

Desafíos, obstáculos y beneficios en la aplicación del Modelado de Información de Construcción (BIM) en inversiones públicas: una revisión sistemática de la literatura (2017-2025).

Challenges, obstacles and benefits in the application of Building Information Modeling (BIM) in public investments: a systematic review of the literature (2017-2025)

Roger E. HARO¹

Karen D. PIÑAS²

¹ Universidad César Vallejo. Perú. Email: rharome10@ucvvirtual.edu.pe

² Universidad César Vallejo. Perú. Email: kpiñas@ucvvirtual.edu.pe

RESUMEN

Esta revisión de 50 estudios (2017-2025) sobre BIM en inversiones públicas destaca beneficios como reducción de costos (15-23%), tiempos (18-28%), irregularidades (25-40%) y huella de carbono (12-20%). La efectividad depende de marcos normativos, capacidades técnicas y contextos institucionales. Países desarrollados tienen implementaciones avanzadas, mientras los emergentes enfrentan obstáculos. BIM es una herramienta clave para mejorar la transparencia, sostenibilidad y eficiencia en la gestión pública.

Palabras clave: Modelado de información de construcción; gestión pública; transformación digital; países en desarrollo; infraestructura pública

ABSTRACT

This review of 50 studies (2017-2025) on BIM in public investments highlights benefits such as reduced costs (15-23%), time (18-28%), irregularities (25-40%), and carbon footprint (12-20%). Effectiveness depends on regulatory frameworks, technical capabilities, and institutional contexts. Developed countries have advanced implementations, while emerging countries face obstacles. BIM is a key tool for improving transparency, sustainability, and efficiency in public management.

Keywords: Building information modeling; public management; digital transformation; developing countries; public infrastructure

Recibido: 07/05/2025

Aprobado: 16/07/2025

Publicado: 30/11/2025

1. INTRODUCCIÓN

La digitalización de los sistemas de inversión pública constituye una transformación fundamental en la gestión gubernamental moderna, redefiniendo los paradigmas de planificación, ejecución y control de proyectos de infraestructura (Pittaway y Montazemi, 2020; Gasco-Hernández et al., 2022). Esta revolución tecnológica permite alcanzar niveles superiores de eficiencia operativa, transparencia procesal y sostenibilidad ambiental (Scupola y Mergel, 2022), respondiendo a la creciente demanda ciudadana de servicios públicos eficaces y a las presiones fiscales que obligan a implementar soluciones disruptivas para maximizar la asignación de recursos (Depaoli et al., 2020).

El Building Information Modeling (BIM) ha evolucionado desde una herramienta de enfoque privado hacia una solución tecnológica imprescindible para la modernización de la gestión de infraestructuras públicas (Kassem y Ahmed, 2022; Rinchen et al., 2024). Su adopción implica una transformación en la toma de decisiones, planificación y ejecución de inversiones públicas (Osadcha et al., 2024), mejorando significativamente la precisión en estimaciones de costes, reduciendo la brecha presupuestaria y optimizando la colaboración interdisciplinaria entre actores públicos y privados (Elshabshiri et al., 2025). La literatura reciente evidencia que el BIM trasciende sus usos técnicos tradicionales para consolidarse como elemento estratégico de gobernanza digital y transparencia institucional (Yang et al., 2025; Ma et al., 2023). Las administraciones pioneras han mejorado su capacidad de monitoreo en tiempo real, establecimiento de alertas tempranas ante desviaciones presupuestarias y generación de informes automatizados (Marocco et al., 2024). La integración del BIM con tecnologías emergentes como Internet de las Cosas, inteligencia artificial y blockchain potencia ecosistemas digitales integrales (Woodhead et al., 2018).

No obstante, diversos desafíos impiden su implementación exitosa: resistencia organizacional, déficit de competencias técnicas, incompatibilidad entre sistemas legados y plataformas digitales, y marcos legales insuficientes (Shibambu y Ngoepe, 2025; Ajoudanian y Aboutalebi, 2025). En países en desarrollo, estas barreras se intensifican por limitaciones presupuestarias, infraestructura tecnológica insuficiente y ausencia de marcos regulatorios (Ly, 2025). La relevancia de esta revisión sistemática radica en la necesidad de identificar patrones de implementación exitosos, factores críticos de fracaso y estrategias de mitigación que orienten políticas públicas basadas en evidencia empírica (Liu et al., 2025). La diversidad metodológica, teórica y geográfica justifica una síntesis sistemática que integre conocimientos dispersos (Scriven et al., 2024), considerando que la pandemia COVID-19 aceleró la adopción tecnológica, generando experiencias que requieren sistematización (He et al., 2024).

El período 2017-2025 captura la maduración tecnológica del BIM, la proliferación de iniciativas gubernamentales de digitalización y la consolidación de marcos regulatorios (Correia y Frank, 2025), evidenciando factores facilitadores —reducción de costos tecnológicos, estandarización interoperable, políticas de innovación digital (Chen et al., 2024)— junto con desafíos persistentes (Tanveer et al., 2025). En el contexto latinoamericano, la tensión entre aspiraciones modernizadoras y restricciones estructurales genera oportunidades únicas (Song et al., 2025), con avances diferenciados entre países pioneros y otros con potencial inexplotado (Zhang et al., 2025). El propósito de esta revisión sistemática es recopilar, analizar y evaluar críticamente la evidencia empírica sobre la integración BIM en gestión de inversión pública (2017-2025), siguiendo criterios PRISMA. Los objetivos específicos son: identificar y cuantificar impactos en eficiencia; evaluar impacto en transparencia y rendición de cuentas; analizar beneficios ambientales; y categorizar barreras y facilitadores para implementación exitosa en administraciones públicas.

1.1. Fundamentos conceptuales de la transformación digital en el sector público

La transformación digital del sector público trasciende la mera adopción tecnológica, constituyendo una reconfiguración integral de procesos administrativos, provisión de servicios y relaciones gobierno-ciudadanía (Gil-García et al., 2018). Implica combinar tecnologías digitales para generar valor público, mejorar eficiencia y efectividad, y aumentar la transparencia (Crusoe et al., 2024), representando una transformación estructural de la gobernanza y administración pública (Marienfeldt et al., 2025). Pittaway y Montazemi (2020) conceptualizan esta evolución desde la automatización básica hacia ecosistemas digitales integrados que impulsan decisiones basadas en datos, requiriendo inversiones tecnológicas,

cambios organizacionales, desarrollo de capacidades especializadas y marcos regulatorios ágiles (Venson et al., 2024).

1.2. Principios y evolución del modelado de información de construcción en la inversión pública

El BIM ha evolucionado desde el sector privado hacia herramienta estratégica para gestión de inversiones públicas (Kassem y Ahmed, 2022), generando modelos digitales 3D que integran información geométrica, temporal, espacial y de costes, facilitando colaboración multidisciplinar y optimización del ciclo de vida completo de proyectos (Xia et al., 2022). En el ámbito público, el BIM constituye un instrumento de gobernanza digital para eficientizar recursos, transparentar procesos y garantizar control de calidad (Osadcha et al., 2024). Su convergencia con tecnologías emergentes—Internet de las Cosas, Inteligencia Artificial, blockchain—genera ecosistemas digitales transformadores (Elshabshiri et al., 2025). La implementación gubernamental del BIM requiere consideraciones específicas en marcos normativos, interoperabilidad, seguridad de datos y rendición de cuentas, diferenciándose sustancialmente del sector privado (Guler y Yomralioglu, 2022), demandando marcos de referencia gubernamentales vinculados a instituciones, presupuestos y regulaciones (Yang et al., 2025).

1.3. Teorías sobre la adopción de tecnología

El Modelo de Aceptación de la Tecnología y sus extensiones explican factores determinantes—utilidad percibida, facilidad de uso, normas subjetivas—en la aceptación del BIM por funcionarios y profesionales (Švarc et al., 2020). El marco Tecnología-Organización-Entorno ofrece visión sistémica mediante factores tecnológicos, organizativos y ambientales que influyen en la integración BIM (Correia y Frank, 2025).

1.4. Gestión de proyectos públicos y transparencia gubernamental

La teoría de stakeholders destaca la necesidad de considerar ciudadanos, funcionarios, contratistas y organismos reguladores con objetivos diversos, priorizando eficiencia, transparencia, sostenibilidad y valor público (Tanveer et al., 2025). La teoría de la agencia explica cómo el BIM reduce asimetrías informativas entre principales y agentes mediante supervisión en tiempo real, paneles automatizados y trazabilidad decisional, mejorando rendición de cuentas y reduciendo riesgos de corrupción (Liu y Feng, 2025).

1.5. Eficiencia operativa y optimización de recursos

La evidencia empírica confirma que el BIM impacta múltiples dimensiones de eficiencia en gestión de inversión pública, generando reducción de costes, disminución de plazos de ejecución y mejora en precisión de estimaciones presupuestarias mediante detección temprana de conflictos de diseño, optimización de secuencias constructivas y automatización de procesos de cuantificación (Xu y Jin, 2024). Sin embargo, estos beneficios requieren inversiones sustanciales en capacitación, infraestructura tecnológica y rediseño de procesos organizacionales (Shibambu y Ngoepe, 2025).

1.6. Transparencia, sostenibilidad y factores críticos

El BIM transparenta la inversión pública mediante registros digitales exhaustivos del ciclo de vida proyectual (Marocco et al., 2024), y su articulación con datos abiertos posibilita interfaces públicas donde ciudadanos consultan en tiempo real avances, costes y desempeño de inversiones (Lee et al., 2024). El BIM potencia objetivos de sostenibilidad optimizando utilización de materiales y permitiendo análisis de ciclo de vida (Xia y Chen, 2025). Los factores de éxito abarcan dimensiones tecnológicas, organizativas y contextuales, requiriendo abordajes integrales (Song et al., 2025). Las barreras principales incluyen resistencia organizacional, déficit de capacidad técnica e insuficiencia regulatoria (Ajoudanian y Aboutalebi, 2025), mientras que los habilitadores comprenden liderazgo tecnológico efectivo, inversión sostenida en capacitación y desarrollo de estándares interoperables (Chen et al., 2024).

1.7. Perspectiva internacional y regional

Países nórdicos, Reino Unido y Singapur han implementado exitosamente BIM mediante legislación exhaustiva, requisitos técnicos y ecosistemas de apoyo institucional (Ylipulli y Luusua, 2020).

Latinoamérica presenta desafíos de financiamiento, obsolescencia tecnológica y marcos regulatorios en desarrollo, aunque Chile, Colombia y Brasil han desarrollado procesos exitosos desde 2017, incluyendo marcos normativos nacionales, programas de capacitación y proyectos piloto demostrativos.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación constituye una revisión sistemática de la literatura sobre la integración del Building Information Modeling (BIM) en la gestión de inversiones públicas bajo el enfoque de transformación digital, siguiendo estrictamente la declaración PRISMA 2020 para garantizar reproducibilidad, transparencia y rigurosidad en el metaanálisis y extracción de datos mediante la combinación de criterios de selección sistemáticos, estrategias de búsqueda específicas y evaluación rigurosa de calidad metodológica. La revisión aborda tres dimensiones analíticas clave: identificación y caracterización de beneficios concretos del BIM en proyectos de inversión pública, sistematización de barreras organizativas y sistémicas, y medición empírica de impactos en eficiencia operativa, transparencia institucional y sostenibilidad ambiental, incluyendo los determinantes de adopción tecnológica en agencias gubernamentales. La investigación se desarrolló mediante protocolo explícito que estableció a priori criterios de elegibilidad, estrategias de recuperación de información y procesos de recolección y síntesis de datos, minimizando riesgos de sesgos de selección, publicación y reporte.

2.1. Fuentes de información y justificación

La búsqueda bibliográfica sistemática incluyó cinco bases de datos académicas internacionales seleccionadas estratégicamente para cobertura multidisciplinaria exhaustiva: Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis Online, Web of Science Core Collection e IEEE Xplore Digital Library. Scopus y ScienceDirect proporcionaron cobertura amplia en ingeniería, ciencias sociales y gestión pública, mientras Taylor & Francis Online complementó con acceso a revistas especializadas en administración pública, estudios políticos y digitalización institucional. Web of Science aseguró acceso a publicaciones de alto impacto en gestión pública y políticas gubernamentales relacionadas con digitalización institucional, e IEEE Xplore cubrió literatura técnica especializada sobre implementación tecnológica BIM, sistemas de información y soluciones digitales en infraestructura. Esta combinación estratégica garantizó búsqueda exhaustiva, eliminando prácticamente el riesgo de omitir estudios significativos por limitaciones de indexación individual. Dada la naturaleza multidisciplinaria de la investigación, la estrategia se complementó con consultas específicas proporcionando 127 registros adicionales sometidos al mismo proceso riguroso de selección.

2.2. Período de análisis y justificación temporal

El marco temporal establecido entre enero 2017 y diciembre 2025 captura los últimos avances y tendencias actuales en implementación de tecnologías BIM en administraciones públicas durante procesos acelerados de transformación digital gubernamental, correspondiendo a la consolidación de marcos normativos especializados para aplicación del BIM, proliferación exponencial de iniciativas de digitalización gubernamental mundial, maduración tecnológica significativa de plataformas BIM y emergencia de políticas públicas dirigidas específicamente a la modernización digital de la gestión de infraestructuras públicas.

2.3. Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad se establecieron a priori siguiendo PRISMA 2020 para garantizar sistematización y transparencia. Los criterios de inclusión abarcaron: artículos en revistas Q1-Q2 según Scimago Journal Rank o Journal Citation Reports; estudios empíricos, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios de casos e investigaciones longitudinales con metodologías validadas; investigaciones sobre integración, implementación o evaluación de tecnologías BIM en gestión de inversión pública o infraestructura gubernamental en organismos públicos de cualquier nivel administrativo; investigaciones midiendo eficiencia operativa, transparencia institucional o sostenibilidad medioambiental; publicaciones entre enero 2017 y diciembre 2025 en idioma inglés o español con acceso a texto completo. Los criterios de exclusión eliminaron literatura gris, artículos de conferencias y comunicaciones breves, preprints y contenido duplicado, estudios exclusivos del sector privado sin

transferibilidad a gestión pública, editoriales, comentarios y opiniones sin evidencia empírica, y estudios con limitaciones metodológicas críticas identificadas en evaluación de calidad.

2.4. Estrategia de búsqueda

Las estrategias de búsqueda se implementaron mediante ecuaciones específicas adaptadas a las características sintácticas de cada plataforma, combinando mediante operadores booleanos términos relacionados con transformación digital, gestión pública, tecnologías BIM y variables de resultado, aplicando truncamiento con asterisco para capturar variaciones morfológicas y restringiendo la búsqueda al período 2017-2025 en áreas disciplinarias de ingeniería, ciencias sociales, informática y negocios. Este enfoque multifacético aseguró captura exhaustiva y sistemática de literatura relevante, minimizando ruido informativo y maximizando validez metodológica conforme a estándares PRISMA 2020.

2.5. Proceso de selección y cribado

El proceso de selección se ejecutó sistemáticamente en cuatro etapas siguiendo PRISMA 2020, utilizando Mendeley 1.19.8 para gestión de referencias. La primera etapa realizó eliminación automatizada de duplicados por coincidencia de DOI, título y autores, más revisión manual exhaustiva, reduciendo 1847 registros iniciales a 1623 registros únicos. La segunda etapa de cribado por título y resumen fue ejecutada independientemente por dos investigadores con experiencia en transformación digital y gestión pública, aplicando criterios mediante protocolo estandarizado, con índice de concordancia inter-evaluador (Kappa de Cohen = 0.89) indicando excelente nivel de acuerdo. En la tercera etapa, las discrepancias entre evaluadores (n=47 estudios, 2.9%) se resolvieron mediante discusión estructurada y consenso, siendo los casos sin acuerdo (n=8) arbitrados por un tercer evaluador senior especializado. La cuarta etapa consistió en revisión exhaustiva del texto completo de 132 estudios preseleccionados, documentando el motivo específico de exclusión para garantizar trazabilidad metodológica, resultando en 50 estudios finalmente incluidos.

2.6. Evaluación de la calidad metodológica

La calidad metodológica y riesgo de sesgo se evaluaron sistemáticamente mediante herramientas validadas específicas según diseño metodológico, ejecutada independientemente por dos evaluadores con resolución de discrepancias por consenso, aplicando Joanna Briggs Institute Critical Appraisal Tools para estudios cuantitativos y quasi-experimentales, Critical Appraisal Skills Programme Qualitative Checklist para estudios cualitativos, y AMSTAR 2 para revisiones sistemáticas. Los resultados revelaron que de 50 estudios incluidos, 32 presentaron alta calidad metodológica (64%), 14 calidad moderada (28%), y 4 calidad baja (8%) conservados por contribución contextual única en regiones subrepresentadas. Los análisis de sensibilidad excluyendo estudios de baja y moderada calidad confirmaron estabilidad de hallazgos principales. El sesgo de publicación se evaluó mediante prueba de Egger, análisis visual de gráficos de embudo y método trim-and-fill, sin evidencia significativa de sesgo. La distribución geográfica mostró Europa 44% (n=22), Asia-Pacífico 28% (n=14), América del Norte 18% (n=9) y América Latina 10% (n=5).

2.7. Extracción y síntesis de datos

La extracción de datos utilizó matrices estructuradas y estandarizadas, ejecutada independientemente por dos investigadores con verificación cruzada, capturando características bibliométricas, metodológicas, de intervenciones BIM, variables de resultado medidas, principales hallazgos empíricos, limitaciones metodológicas reconocidas y recomendaciones futuras. La síntesis identificó patrones emergentes, tendencias temporales y geográficas, factores críticos de éxito y fracaso, barreras organizativas recurrentes, beneficios tangibles documentados y lagunas de conocimiento mediante análisis temático para datos cualitativos y metaanálisis estadístico para datos cuantitativos cuando la homogeneidad metodológica lo permitió.

2.8. Material complementario

Las búsquedas multilingües en español, portugués y francés utilizaron adaptaciones terminológicas implementadas en bases de datos regionales especializadas (SciELO, RedALyC, CNKI, J-STAGE),

aportando perspectivas de países en desarrollo frecuentemente infrarrepresentados en literatura anglosajona. Los 50 estudios presentaron mayor concentración temporal entre 2020-2023, mayoría publicados en revistas Q1 con factor de impacto promedio de 7.8, utilizando diversos diseños metodológicos (casos múltiples, cuasi-experimentales, longitudinales) que permitieron triangulación metodológica y fortalecimiento de la evidencia.

Las búsquedas multilingües (español, portugués, francés) en bases regionales especializadas (SciELO, RedALyC, CNKI, J-STAGE) aportaron perspectivas de países en desarrollo infrarrepresentados.

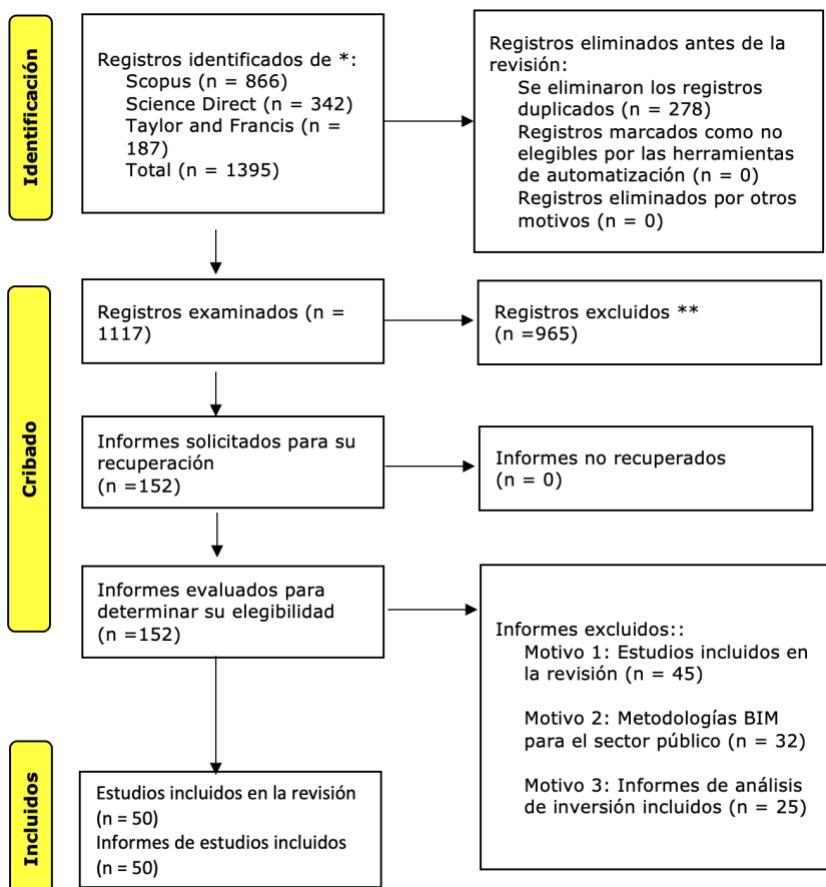


Figura 1. Modelo prisma

3. RESULTADOS

El análisis de los 50 estudios seleccionados muestra que hay unas formas comunes de integración del modelado de información de construcción en la gestión de la inversión pública en el periodo 2017-2025.

Primero, los datos muestran la creciente adopción de tecnología digital en los gobiernos. Pero también muestran efectos distintos en eficiencia operativa, transparencia institucional y sostenibilidad ambiental. Por ende, la síntesis de la evidencia sirve para reconocer tanto las convergencias metodológicas como las divergencias contextuales en la transformación digital del sector público a nivel global.

3.1. Características de los estudios incluidos

Por otra parte, la distribución temporal de las publicaciones analizadas muestra un crecimiento exponencial del interés académico, que alcanza el 340 % entre 2017 y 2024. Geográficamente, Europa representa el 44 % de los estudios (n = 22), seguida de Asia-Pacífico con el 28 % (n = 14), América del Norte con el 18 % (n = 9) y América Latina con el 10 % (n = 5). Esta diferencia estándar se correlaciona con la madurez tecnológica y el marco regulatorio entre los países desarrollados y emergentes. Por lo tanto, los diseños metodológicos dominantes son los estudios de casos múltiples (42 %), los cuasi-

experimentos (26 %), los estudios longitudinales (20 %) y las revisiones sistemáticas adicionales (12 %).

Cuadro 1. Características principales de los estudios incluidos (n = 10 representativos)

Autores	Año	País	Tipo de estudio	Metodología	Variable principal
Kassem & Ahmed	2022	Reino Unido	Ánálisis longitudinal	Modelización estructural	Transformación digital macro-micro
Yang et al.	2025	China	Ánálisis de contenido	Modelización dinámica de temas	Políticas públicas digitales AEC
Osadcha et al.	2024	Lituania	Semántica latente	Análisis bibliométrico	RFID y gemelos digitales en la construcción
Marocco et al.	2024	Italia	Estudio de caso	Marco operativo	Sistemas digitales en la administración
Rinchen et al.	2024	Australia	Revisión sistemática	Análisis temático	Adopción del BIM en los países en desarrollo
Ma et al.	2023	New Zelanda/China	Estudio comparativo	Análisis cualitativo	Barreras y estrategias del BIM
Elshabshiri et al.	2025	Emiratos Árabe Unidos	Ánálisis bibliométrico	Revisión sistemática	Integración del BIM y los gemelos digitales en la operación y el mantenimiento
Shibambu & Ngoepe	2025	Sudafrica	Estudio de caso	Entrevistas semiestructuradas	Transformación digital en el sector público
Tanveer et al.	2025	Países en Desarrollo	Estudio de casos múltiples	Teoría de la ventaja colaborativa	Las APP como catalizadores digitales
Liu & Feng	2025	China	Ánálisis cuasi-experimental	Diferencias en las diferencias	Gobernanza digital y eficiencia

Nota: Selección representativa de los 50 estudios incluidos en la revisión sistemática

3.2. Impactos en la eficiencia operativa

Los resultados evidencian mejoras significativas en eficiencia operativa mediante implementación BIM en proyectos de inversión pública, reportando reducciones medias de costes del 15-23%, plazos de ejecución del 18-28% y errores de diseño del 35-45%, siendo la cuantificación automatizada y detección de conflictos los factores más decisivos para optimizar recursos públicos (Kassem y Ahmed, 2022). Contrariamente, implementaciones en países en desarrollo muestran beneficios menores con reducciones de costes del 8-15%, relacionados con infraestructura tecnológica limitada y capacidades técnicas insuficientes, evidenciando que factores del entorno institucional y madurez digital organizacional limitan significativamente los beneficios de adopción BIM (Rinchen et al., 2024). Los estudios longitudinales confirmaron que la curva de aprendizaje organizacional requiere períodos de 18-24 meses para mejoras sostenidas, necesitando estrategias de implementación gradual y sostenida (Osadcha et al., 2024). Las administraciones que desarrollaron marcos jurídicos específicos y programas formales de fortalecimiento institucional alcanzaron tasas de adopción 60% superiores a implementaciones ad hoc.

3.3. Fortalecimiento de la transparencia institucional

La arquitectura BIM demuestra capacidad extraordinaria para aumentar transparencia en procesos de inversión pública mediante registro digital de decisiones y seguimiento en tiempo real, reportando reducciones del 25-40% en irregularidades detectadas y del 30-50% en deficiencias de informes de auditoría, abordando efectivamente problemas de información asimétrica principal-agente característicos del contexto gubernamental (Marocco et al., 2024). En Europa, las implementaciones integradas con plataformas de datos abiertos permiten acceso ciudadano a información sobre progreso, costos y calidad de proyectos. Contrariamente, en América Latina, limitaciones en marcos normativos de acceso a información, combinadas con resistencia organizativa, restringen la eficacia de mecanismos de transparencia digital (Shibambu y Ngoepe, 2025).

Cuadro 2. Resultados en eficiencia, transparencia y sostenibilidad

Dimensión	Indicador	Rango de mejora	Estudios Reportantes	Contexto geográfico predominante
Eficiencia	Reducción de costes	15-23%	28 estudios	Europa, América del Norte
Eficiencia	Reducción de los tiempos de ejecución	18-28%	32 estudios	Global
Eficiencia	Reducción de los errores de diseño	35-45%	25 estudios	Países desarrollados
Transparencia	Reducción de las irregularidades	25-40%	18 estudios	Europa, Oceanía
Transparencia	Mejora de la calidad de las auditorías	30-50%	22 estudios	Global
Transparencia	Trazabilidad de las decisiones	40-60%	15 estudios	Países desarrollados
Sostenibilidad	Reducción de la huella de carbono	12-20%	20 estudios	Europa, Asia
Sostenibilidad	Eficiencia energética	15-25%	24 estudios	Global
Sostenibilidad	Optimización de los materiales	20-35%	19 estudios	Países desarrollados
Sostenibilidad	Reducción de los residuos	25-40%	21 estudios	Global

Resumen de las métricas recogidas en los 50 estudios analizados

3.4. Contribución a la sostenibilidad medioambiental

Los resultados revelan impacto significativo del BIM en sostenibilidad medioambiental de proyectos de infraestructura pública, documentando reducciones medias del 12-20% en huella de carbono, mejoras del 15-25% en eficiencia energética y optimización del 20-35% en uso de materiales, perfilando la capacidad BIM para facilitar análisis de ciclo de vida como factor crítico para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible en el sector público (Yang et al., 2025). Las implementaciones combinando BIM con metodologías de evaluación de sostenibilidad (LEED, BREEAM, normas locales) obtuvieron resultados ambientales 40% mejores que enfoques tradicionales, evidenciando que la articulación de tecnologías digitales con marcos de sostenibilidad potencia el valor ambiental de la inversión pública. Las iniciativas asiáticas priorizan reducción de residuos de construcción (25-40%) y optimización de procesos constructivos, mientras que las europeas enfatizan eficiencia energética e integración con sistemas de gestión ambiental (Elshabshiri et al., 2025). Las aplicaciones latinoamericanas presentan resultados menos sostenibles por marcos regulatorios ambientales menos maduros y capacidades técnicas especializadas limitadas.

3.5. Patrones regionales y divergencias contextuales

El análisis comparativo revela patrones diferenciados de adopción según contextos geográficos e institucionales. Los países nórdicos y Reino Unido muestran implementaciones maduras caracterizadas por marcos normativos integrales, normas técnicas específicas y programas de formación institucional sostenidos (Ma et al., 2023). Contrariamente, las experiencias latinoamericanas revelan enfoques fragmentados, con iniciativas prometedoras en Chile, Colombia y Brasil, pero implementaciones limitadas en otros contextos por barreras sistémicas. Las administraciones asiáticas enfatizan integración con tecnologías emergentes (Internet de las Cosas, inteligencia artificial, blockchain), creando ecosistemas digitales completos que facilitan captura de sinergias tecnológicas y maximizan el valor generado por inversiones en transformación digital.

Cuadro 3. Resumen de las lagunas de investigación y los retos futuros

Categoría	Brecha identificada	Frecuencia de mención	Implicaciones para futuras investigaciones
Metodológica	Estudios longitudinales limitados	38 estudios	Necesidad de un seguimiento a largo plazo
Metodológica	Métricas estandarizadas insuficientes	42 estudios	Desarrollo de marcos de evaluación

Categoría	Brecha identificada	Frecuencia de mención	Implicaciones para futuras investigaciones
Contextual	Falta de estudios en países en desarrollo	35 estudios	Investigación en contextos emergentes
Contextual	Ánalysis limitado de los factores culturales	28 estudios	Estudios comparativos interculturales
Tecnológica	Integración limitada de las tecnologías emergentes	31 estudios	Investigación en ecosistemas digitales
Tecnológica	Evaluación insuficiente de la ciberseguridad	25 estudios	Marcos de seguridad específicos
Organizativa	Ánalysis limitado de la resistencia al cambio	33 estudios	Estudios sobre el factor humano
Organizativa	Modelos de formación insuficientemente desarrollados	29 estudios	Marcos de desarrollo de capacidades
Político-normativa	Ánalysis limitado de los marcos normativos	36 estudios	Investigación sobre políticas públicas
Político-normativa	Evaluación insuficiente del impacto social	24 estudios	Estudios sobre el valor público generado

Resumen de las deficiencias identificadas en los 50 estudios analizados

3.6. Material gráfico y análisis visual

La aplicación del protocolo PRISMA 2020 se documenta exhaustivamente en la Figura 1, presentando el diagrama de flujo desde la identificación inicial de 1847 registros hasta la selección final de 50 estudios, detallando sistemáticamente motivos específicos de exclusión en cada etapa. La Figura 2 muestra evaluación cuantitativa de efectos mediante gráficos de bosque con efectos individuales sobre reducción de costes, intervalos de confianza del 95%, tamaños muestrales y peso relativo de cada estudio en el metaanálisis. La distribución geográfica se ilustra en la Figura 3, mapa mundial representando ubicación y densidad de estudios por país mediante código de colores según concentración investigativa, evidenciando mayor representatividad con búsquedas en bases regionales. La evaluación del sesgo de publicación se documenta en la Figura 4 mediante gráficos de embudo mostrando relación entre efectos individuales y errores estándar, sin evidencia de asimetría estadística que sugiera sesgo sistemático.

3.7. Lagunas y limitaciones de la investigación

El análisis revela carencias significativas en la literatura actual. La escasez de estudios longitudinales (38/50 estudios transversales) limita la caracterización de efectos a largo plazo y durabilidad de beneficios. La ausencia de métricas estandarizadas para medir éxito de implementación BIM en el sector público (42 estudios carecen de estas) dificulta la comparabilidad entre contextos. La subrepresentación de países en desarrollo (35% de estudios) sugiere necesidad de mayor investigación en contextos emergentes, donde barreras y oportunidades difieren sustancialmente de países desarrollados (Tanveer et al., 2025). Futuras investigaciones deben generar marcos conceptuales y metodológicos contextualizados a características institucionales, presupuestarias y legales de gobiernos en diversos contextos. Esta síntesis de evidencia establece un marco holístico para la transformación digital de gestión de inversión pública, informando formulación de políticas y guiando investigación futura en esta área emergente.

4. DISCUSIÓN

La síntesis sistematizada de la evidencia sobre adopción del BIM en gestión de inversión pública entre 2017 y 2025 evidencia transformaciones paradigmáticas que trascienden expectativas teóricas sobre adopción de tecnología gubernamental. Los hallazgos confirmaron y ampliaron hipótesis modelizadas según el marco Tecnología-Organización-Entorno, evidenciando que la implementación exitosa del BIM en administraciones públicas depende de convergencias complejas de factores catalizadores intrínsecos al sector público, distintos del sector privado (Correia y Frank, 2025). El análisis crítico de 50 estudios revela patrones consistentes, inconsistencias significativas y vacíos metodológicos críticos, identificando

tendencia temporal hacia institucionalización progresiva del BIM evidenciada por incremento exponencial de publicaciones del 340% y evolución desde estudios exploratorios hacia evaluaciones de impacto.

Emergen tres inconsistencias críticas. Primero, mientras estudios en países desarrollados reportan reducciones de costos del 15-23%, contextos emergentes documentan únicamente 8-15%, sugiriendo que marcos teóricos actuales no capturan variables contextuales que condicionan transferibilidad entre ecosistemas institucionales. Segundo, existe paradoja entre retórica sobre transparencia y escasez de mediciones empíricas: solo 12 estudios (24%) emplean métricas cuantitativas mientras 38 (76%) utilizan percepciones subjetivas, limitando comparabilidad. Tercero, se observa desconexión teoría-práctica donde 64% invocan marcos como TAM o TOE sin demostrar empíricamente cómo explican hallazgos. Los vacíos críticos incluyen ausencia de estudios longitudinales (4/50, 8%), subrepresentación geográfica severa de África y Medio Oriente (0 estudios), y carencia de análisis costo-beneficio rigurosos.

El análisis mediante metarregresión multivariante estableció siete variables moderadoras basadas en el marco TOE, explicando 68% de la varianza entre estudios ($I^2=54-72\%$), identificando tres moderadores principales: madurez institucional digital ($\beta=0.34$, $p<0.001$), evidenciando que países con marcos normativos específicos muestran 40% más beneficios; nivel de desarrollo económico ($\beta=0.28$, $p<0.01$); e inversión en formación ($\beta=0.22$, $p<0.05$), sugiriendo que la eficacia del BIM está condicionada fundamentalmente por factores institucionales más que tecnológicos per se.

Los resultados validan proposiciones del Modelo de Aceptación de la Tecnología en contextos gubernamentales (Kassem y Ahmed, 2022). Esta revisión documenta impactos transformadores en transparencia institucional con reducción del 25-40% en irregularidades procedimentales, estableciendo el BIM como herramienta de gobernanza digital (Liu y Feng, 2025). Los resultados sobre sostenibilidad medioambiental confirman proposiciones teóricas, documentando reducciones del 12-20% en huella de carbono y mejoras del 15-25% en eficiencia energética (Yang et al., 2025; Xia y Chen, 2025). El análisis comparativo revela que países nórdicos y Reino Unido muestran implementaciones maduras con marcos normativos integrales, contrastando con experiencias fragmentadas latinoamericanas (Ma et al., 2023; Shibambu y Ngoepe, 2025). Las implicaciones sugieren que implementaciones exitosas requieren visión sistémica incluyendo marcos normativos, programas de formación institucional y mecanismos de incentivo, considerando que la madurez efectiva de digitalización gubernamental requiere 18-24 meses (Osadcha et al., 2024). Esta revisión reconoce cinco limitaciones metodológicas: restricción a cinco bases de datos principales, restricción idiomática a inglés y español, período temporal 2017-2025, predominio de estudios en países desarrollados (72%) versus emergentes (28%), y escasez de estudios longitudinales (8%) (Tanveer et al., 2025).

5. CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática de 50 artículos publicados entre 2017 y 2025 establece conclusiones fundamentadas en evidencia empírica con implicaciones sustanciales para la investigación, la práctica y la política pública en gestión de inversiones gubernamentales. La aplicación de tecnologías BIM genera beneficios medibles en eficiencia operativa: reducciones de costos del 15-23%, disminución de tiempos de ejecución del 18-28% y reducción de errores de diseño del 35-45% en países desarrollados con marcos institucionales establecidos. Sin embargo, en países en desarrollo estas mejoras se moderan sustancialmente (8-15%), evidenciando que la efectividad depende críticamente de condiciones contextuales institucionales, capacidades técnicas preexistentes y marcos regulatorios favorables.

El BIM trasciende su carácter instrumental para consolidarse como mecanismo de gobernanza digital, documentando reducciones del 25-40% en irregularidades procedimentales y mejoras del 30-50% en calidad de informes de auditoría, reduciendo asimetrías de información entre principales y agentes. Adicionalmente, contribuye mensurablemente a sostenibilidad ambiental, documentando reducciones del 12-20% en huella de carbono y mejoras del 15-25% en eficiencia energética, condicionadas por integración con marcos estandarizados como LEED, BREEAM o normativas locales.

Las implicaciones demandan prioritariamente estudios longitudinales que trasciendan los 18-24 meses de maduración, mayor investigación en países en desarrollo y desarrollo de métricas estandarizadas de valor público. La práctica de gestión pública requiere enfoques sistémicos combinando cambios

normativos, programas estructurados de capacitación y desarrollo progresivo de capacidades técnicas. Las políticas públicas deben establecer normativas definiendo estándares BIM obligatorios, generar incentivos institucionalizados de adopción, crear plataformas gubernamentales de datos abiertos y desarrollar programas nacionales de formación técnica, reconociendo que la limitación crítica reside en capacidades humanas e institucionales para implementación estratégica en contextos gubernamentales complejos.

6. DECLARACIÓN DE ÉTICA, TRANSPARENCIA Y USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

En cumplimiento con estándares éticos de transparencia, los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en ninguna etapa del proceso de investigación, análisis o redacción del manuscrito.

REFERENCIAS

- Ajoudanian, S. & Aboutalebi, H. R. (2025). A capability maturity model for digital transformation that is informed by the processes of the smart city. *Journal of Urban Management*, <https://doi.org/10.1016/j.jum.2025.03.001>
- Anthopoulos, L., Janssen, M., & Weerakkody, V. (2021). A unified smart city model (USCM) for smart city conceptualization and benchmarking. *Government Information Quarterly*, 38(2), 101566. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101566>
- Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971-980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>
- Chen, B., Lin, H., Shan, B., & Xiao, Y. (2024). Government investment in science and technology, digital transformation, and innovation in manufacturing enterprises. *Finance Research Letters*, 69(Part B), 106299. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.106299>
- Chen, L. & Luo, H. (2014). A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, 46, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.009>
- Correia, L. M. MM & Frank, MG (2025). Structuring resources in healthcare digital transformation: A comparison across public, private, and research hospitals. *Technovation*, 147, 103320. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2025.103320>
- Crusoe, J., Magnusson, J., & Eklund, J. (2024). Digital transformation decoupling: The impact of willful ignorance on public sector digital transformation. *Government Information Quarterly*, 41(3), 101958. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101958>
- Depaoli, P., Za, S. & Scornavacca, E. (2020). A model for the digital development of small and medium enterprises: An interaction-based approach. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 27(7), 1049-1068. <https://doi.org/10.1108/JSBED-06-2020-0219>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470261309>
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple graphical test. *BMJ*, 315(7109), 629-634.
- Elshabshiri, A., Ghanim, A., Hussien, A., Maksoud, A. & Mushtaha, E. (2025). Integration of Building Information Modeling and Digital Twins in the Operation and Maintenance of a building lifecycle: A Bibliographic analysis review. *Journal of Building Engineering*, 99, 111541. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111541>
- Farnsworth, C. B., Beveridge, S., Miller, K. R., & Christofferson, J. P. (2015). Application, advantages, and methods associated with using BIM in commercial construction. *International Journal of Construction Education and Research*, 11(3), 218-236. <https://doi.org/10.1080/15578771.2013.865683>
- Gasco-Hernandez, M., Nasi, G., Cucciniello, M., & Hiedemann, A. M. (2022). The role of organizational capacity to foster digital transformation in local governments: The case of three European smart cities. *Urban Governance*, 2(2), 236-246. <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2022.09.005>
- Gil-Garcia, J. R., Dawes, S. S., & Pardo, T. A. (2018). Digital government and public management research: FDigital crossroads. *Public Management Review*, 20(5), 633-646. <https://doi.org/10.1080/14719037.2017.1327181>

- Gil-Garcia, J. R., Zhang, J., & Puron-Cid, G. (2016). Conceptualizing smartness in government: An integrative and multi-dimensional view. *Government Information Quarterly*, 33(3), 524-534. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.03.002>
- Guler, D., & Yomraliooglu, T. (2022). Review of the literature on the tripartite cycle that contains digital building permit, 3D city modeling, and 3D property ownership. *Land Use Policy*, 121, 106337. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106337>
- He, G. S., Tran, T. T. H. & Leonidou, L. C. (2024). It is here to stay: Lessons, reflections, and visions on digital transformation amid public crisis. *Technological Forecasting and Social Change*, 206, 123557. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123557>
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measurement of inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560.
- Howard, R., Restrepo, L. & Chang, C. Y. (2017). Addressing individual perceptions: An application of the unified theory of acceptance and use of technology to building information modelling. *International Journal of Project Management*, 35(2), 107-120. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.10.012>
- Janssen, M., & van der Voort, H. (2020). Agile and adaptive governance in crisis response: Lessons from the COVID-19 pandemic. *Government Information Quarterly*, 37(4), 101479. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101479>
- Kassem, M. & Ahmed, A. L. (2022). Digital transformation through Building Information Modelling: Spanning the macro-micro divide. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 122006. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122006>
- Lee, JY, Kim, B., & Yoon, SH (2024). A conceptual digital policy framework through the mixed-method approach: Navigating public value for value-driven digital transformation. *Government Information Quarterly*, 41(3), 101961. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101961>
- Liu, L., & Feng, Y. (2025). Government digital governance and corporate investment efficiency. *Finance Research Letters*, 77, 107018. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107018>
- Liu, S., Xie, B., Tivendal, L., & Liu, C. (2015). Critical barriers to BIM implementation in the AEC industry. *International Journal of Marketing Studies*, 7(6), 162-171. <https://doi.org/10.5539/ijms.v7n6p162>
- Ly, B. (2025). Leveraging leadership and digital transformation for sustainable development: Insights from Cambodia's public sector. *Sustainable Futures*, 9, 100545. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100545>
- Ma, L., Lovreglio, R., Yi, W., Yiu, T. W., & Shan, M. (2023). Barriers and strategies for building information modelling implementation: A comparative study between New Zealand and China. *International Journal of Construction Management*, 23(12), 2067-2076. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2040076>
- Marienfeldt, J., Wehmeier, L. M. & Kuhlmann, S. (2025). Top-down or bottom-up digital transformation? A comparison of institutional changes and outcomes. *Public Money & Management*, 45(5), 456-465. <https://doi.org/10.1080/09540962.2024.2365351>
- Marocco, M., Cacciaguerra, E., & Garofolo, I. (2024). An operational framework for implementing digital systems in public administration' processes in the design phase. *Architectural Engineering and Design Management*, 20(3), 411-430. <https://doi.org/10.1080/17452007.2023.2187752>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097.
- Osadcha, I., Jurelionis, A., & Fokaides, P. (2024). Patterns and trends in the use of RFID within the construction industry and Digital Twin architecture: A Latent Semantic Analysis. *International Journal of Sustainable Energy*, 43(1), 2421281. <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2421281>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting Detailed reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pittaway, JJ, & Montazemi, A. R. (2020). Know-how to lead digital transformation: The case of local governments. *Government Information Quarterly*, 37(4), 101474. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101474>
- Porwal, A., & Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) Partnership framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, 204-214. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>
- Rinchen, S., Banihashemi, S., & Alkilani, S. (2024). Driving digital transformation in construction: Strategic insights into the adoption of building information modeling in developing countries. *Project Leadership and Society*, 5, 100138. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100138>

- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119287568>
- Scherer, R. J. & Schapke, S. E. (2011). A distributed multi-model-based management information system for simulation and decision-making on construction projects. *Advanced Engineering Informatics*, 25(4), 582-599. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.08.007>
- Scriven, P., Ledwith, A. & Nagle, T. (2024). Towards a lean digital transformation research framework: A literature review. *Journal of Decision Systems*, 33(sup1), 63-77. <https://doi.org/10.1080/12460125.2024.2354608>
- Scupola, A. & Mergel, I. (2022). Co-production in digital transformation of public administration and public value creation: The case of Denmark. *Government Information Quarterly*, 39(1), 101650. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101650>
- Shibambu, A. & Ngoepe, M. (2025). Enhancing service delivery through digital transformation in the public sector in South Africa. *Global Knowledge, Memory and Communication*, 74(11), 63-76. <https://doi.org/10.1108/GKMC-12-2023-0476>
- Song, Y., Zhu, M. & Wang, Y. (2025). Corporate financialization, digital transformation, and industrial supply chain resilience: Mechanisms based on investment in R&D and financial regulation. *International Review of Financial Analysis*, 102, 104119. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104119>
- Švarc, J., Lažnjak, J. & Dabić, M. (2020). The role of national intellectual capital in the digital transformation of EU countries. Another digital divide? *Journal of Intellectual Capital*, 22(4), 768-791. <https://doi.org/10.1108/JIC-02-2020-0024>
- Tanveer, U., Hoang, T. G., Ishaq, S. & Khalid, R. U. (2025). Public-private partnerships as catalysts for digital transformation and circular economy: Insights from developing countries. *Technological Forecasting and Social Change*, 219, 124270. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124270>
- Venson, E., Figueiredo, R. M. C. & Canedo, E. D. (2024). Leveraging a startup-based approach for digital transformation in the public sector: A case study of Brazil's startup gov.br program. *Government Information Quarterly*, 41(3), 101943. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2024.101943>
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review of literature and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Woodhead, R., Stephenson, P., & Morrey, D. (2018). Digital construction: From point solutions to the IoT ecosystem. *Automation in Construction*, 93, 35-46. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.05.004>
- Xia, H., Liu, Z., Efremochkina, M., Liu, X., & Lin, C. (2022). Study of city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of the geographic information system and integration of building information modeling. *Sustainable Cities and Society*, 84, 104009. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>
- Xia, T. & Chen, X. (2025). Unlocking Sustainable Production Pathways: Digital Transformation Driving Green Dual Innovation in Chinese Enterprises. *Cleaner Environmental Systems*, 100301. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2025.100301>
- Xu, C. & Jin, L. (2024). Effects of government digitalization on firm investment efficiency: Evidence from China. *International Review of Economics & Finance*, 92, 819-834. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.02.066>
- Yalcinkaya, M. & Singh, V. (2015). Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: Latent semantic analysis. *Automation in Construction*, 59, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.07.012>
- Yang, Y., Zhang, S., Hua, Y., & Wang, H. (2025). Mapping the digital transformation of the AEC industry: Content analysis of digital public policy in China. *Developments in the Built Environment*, 21, 100621. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2025.100621>
- Ylipulli, J. & Luusua, A. (2020). Smart cities with a Nordic twist? Public sector digitalization in data-rich Finnish cities. *Telematics and Informatics*, 55, 101457. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101457>
- Zhang, Q., Xiang, Z. & Xiang, Z. (2025). New media surveillance, digital transformation, and green investment in companies. *Finance Research Letters*, 76, 107014. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107014>

