamente 180,000 imágenes	La aplicación de conteo ha atraído más de 28000 usuarios y completar aproximadamente 180000 conteos	China	En vías de desarrollo
Gupta, A.	2022	GPS, Móvil APP	“Mientras se prueba la aplicación, se tiene en cuenta la comodidad del usuario, ya que incluir una nueva herramienta en el método	La implementación de aplicaciones móviles considera la comodidad del usuario como facilitador para gestionar el	India	En vías de desarrollo

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			convencional requiere tiempo para la adaptabilidad.”	tiempo de adaptabilidad		
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	“...no es tan simple implementar esto en diferentes estratos empresariales, porque es imposible equiparar las instalaciones de las empresas medianas y grandes con las de las micro y pequeñas empresas. Las primeras se basan en una estructura organizativa más formal, mejor recurso humano y una mayor inversión de capital, mientras que las otras tienen estructuras organizativas precarias, menos recurso humano y capital limitado. En consecuencia, las empresas de construcción más pequeñas sufren	La implementación de cualquier tecnología depende del tamaño de la empresa, Las pequeñas empresas en construcción sufren de subdesarrollo en relación con la gestión de materiales	México	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			de subdesarrollo en relación con la gestión de sus materiales.”			
Harmelink , R.	2025	BIM,GIS,Gemelo digital	La aplicación estratégica del CLCT es más amplia [...] El gemelo digital simula el entorno de construcción, puede prever actividades de construcción con, por ejemplo, datos BIM, y puede predecir actividades logísticas necesarias en el futuro.	La implementación de un Gemelo Digital permite predecir actividades logísticas de diferentes fuentes de datos no solo de BIM.	Holanda	Desarrollado
Rodríguez, R.C.	2022	Móvil APP	...los ingenieros, técnicos y personal de almacén encontraron que la tarea de implementación del nuevo sistema era un poco tediosa, mostrando así cierta reticencia e inclinándose hacia el sistema de gestión de materiales tradicional	La implementación de una aplicación móvil mostro cierta resistencia	México	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Tang, S.	2019	BIM,iot	La investigación sobre la integración de	La integración de BIM e IoT se encuentra en	Varios	Resultados diferenciados de países

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			BIM e IoT aún se encuentra en etapas iniciales [...] requiriendo la adaptación de los enfoques de implementación a contextos específicos	etapas iniciales requiriendo adaptación a cada contexto		desarrollados y no desarrollados
Chen, Q.	2020	BIM,RFID	el flujo de trabajo propuesto puede ser utilizado, modificado y extendido a otros tipos de proyectos de construcción de diversas escalas y tipos. En particular, cuando las aplicaciones de software son personalizadas para proyectos, el nuevo flujo de trabajo tiene que ser adaptado o personalizado de acuerdo con las funcionalidades y las necesidades de interoperabilidad de datos de las aplicaciones de software. Además, para el desarrollo de flujos de trabajo personalizados	La integración de tecnologías BIM con IoT tiene flujos de trabajo adaptables a diversos escalas y tipos de proyectos	Suiza	Desarrollado

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Computer Vision,Escaneo láser	La diferencia entre las coordenadas globales reales y las predichas es de 0.75m, lo cual es aceptable para la ubicación de material en un gran proyecto de infraestructura.	La visión computarizada mediante escaneo laser junto con BIM da la precisión adecuada para hacer seguimiento de materiales en la construcción.	Australia	Desarrollado
Putri, K.N.R.	2024	BIM,Computer Vision,Escaneo láser	Para el seguimiento de la ubicación del material, un alto grado de precisión en el orden de milímetros o centímetros no es esencial. Detectar y visualizar la ubicación del tubo en el modelo virtual 3D con una precisión dentro de un rango de 1 metro se considera adecuado.	La visión computarizada mediante escaneo laser junto con BIM da la precisión adecuada para hacer seguimiento de materiales en la construcción.	Australia	Desarrollado
Adebowale, Oluseyi	2023	AI,BIM,Robótica	Aunque algunas de las innovaciones en IA han superado la barrera del entorno de construcción, la mayoría de los sistemas aún	Las innovaciones en IA aún no han superado completamente las barreras del entorno de la construcción	Sudáfrica	En vías de desarrollo

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			deben superar esta barrera para su plena aplicación en proyectos de construcción.			
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicación de Largo Alcance),iot	LoRa está llenando un vacío en las comunicaciones inalámbricas [...] Al igual que los teléfonos móviles en una red de teléfonos móviles, los dispositivos LPWAN podrán operar en redes públicas de LoRa	LoRa amplía los anchos de banda usables para implementaciones IoT LoRa puede operar en redes públicas.	Alemania	En vías de desarrollo
Tang, S.	2019	BIM,iot	Están surgiendo una serie de estándares abiertos tanto en los campos de BIM como de IoT	Los datos originados por BIM e IoT pueden ser accedidos por varios mecanismos y a través de estándares abiertos	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Tang, S.	2019	BIM,iot	La mayoría de los sensores actuales y la investigación sobre la integración de BIM aún no están conectados con la nube, por lo que es esencial explorar más en la computación en la nube para	La mayoría de Integraciones BIM con IoT carecen de conexión con la nube.	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados

Autor Principal	Año	Tecnología	Extracto relacionado con Adaptabilidad	Codificación referente a Adaptabilidad	País	Desarrollo económico
			la integración de IoT y BIM.			
Tang, S.	2019	BIM,iot	Están surgiendo una serie de estándares abiertos tanto en los campos de BIM como de IoT	Los datos originados por BIM e IoT pueden ser accedidos por varios mecanismos y a través de estándares abiertos	Varios	Resultados diferenciados de países desarrollados y no desarrollados
Teizer, J.	2020	BLE (Bluetooth de baja energía),LoRa (Comunicación de Largo Alcance),iot	Un usuario, por lo tanto, que demande la geolocalización terrestre de los activos de construcción en un gran patio de almacenamiento, por ejemplo, debe combinar etiquetas RFID y antenas con un receptor GNSS móvil	RFID para localizar activos de construcción en un gran patio requiere combinar varios elementos: etiquetas antenas y receptor móvil	Alemania	Desarrollado

Tabla 12 Matriz de extractos referentes a la perspectiva de adaptabilidad para la bibliografía revisada. Fuente: Elaboración Propia. 2025

4.2 Relaciones temáticas

Durante el proceso de codificación, se evidenciaron relaciones entre conceptos dentro de los grupos de perspectivas analizados (costo, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad). Para facilitar el análisis y la integración de los conceptos que emergían durante la codificación, se generaron nubes de palabras utilizando la herramienta "Pro Word Cloud", un complemento de fácil instalación desde la tienda virtual de Microsoft Word. Esta herramienta resultó útil por su capacidad de generar nubes de palabras según su frecuencia de aparición. Durante el procesamiento, se excluyeron palabras inherentes a la investigación cuya inclusión resultaría redundante, como "construcción", "costos" y "materiales". Este proceso generó composiciones gráficas distintas para cada perspectiva (costos, adaptabilidad, sostenibilidad y productividad) que se relacionan a continuación.

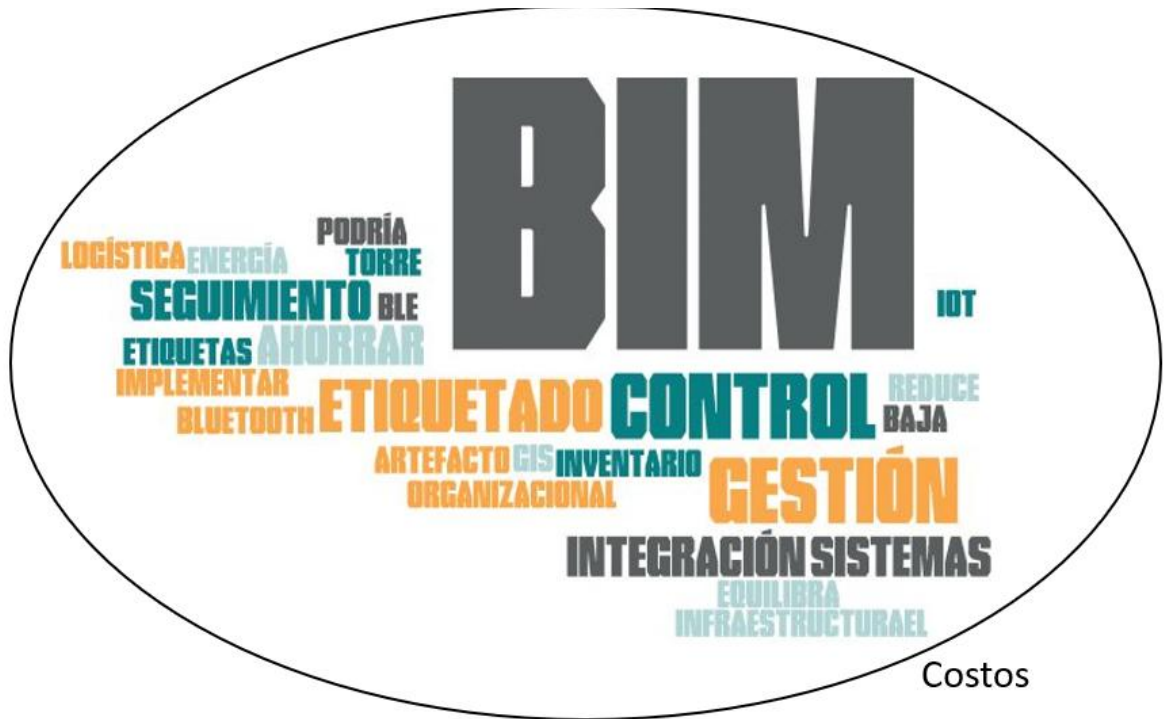


Ilustración 14. Nubes de palabras para ilustrar visualmente la frecuencia y relevancia de los conceptos clave identificados en el análisis temático desde la perspectiva de costos y la productividad. El tamaño de cada término refleja su frecuencia de aparición en los extractos codificados, facilitando la identificación de patrones y relaciones conceptuales que apoyan la formulación y delimitación de los temas principales. Fuente: Elaboración propia. 2025



Ilustración 15. Nubes de palabras para ilustrar visualmente la frecuencia y relevancia de los conceptos clave identificados en el análisis temático desde la perspectiva de Sostenibilidad y la Adaptabilidad. El tamaño de cada término refleja su frecuencia de aparición en los extractos codificados, facilitando la identificación de patrones y relaciones conceptuales que apoyan la formulación y delimitación de los temas principales. Fuente: Elaboración propia. 2025

Las nubes de palabras proporcionaron una visualización efectiva para analizar los conceptos que conforman cada perspectiva de efectividad estudiada. A través del mapeo temático subsiguiente (Ver ilustración 17), se identificaron los temas predominantes y sus interrelaciones, permitiendo una codificación más refinada hacia conceptos generales desde un enfoque cualitativo.

El análisis reveló que BIM emerge como tecnología central en todas las perspectivas, excepto en sostenibilidad. Su frecuente asociación con el término "integración" sugiere su rol articulador con otras tecnologías. En cuanto a sostenibilidad, se identificaron conexiones limitadas, principalmente con la perspectiva de costos en el ámbito de reducción de desperdicios. Notablemente, desde la perspectiva de la sostenibilidad no se identificó una tecnología predominante; únicamente blockchain emerge con el potencial de ser efectiva en términos de sostenibilidad.

También es necesario mencionar que el concepto de las tecnologías IoT emergió con un carácter generalista a otras tecnologías, abarcando diversas soluciones de seguimiento y etiquetado de materiales (GPS, RFID, BLE, LoRA entre otros). La evidencia sugiere que la integración tecnológica se centra principalmente en BIM e IoT, donde IoT funciona como concepto paraguas para diversas tecnologías de comunicación inalámbrica en la gestión de materiales.

4.3 Definición de temas

A partir del análisis de relaciones temáticas realizado sobre las cuatro perspectivas estudiadas (costo, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad), se identificaron temas centrales que caracterizan la efectividad de las tecnologías emergentes en la gestión de materiales. Es importante destacar que cada tema se evaluó específicamente en el contexto de la construcción de vivienda en Colombia, considerando las particularidades del sector y las oportunidades de adopción tecnológica en el país. Si bien esta contextualización no se repetirá explícitamente en cada tema por simplicidad, todos los temas hacen referencia siempre a la gestión de materiales en la construcción de vivienda en Colombia.

Tema 1: La integración de BIM con el etiquetado de materiales mediante IoT para su seguimiento representa la combinación tecnológica más rentable a largo plazo, debido al retorno de inversión que genera en el control de costos y la gestión eficiente de materiales durante su operación.

Esta combinación tecnológica no solo optimiza la gestión de recursos, sino que también genera retornos significativos sobre la inversión inicial. Por ejemplo, Teizer (2020) reporta que el seguimiento inteligente de materiales puede mejorar la eficiencia operativa en un 4.2% con un retorno de inversión de 8:1. Tang (2019) documenta cómo esta integración genera ahorros sustanciales mediante la automatización del monitoreo y control, mientras que Wu (2021) cuantifica estas mejoras al demostrar una cuadruplicación en la eficiencia de rotación de inventario comparada con métodos convencionales.

El impacto financiero positivo se materializa en múltiples dimensiones. Wang (2020) proporciona evidencia tangible al reportar ahorros anuales superiores a 36,000 dólares canadienses solo con la implementación de componentes IoT básicos. Complementariamente, Qiao (2024) demuestra que la integración con BIM triplica la

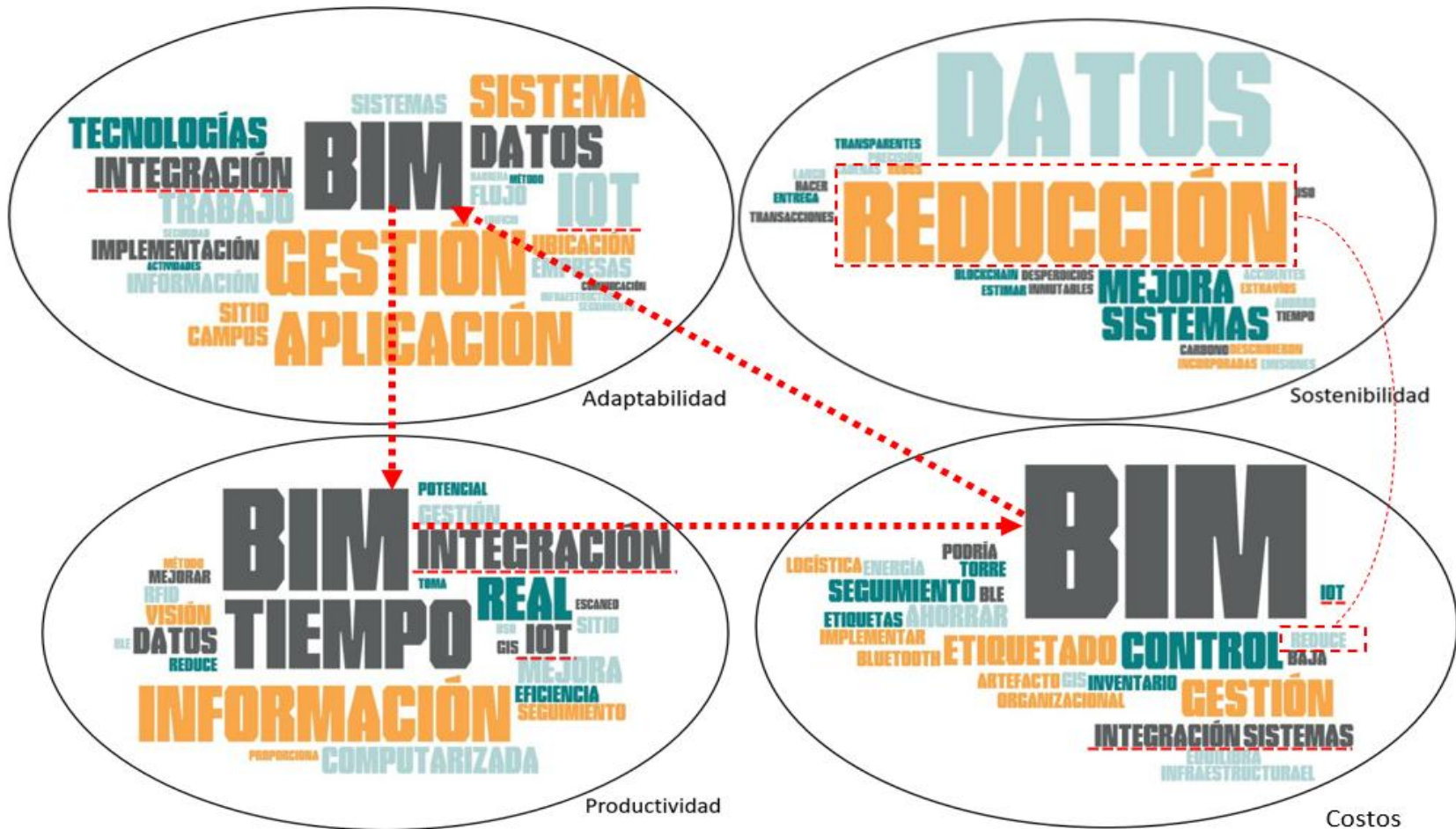


Ilustración 16. Representación visual de las relaciones temáticas identificadas en el análisis cualitativo de los extractos, estructurada en cuatro perspectivas principales: adaptabilidad, sostenibilidad, productividad y costos. Las nubes de palabras representadas en cada cuadrante ilustran los conceptos clave y su frecuencia en los extractos codificados. Las líneas punteadas rojas en la imagen ilustran las interconexiones entre las diferentes perspectivas, destacando el papel central de BIM como tecnología articuladora en la gestión de materiales de construcción.

velocidad de gestión logística, lo que se traduce en una reducción significativa de costos operativos. Estos beneficios se amplifican cuando se considera que el sistema integrado también elimina completamente los costos asociados con la documentación física de movimientos de material (Wang, 2020).

La evidencia sugiere que, si bien la inversión inicial puede parecer significativa, especialmente para empresas pequeñas y medianas (Rodríguez, 2022), los beneficios acumulativos justifican ampliamente esta inversión. La combinación BIM-IoT no solo optimiza los costos directos, sino que también minimiza desperdicios, mejora la precisión en el control de inventarios y reduce significativamente los errores operativos, creando un ecosistema tecnológico que genera valor sostenido a lo largo del tiempo.

TEMA 2: La integración de BIM con el seguimiento de materiales a través de IoT constituye la combinación tecnológica más efectiva para la productividad, ya que proporciona información en tiempo real en el sitio de obra, lo que facilita la toma de decisiones y reduce retrasos.

Como señala Tang (2019), la conexión de flujos de datos en tiempo real con modelos BIM genera eficiencias mejoradas tanto en construcción como en operación. Esta mejora se cuantifica en diversos estudios: Qiao (2024) demuestra que la tasa de rotación de inventario se multiplica por seis comparado con métodos tradicionales, mientras que Chen (2020) reporta reducciones del 16.1% en tiempos de construcción por piso al implementar BIM con RFID.

La efectividad de esta integración tecnológica se evidencia particularmente en la toma de decisiones en tiempo real. Como documentan Shen y Chen (2022), la plataforma 5D basada en BIM junto con IoT permite una gestión diaria de materiales más detallada y precisa. Esto se complementa con hallazgos de Wang (2020) que demuestran cómo la implementación de IoT reduce dramáticamente los tiempos de procesamiento de datos, permitiendo extraer información en solo 5 segundos comparado con los métodos manuales tradicionales.

El impacto en la productividad también se refleja en la optimización de procesos logísticos. Adicionalmente, Maxwell (2023) evidencia cómo las tecnologías de seguimiento tipo BLE facilitan la implementación de metodologías "Justo a Tiempo" y permiten una programación predictiva automatizada basada en las condiciones del sitio, reduciendo significativamente los tiempos de espera e interrupciones en obra.

TEMA 3: Blockchain para seguimiento de huella de carbono en la cadena logística emerge como la tecnología más promisoría en términos de sostenibilidad, aunque con evidencia aún incipiente, por la capacidad de crear registros inmutables que garantizan transparencia y trazabilidad a los materiales.

Existe un potencial uso de blockchain en la sostenibilidad de la gestión de materiales de construcción, que muestra resultados prometedores. Como señalan Kifokeris (2021), la tecnología blockchain permite crear registros transparentes e inmutables para estimar las emisiones de carbono a lo largo de las cadenas de suministro de construcción. Esta capacidad de trazabilidad es fundamental para la verificación y certificación de la huella ambiental de los materiales.

Tema 4: BIM es la tecnología más efectiva en términos de adaptabilidad debido a que tiene el potencial de articular las demás tecnologías de un sistema de gestión de materiales por su capacidad de comunicación con estándares abiertos usados principalmente en tecnologías como IoT.

La evidencia recopilada en la matriz de adaptabilidad respalda fuertemente la efectividad de BIM como tecnología articuladora. Tang (2019) destaca que "tanto los datos BIM como los datos IoT se pueden acceder a través de varios mecanismos, incluidas interfaces manuales de sistemas propietarios, APIs de programación asociadas con estas aplicaciones, posibles conexiones de base de datos a los sistemas y exportación a través de estándares abiertos". Esta capacidad de interoperabilidad se ve reforzada por el surgimiento de estándares abiertos en ambos campos, BIM e IoT, que facilitan implementaciones adaptables.

La integración de BIM con otras tecnologías muestra resultados prometedores en diversos contextos. Por ejemplo, Wu (2021) afirma que "la combinación de comunicación inalámbrica y BIM puede lograr mejores resultados", mientras que Liu (2024) demuestra cómo BIM permite combinarse efectivamente con las bases de datos de inventario y el flujo de trabajo del sitio. Esta versatilidad es particularmente relevante en países en vías de desarrollo como China, donde estas implementaciones han mostrado resultados positivos. Sin embargo, es importante notar que, como señalan Tang et al. (2019), "la investigación sobre la integración de BIM e IoT aún se encuentra en etapas iniciales [...] requiriendo la adaptación de los enfoques de implementación a contextos específicos". Chen (2020) complementa esta observación al indicar que la integración de tecnologías BIM con IoT tiene flujos de trabajo adaptables a diversas escalas y tipos de proyectos, lo que demuestra su potencial como tecnología vertebradora en la gestión de materiales de construcción.

5. Recomendaciones y Propuesta Metodológica para la Gestión de Materiales en Construcción mediante Tecnologías Emergentes.

5.1 Recomendaciones para la Integración de Tecnologías Emergentes en la Gestión de Materiales

La revisión sistemática junto con el análisis temático realizado permitió identificar patrones que se sintetizaron en los 4 ejes temáticos de costo, productividad, sostenibilidad y adaptabilidad. Las siguientes recomendaciones se han estructurado considerando el contexto específico del sector construcción colombiano, basándose en los indicadores encontrados en CAMACOL (2024): un índice ITECI de apenas 10.77% , un IRCAT de 80.89% y que menos del 10% de las empresas consultadas implementan o planean implementar nuevas técnicas , lo que evidencia, el rezago tecnológico, la alta resistencia al cambio y la baja implementación.

5.1.1 Recomendaciones Estratégicas

- Evaluación de Madurez Tecnológica: Antes de cualquier implementación, las empresas deben realizar una evaluación de su nivel de madurez tecnológica actual. Según Rodríguez et al. (2022), las empresas pequeñas y medianas enfrentan

limitaciones significativas en términos de estructura organizacional, recursos humanos y capital disponible. Por tanto, se propone un modelo de evaluación basado en tres dimensiones críticas:

Dimensión	Indicadores Clave	Nivel Requerido
Infraestructura Tecnológica	Conectividad, Hardware, Software	Básico para BIM
Capacidad Organizacional	Procesos, Estructura, Cultura	Medio para IoT
Capital Humano	Competencias, Resistencia al cambio	Alto para Blockchain

Tabla 13 Modelo propuesto para la evaluación de madurez tecnológica para cada una de las tecnologías propuestas. Fuente: Elaboración Propia. 2025

- **Implementación Escalonada:** Tang et al. (2019) sugieren que la integración de BIM e IoT aún se encuentra en etapas iniciales, requiriendo adaptación a contextos específicos. Se recomienda una implementación gradual que inicie con tecnologías básicas de etiquetado como QR y aplicaciones móviles todo basado en un plan de crecimiento en complejidad articulado en la tecnología BIM.
- **Formación y Capacitación:** Maxwell et al. (2023) demuestran que, con la capacitación adecuada y una comunicación clara, los sistemas de seguimiento pueden integrarse fácilmente en los flujos de trabajo existentes. Es importante vincular a los dueños de los procesos con las ventajas tangibles que pueden obtener, para así enfrentar la resistencia al cambio detectada por el IRCAT del 80.89%.

5.1.2 Recomendaciones Técnicas

- **Priorización de BIM:** La revisión demostró que BIM debe ser la columna vertebral de cualquier sistema de gestión de materiales que integre tecnologías emergentes de la información. Por ello, es necesario priorizar la implementación de BIM como base articuladora para cualquier incremento en la complejidad de un sistema de gestión de materiales.
- **Integración de Tecnologías Complementarias:** Es claro que BIM y el etiquetado con diferentes opciones de IoT demuestran una sinergia en los beneficios obtenidos en la gestión de materiales. Shen et al. (2022) demostró que la combinación de BIM con IoT permite una gestión más precisa y detallada de los materiales, mejorando la eficiencia operativa. Por lo tanto, se recomienda realizar un análisis de costo-beneficio para las alternativas de sensores que se puedan incorporar a los materiales dentro de las tecnologías del IoT, escalando gradualmente desde la base de integración de la plataforma BIM.
- **Adopción de Estándares Abiertos:** Tang et al. (2019) enfatizan la importancia de utilizar estándares abiertos tanto en BIM como en IoT para facilitar la interoperabilidad y adaptabilidad de los sistemas. Esto permitirá una conexión versátil entre sensores IoT y la posibilidad de centralizar la información en la plataforma BIM para su posterior exportación.
- **Desarrollar tableros de control (dashboards):** Desarrollar tableros de control simplificados a partir de la información que se pueda centralizar en plataformas BIM y el etiquetado inteligente de materiales por Tableau o Power BI que visualicen

métricas clave como niveles de inventario, tiempos de entrega y ubicación de materiales. Esto facilitará la interpretación y toma de decisiones por parte del personal en obra.

5.1.3 Recomendaciones según Tamaño Empresarial.

El alcance de la implementación varía según el tamaño de la organización. Por ello, se plantean recomendaciones específicas como punto de partida para desarrollar una estrategia de escalamiento según el tamaño empresarial.

Para Empresas Pequeñas:

- Desarrollar un plan de retorno de inversión detallado que considere los ahorros documentados en desperdicios y optimización de inventarios para justificar la inversión inicial en BIM y la posibilidad de retorno a futuro .
- Implementar aplicaciones móviles para seguimiento básico de inventarios
- Adoptar tecnologías de bajo costo para el etiquetado como códigos QR para identificación de materiales.

Para Empresas Medianas:

- Implementar BIM como columna vertebral tecnológica
- Evaluar inversión para integrar sistemas de etiquetado BLE (Bluetooth Low Energy)/ RFID para seguimiento de materiales
- Desarrollar capacidades en análisis de datos para optimización logística implementando tableros.

Para Empresas Grandes:

- Implementar soluciones integradas BIM-IoT
- Desarrollar gemelos digitales para gestión logística soportados por el modelado BIM
- Implementar sistemas piloto de visión computarizada para inventarios automatizados en sitio.

5.2 Propuesta Metodológica integrando tecnologías emergentes para la gestión de materiales en la construcción de vivienda en Colombia

La propuesta metodológica se estructura en fases progresivas que incrementan la complejidad tecnológica del sistema, culminando con la implementación de blockchain en la cadena logística, considerada la fase más compleja. Es fundamental iniciar con implementaciones BIM como base central, aprovechando su capacidad integradora. Sin embargo, toda propuesta debe considerar inicialmente el tamaño de la empresa y su nivel de madurez tecnológica.

5.2.1 Fase de Diagnóstico.

En primer lugar, se debe realizar un diagnóstico del contexto empresarial que, siguiendo las recomendaciones, permita establecer una estrategia de gestión de materiales con tecnologías emergentes. El curso de acción se determinará según el nivel de madurez tecnológica identificado. de acuerdo a la tabla 13.

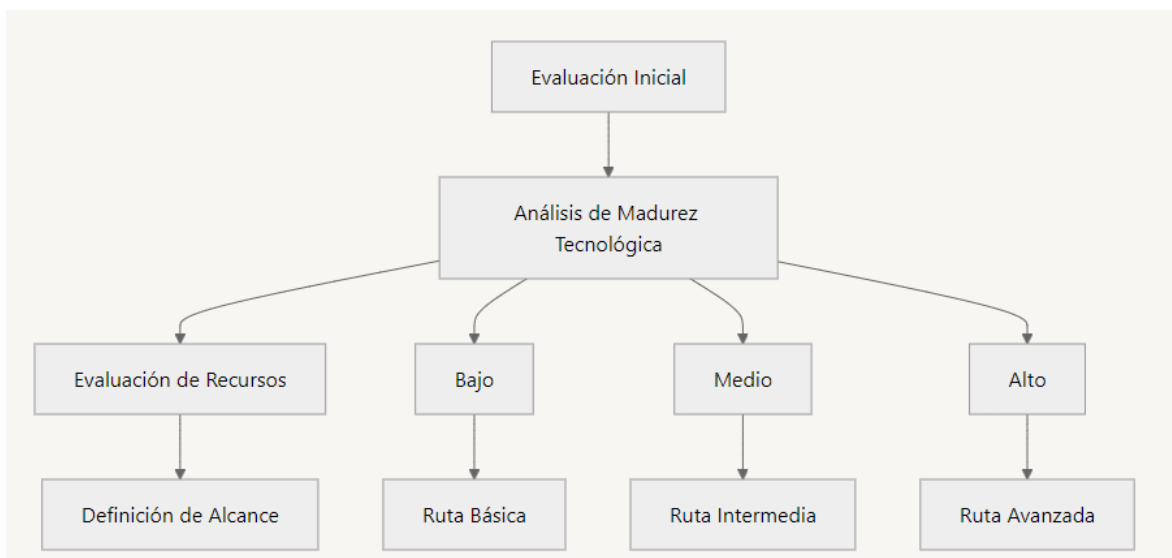


Ilustración 17. Rutas de integración según el diagnóstico de madurez de adopción tecnológica. Fuente: Elaboración Propia.2025.

5.2.2 Implementación por Niveles.

Teniendo en cuenta los resultados de madurez en la adopción tecnológica, se proponen las siguientes rutas. Se sugiere avanzar progresivamente una vez se evalúe el cumplimiento de los beneficios y realizar una nueva evaluación de madurez tecnológica antes de avanzar a la siguiente ruta de implementación.

Ruta	Tecnologías	Aplicación de las tecnologías	Beneficios Esperados y Metas de Seguimiento
Básico (Madurez Tecnológica básica)	BIM + Códigos QR	<ul style="list-style-type: none"> * Modelado BIM 3D para planificación de espacios de almacenamiento y zonas de acopio en obra * Control de entrada/salida de materiales mediante escaneo QR en portería y almacén * Registro de ubicación de materiales en zonas de acopio mediante QR vinculados al modelo BIM * Verificación de cantidades reales vs BIM durante el descargue * Control de consumo de materiales por actividad/sector mediante QR 	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción del 3.1% en costos totales de construcción (Rodríguez et al., 2022) * Aumento de 6x en rotación de inventario vs método tradicional (Qiao et al., 2024) * Ahorro de 2 horas diarias en entrada de datos (Wang et al., 2020) * Reducción del 20% en consumo de materiales auxiliares como formaletas (Wei et al., 2017) * Meta: Lograr integración del 85% con flujos de trabajo existentes (Maxwell et al., 2023)

Ruta	Tecnologías	Aplicación de las tecnologías	Beneficios Esperados y Metas de Seguimiento
		<ul style="list-style-type: none"> * Seguimiento a desperdicios escaneando material sobrante * App móvil para consulta rápida de inventarios por el maestro/almacenista 	
Intermedio (Madurez tecnológica media)	BIM + IoT (BLE/Rfid/LoRa/WSN)	<ul style="list-style-type: none"> * Sensores BLE/Rfid en materiales críticos (acero, prefabricados) para ubicación en tiempo real * Monitoreo automático de condiciones de almacenamiento (temperatura/humedad) para materiales sensibles * Alertas automáticas de stock mínimo para reabastecimiento oportuno * Control de equipos de transporte interno (mini cargadores, grúas) con sensores IoT * Seguimiento a rendimientos reales de instalación vs planificados * Integración con proveedores para coordinar entregas Just-in-Time * Tableros de control en tiempo real para directores/residentes 	<ul style="list-style-type: none"> * Incremento del 16.1% en productividad (Chen et al., 2020) * Reducción del 81-99% en tiempo de procesamiento de pedidos (Chen et al., 2024) * Retorno de inversión 8:1 y ganancia de productividad del 4.2% (Teizer et al., 2020) * Reducción del 19% en tiempos muertos por búsqueda de materiales/equipos (Teizer et al., 2020) * Meta: Alcanzar precisión del 78.5% en ubicación de materiales (Putri et al., 2024)
Avanzado (madurez tecnológica avanzada)	BIM + IoT + Blockchain	<ul style="list-style-type: none"> * Trazabilidad completa desde fabricación hasta instalación final * Verificación automática de certificados de calidad en blockchain * Control de ciclo de vida completo de elementos estructurales * Medición real de huella de carbono en 	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción de 20% en costos logísticos totales (Harmelink et al., 2025) * Reducción de 50-65% en transporte durante fase de acabados (Harmelink et al., 2025) * Reducción de 80% en transporte durante fase estructura (Harmelink et al., 2025)

Ruta	Tecnologías	Aplicación de las tecnologías	Beneficios Esperados y Metas de Seguimiento
		transporte/instalación * Smart contracts para pagos automáticos a proveedores * Integración con sistema ERP de la empresa * Certificación digital de procesos constructivos * Gemelo digital de la obra actualizado en tiempo real	* Medición y trazabilidad de huella de carbono en cadena de suministro (Kifokeris et al., 2021) * Meta: Integración con al menos 80% de proveedores críticos (Basheer et al., 2024)

Tabla 14 Aplicación de las tecnologías BIM, IoT y Blockchain según la ruta de integración identificada. Fuente: Elaboración Propia. 2025

5.2.3 Ruta Básica: Fundamentos BIM e IoT.

La ruta básica establece los cimientos fundamentales mediante la implementación de BIM con estándares abiertos que permitirán futuras integraciones IoT. Esta fase inicial, aunque requiere inversión significativa, permite un control básico pero efectivo de materiales a través de:

- Configuración de infraestructura BIM para planificación de espacios de almacenamiento y zonas de acopio
- Sistema de control mediante códigos QR para entrada/salida de materiales, verificación de cantidades y seguimiento de consumo por actividad
- Capacitación del personal en el uso de aplicaciones móviles para consulta de inventarios y registro de movimientos.

5.2.4 Ruta Media: Integración IoT.

La ruta media amplía las capacidades mediante la integración de sensores IoT, priorizando soluciones BLE por su costo-beneficio. Esta fase implementa el monitoreo en tiempo real de materiales críticos, control automático de condiciones de almacenamiento y alertas de reabastecimiento. El seguimiento con etiquetas BLE/ RFID / LoRa (Entre otras) permite la implementación de metodologías "Justo a Tiempo" y programación predictiva, logrando una reducción significativa en tiempos de procesamiento de pedidos y búsqueda de materiales.

5.2.5 Ruta Avanzada: Optimización de la Cadena de Suministro

La ruta avanzada integra blockchain para optimizar la cadena de suministro, permitiendo una trazabilidad completa desde fabricación hasta instalación final. Esta fase implementa verificación automática de certificados de calidad, control del ciclo de vida de elementos estructurales y medición de huella de carbono. La integración con sistemas ERP y el desarrollo de gemelos digitales permite una reducción significativa en costos logísticos y mejora en la sostenibilidad ambiental de las operaciones.

LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En esta revisión sistemática se reconocen las siguientes limitaciones para que sean consideradas. En cuanto a la metodología, la evidencia incluida está limitada por haber sido realizada por un solo investigador, lo que introduce la posibilidad de sesgo en la selección e interpretación de los estudios. Aunque se empleó el análisis temático como método estructurado, por definición una síntesis cualitativa implica que el investigador asigne cualidades a los extractos, lo cual puede inclinar las interpretaciones hacia ciertas perspectivas. Una limitación metodológica significativa fue el uso exclusivo de dos repositorios académicos (EBSCO Host y Scopus), excluyendo otras bases de datos relevantes y reduciendo así la cobertura del universo total de publicaciones disponibles. La restricción lingüística también representa una limitación importante, ya que, aunque el inglés es el idioma predominante en la investigación científica, la comprensión de lectura y la capacidad de interpretación del investigador pueden haber influido en la interpretación precisa de los textos originales, especialmente al ser un trabajo individual sin validación cruzada.

En el ámbito práctico de la implementación, la rápida evolución de las tecnologías de la información representa un desafío significativo, ya que puede afectar la vigencia temporal de las recomendaciones específicas propuestas en este estudio. Este dinamismo tecnológico exige una constante actualización y revisión de las metodologías planteadas. Adicionalmente, la marcada heterogeneidad en el acceso a recursos tecnológicos entre las distintas regiones de Colombia constituye una limitación relevante, pues esta disparidad regional puede impactar directamente en la capacidad de implementar las propuestas.

Finalmente, es importante señalar que los beneficios proyectados en esta investigación, aunque están fundamentados en evidencia internacional, requieren una validación empírica específica en el contexto colombiano. Esta validación es necesaria para confirmar la efectividad y aplicabilidad de las propuestas en el entorno local de la construcción.

IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS PARA LA PRÁCTICA Y LA INVESTIGACIÓN FUTURA.

Las implicaciones de esta investigación abarcan tanto el ámbito académico como la práctica para el sector de construcción de vivienda en Colombia. En el campo investigativo, se identifican cuatro direcciones principales: (1) el desarrollo de estudios de caso específicos que validen la metodología propuesta en diferentes escalas de proyectos; (2) la profundización en el análisis costo-beneficio de implementaciones tecnológicas, especialmente en pequeñas y medianas empresas; (3) la evaluación del impacto real de la implementación de la metodología propuesta en diferentes tipos de proyectos de vivienda; y (4) la investigación sobre la integración de tecnologías emergentes adicionales como la inteligencia artificial, que se observó en el análisis bibliográfico como incipiente en los resultados pero de evidente importancia en la transformación del contexto global.

Para el sector construcción de vivienda en la práctica, el aporte fundamental se materializa en la metodología sugerida de implementación tecnológica que tiene como eje central el BIM, estructurada en niveles progresivos de complejidad y beneficios. La propuesta inicia con un diagnóstico de madurez tecnológica, seguido por una implementación escalonada (básico, intermedio y avanzado) que permite integrar gradualmente tecnologías más sofisticadas como IoT y blockchain. Este enfoque sistemático prioriza la capacitación del personal y promueve alianzas estratégicas para compartir costos, estableciendo métricas específicas y beneficios esperados en cada nivel, asegurando así una adopción sostenible que podría maximizar el retorno sobre la inversión tecnológica.

CONCLUSIONES.

Se tienen las siguientes conclusiones a partir del ejercicio de investigación que representa este informe:

- La revisión sistemática permitió identificar las tecnologías aplicadas a la gestión de materiales, destacando la tecnología BIM como tecnología fundamental e integradora que facilita la adopción de otras tecnologías emergentes como IoT y blockchain.
- La investigación reveló que la Inteligencia Artificial (IA) se encuentra en una fase temprana de adopción en la gestión de materiales de construcción, con casos de estudio limitados y aislados. Su implementación efectiva requiere una infraestructura tecnológica previa que incluye sistemas de almacenamiento en la nube y procesamiento de datos a gran escala, lo que refuerza la necesidad de establecer primero tecnologías base como BIM e IoT como prerequisites para su aprovechamiento óptimo.
- El análisis cualitativo reveló que se han medido beneficios cuantificables significativos en la implementación de tecnologías de la información para la gestión de materiales en la construcción: mejoras en productividad de hasta 16.1% (Chen et al., 2020), reducciones en costos logísticos del 20% (Harmelink et al., 2025), optimizaciones en el consumo de materiales auxiliares del 20% (Wei et al., 2017) y Ahorro de 2 horas diarias en entrada de datos de almacén (Wang et al., 2020) evidenciando la efectividad de estas soluciones en términos de costos y productividad.
- En cuanto a efectividad en sostenibilidad, el análisis cualitativo reveló que la tecnología blockchain, aunque en fase inicial de adopción, demuestra un potencial significativo para la trazabilidad y medición de la huella de carbono en la cadena logística de materiales. Respecto a la adaptabilidad, BIM emergió como la tecnología más costo-efectiva debido a tres factores principales: su capacidad integradora con otras tecnologías emergentes (IoT, blockchain), su versatilidad para abordar múltiples aspectos de la gestión de proyectos más allá del manejo de materiales, y su nivel relativamente más avanzado de implementación en Colombia en comparación con otras tecnologías estudiadas. Esta predominancia de BIM se

evidenció también en el análisis bibliométrico global, donde destaca como la tecnología más investigada y documentada en el período 2014-2024.

- La investigación permitió desarrollar una metodología para la gestión de materiales que combina las tecnologías más efectivas (BIM, IoT y Blockchain) adaptada al contexto colombiano. Esta metodología se estructura en tres niveles de madurez tecnológica (básico, intermedio y avanzado), facilitando una adopción escalonada que considera las limitaciones de recursos y la resistencia al cambio identificada en el sector (IRCAT 80.89%). La ruta inicia con la implementación de BIM como tecnología fundamental, evolucionando hacia la integración de sensores IoT para el etiquetado y seguimiento en tiempo real de materiales, y culmina con la implementación de blockchain para la trazabilidad y medición de huella de carbono. Este enfoque progresivo tiene el potencial de ser efectivo en los cuatro aspectos evaluados según la bibliografía revisada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abkar, M.M.A. et al. (2024). Enhancing construction site performance through technology and management practices as material waste mitigation in the Malaysian construction industry.
2. Adebowale, O. et al. (2023). Artificial intelligence technology applications in building construction productivity: A systematic literature review.
3. Basheer, M. et al. (2024). Blockchain-based decentralized material management system for construction projects.
4. Braun & Clarke (2016). Metodología de análisis temático.
5. Caldas, C. H., Menches, C. L., Reyes, P. M., Navarro, L., & Vargas, D. M. (2015). Materials management practices in the construction industry. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 20(3), 04014039.
6. CAMACOL (2018). INFORME DE PRODUCTIVIDAD
7. CAMACOL (2024). PROYECTO INVESTIGATIVO SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN
8. Carreño, Ú., Llempén López, Z., & Muñoz Miranda, A. (2023). El impulso del sector público en la implementación de Building Information Modelling en países de América Latina.
9. Castillo, R., Domínguez, J., & Jiménez, L. (2022). Current situation of construction material management at international Level. *Revista Ingeniería de Construcción*, 37(1), 79-90.
10. Castro-Lacouture, D., & Skibniewski, M. J. (2003). Applicability of e-Work models for the automation of construction materials management systems. *Production Planning & Control*, 14(8), 789-797.
11. Chen, J. et al. (2024). Automated Counting of Steel Construction Materials: Model, Methodology, and Online Deployment.
12. Chen, Q. et al. (2020). Using look-ahead plans to improve material flow processes on construction projects when using BIM and RFID technologies.
13. Cubillos-González, R. A., & Tiberio Cardoso, G. (2020). Clean technology transfer and innovation in social housing production in Brazil and Colombia. A framework from a systematic review. *Sustainability*, 12(4), 1335.
14. Cuervo Reyes, M. H. (2020). Tecnologías digitales de la construcción.
15. Espinal, A.F. (2020). SOFTWARE PARA PROCESOS ESTANDARIZADOS DE GESTION DE PROVEEDORES Y MATERIALES EN EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION EN COLOMBIA.
16. Gómez, C. C. O., Herrera, R., Pellicer, E., Buitrago, A. A., & Aristizabal-Torres, D. (2023). Construction 4.0: Cluster analysis and Research perspectives. *Revista ingeniería de construcción*, 38(3).
17. Gómez-Sánchez, J. M., Ponz-Tienda, J. L., & Romero-Cortés, J. P. (2019). Lean and BIM implementation in Colombia; interactions and lessons learned. In *Proceedings 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)* (pp. 1117-1128).

18. Harmelink, R. et al. (2025). Strategic and operational construction logistics control tower.
19. Kasim, M. (2008). IMPROVING MATERIALS MANAGEMENT ON CONSTRUCTION PROJECTS.
20. Kifokeris, D. et al. (2021). BLogCHAIN: Proof-of-concept and pilot testing of a blockchain application prototype for construction logistics in Sweden.
21. Kraljic (1983). Gestión de materiales y proveedores.
22. Maury-Ramírez, A., Illera-Perozo, D., & Mesa, J. A. (2022). Circular economy in the construction sector: A case study of Santiago de Cali (Colombia). *Sustainability*, 14(3), 1923.
23. Maxwell, D. et al. (2023). Construction tracking: implications of logistics data.
24. Mendoza, P. A. N., & De la Ossa Gordon, A. M. (2023). Storage of materials in construction. *Formación Estratégica*, 7(1), 56-69.
25. Obregón, J.A. (2015). CONTROL Y MANEJO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN OBRAS DE VIVIENDA EN LA CIUDAD DE CÚCUTA.
26. Osorio-Gómez, C. C., Amariles-Lopez, C. C., Herrera, R. F., & Pellicer, E. (2024). BIM Implementation in Small and Medium-Sized Companies in the Colombian Construction Sector. In *Construction Research Congress 2024* (pp. 569-579).
27. Page, M.J. et al. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*, 74(9), 790–799
28. Putri, K.N.R. et al. (2024). Acquiring Semantic Information of Precast Concrete Pipe Using Geometric Feature Extraction from Mobile Laser Scanning Point Cloud.
29. Qiao, F. et al. (2024). Research on Wireless Network Transmission and Building Information Model Technologies.
30. Richardson, W. S., Wilson, M. C., Nishikawa, J., & Hayward, R. S. (1995). The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. *ACP Journal Club*, 123(3).
31. Rodríguez, R.C. et al. (2022). Current situation of construction material management at international Level.
32. Shet, S., & Narwade, R. (2016). An empirical case study of material management in construction of industrial building by using various techniques. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 7(5), 393-400.
33. Solís Carcaño, R. et al. (2009). La administración de los materiales en la construcción. *Ingeniería* 13-3, 61-71.
34. Souza, R.T (2023). Identifying Emerging Technologies and Skills Required for Construction 4.0.
35. Teizer, J. et al. (2020). Construction resource efficiency improvement by Long Range Wide Area Network tracking and monitoring.
36. WANG, Fei y WANG, Shileii. Applying Logistics to Construction Material Purchasing and Inventory. En: *2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization, ICSEM 2010, November 12, 2010 - November 14.*(2010). IEEE Computer Society, 2010a. p. 199-201
37. Wang, J., & Wang, X. (2010). Construction materials management system based on BIM.

38. Wei, H. et al. (2017). BIM-based method calculation of auxiliary materials required in housing construction.
39. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Building Information Modeling. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado de informaci3n de construcci3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci3n_de_construcci3n)
40. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Internet de las cosas. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Internet de las cosas](https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas)
41. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). RFID. En Wikipedia. <https://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
42. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Bluetooth de baja energ3a. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth de baja energ3a](https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_de_baja_energ3a)
43. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Sistema de informaci3n geogr3fica. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema de informaci3n geogr3fica](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci3n_geogr3fica)
44. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Sistema de posicionamiento global. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema de posicionamiento global](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_posicionamiento_global)
45. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Inteligencia Artificial. En Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia artificial](https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial)
46. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). QR code. En Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/QR code](https://en.wikipedia.org/wiki/QR_code)
47. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Dead reckoning. En Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Dead reckoning](https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_reckoning)
48. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Wireless sensor network. En Wikipedia. [Wikipedia.https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless sensor network](https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network)
49. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Blockchain. En Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain>
50. Wikipedia. (2025, 5 de mayo). Data mining. En Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Data mining](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_mining)