

Propuesta de Implementación de Simulación 4D en el Planeamiento de Proyectos de Infraestructura en Panamá, 2025

Proposal for the Implementation of 4D Simulation in Infrastructure Project planning in Panama, 2025

Isaac Abdiel Salazar Moreno

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería, Panamá

isaac.salazar@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0003-6382-4883>

Recibido: 9/10/2025 Aceptado: 31/10/2025



DOI <https://doi.org/10.48204/reicit.v5n2.8030>

RESUMEN

La incorporación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en su dimensión 4D, que integra modelos tridimensionales con la programación temporal de obra, representa una oportunidad para optimizar la planificación de proyectos de infraestructura en Panamá.

Objetivo: Este artículo presenta un análisis conceptual y propositivo sobre la aplicación de la simulación 4D, fundamentado en revisión bibliográfica y análisis del marco normativo vigente.

Enfoque y alcance del análisis: Se identifican beneficios como la reducción de conflictos en obra, optimización de recursos y mejora en la comunicación entre actores; así como retos asociados a la estandarización, capacitación y costos iniciales. **Desarrollo:** Se propone un flujograma de implementación progresiva para obras civiles, integrando control de calidad BIM e inteligencia artificial para la reprogramación automática. **Conclusiones:** Los resultados indican que la simulación 4D puede mejorar la eficiencia en un 15-25% y servir como herramienta estratégica para la toma de decisiones en proyectos complejos.

PALABRAS CLAVE: Building Information Model BIM, planificación de obras, estandarización, simulación 4D, infraestructura de Obra Civil.

ABSTRACT

The incorporation of Building Information Modeling (BIM) methodology in its 4D dimension, which integrates three-dimensional models with construction scheduling, represents an

opportunity to optimize infrastructure project planning in Panama. This article presents a theoretical-practical analysis of the application of 4D simulation, combining a literature review and methodological proposals adapted to the local context. Benefits such as reduced conflicts on site, optimized resources, and improved communication between stakeholders are identified, as well as challenges associated with standardization, training, and initial costs. A progressive implementation flowchart is proposed for civil works, integrating BIM quality control and artificial intelligence for automatic rescheduling. The results indicate that 4D simulation can improve efficiency by 15-25% and serve as a strategic tool for decision-making in complex projects.

KEYWORDS: Building Information Model BIM, construction planning, standardization, 4D simulation, civil engineering infrastructure.

INTRODUCCIÓN

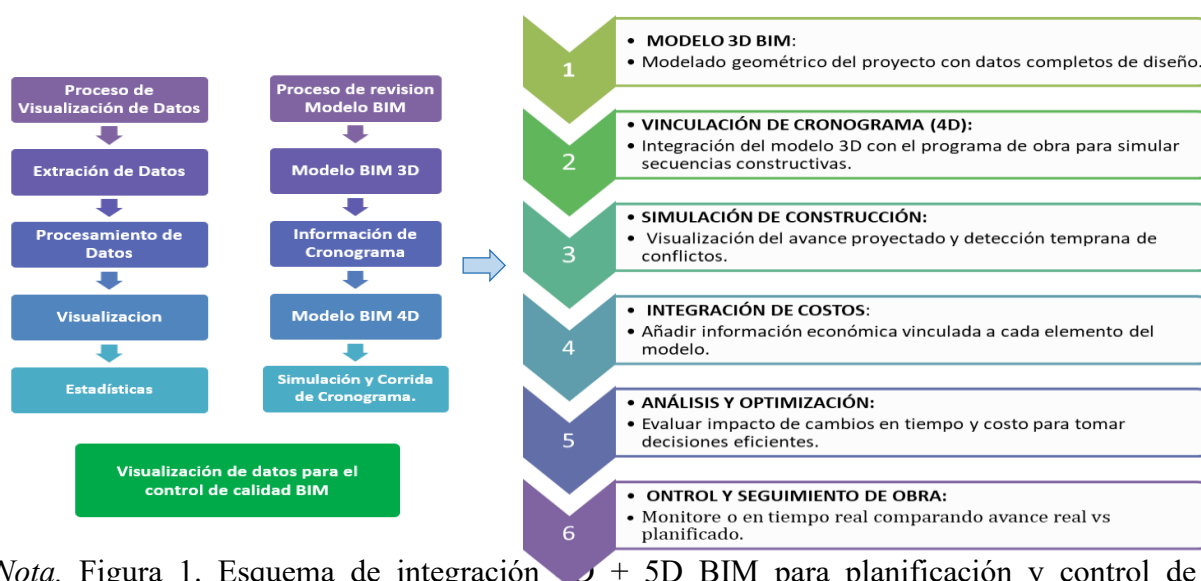
La planificación de proyectos de infraestructura es un factor crítico para cumplir con los objetivos de tiempo, costo y calidad. En Panamá, actualmente se están realizando inversiones importantes en el desarrollo de infraestructura de obra civil ante la necesidad en sectores como transporte, recursos hídricos, energía y urbanismo, según datos de la Contraloría General de la Nación (Informe económico de coyuntura — primer trimestre 2024) (Contraloría General de la Nación, 2024). Por lo que esta ingeniería de valor, requiere métodos más eficientes de coordinación y control de estos proyectos. En especial atención a los relacionados en el sector público. Este escenario pone a nuestro país en buscar una construcción de infraestructura sostenible y enfocada al mantenimiento de estas obras. La metodología BIM, reconocida a nivel global, ha evolucionado hacia 8D, pero en esta oportunidad nos enfocaremos en el 4D de la metodología BIM, que vincula la representación 3D con la programación temporal para simular el proceso constructivo (Doukari et al., 2022). Esta integración permite visualizar la secuencia de actividades, anticipar conflictos y optimizar el uso de recursos (Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). Sin embargo, su aplicación en el país es aún incipiente y enfrenta barreras técnicas, económicas y culturales. Recientemente, se ha formalizado en Panamá la adopción de la norma técnica DGNTI ISO UNE EN 19650-2:2018, la cual será consultada para desarrollar un ejercicio piloto de procedimiento en obras de infraestructura civil (Ministerio de Comercio e Industrias, 2025).

DESARROLLO:

La metodología BIM es un conjunto de procesos, tecnologías y representaciones digitales que integran características físicas y funcionales de un activo construido, es una metodología. (García Borja et al., 2018). El 4D BIM añade la dimensión temporal, permitiendo simular el avance de obra y evaluar escenarios alternativos. Estudios han demostrado que la simulación 4D mejora la comunicación entre actores, reduce incertidumbre y facilita el control de calidad (Bang & Olsson, 2022). Esta propuesta de implementación fue desarrollada en un enfoque conceptual y propositivo, combinó una revisión sistemática de literatura, normativa y casos de estudio de otros países, con un análisis de aplicabilidad al contexto panameño. Se revisaron las series ISO 19650 (con énfasis en la DGNTI-ISO 19650-4:2022) para la gestión e intercambio de información BIM, así como experiencias documentadas de simulación 4D en América Latina y Europa (Doukari et al., 2022; Bang & Olsson, 2022). La evaluación se estructuró en: (1) recopilación y cribado de fuentes, (2) análisis crítico de prácticas 4D y aseguramiento de calidad BIM, (3) contraste con capacidades institucionales y contractuales de Panamá y (4) síntesis mediante cuadros comparativos (García Borja et al., 2018; Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). y análisis FODA (elaborado por el autor, agosto 2025).

Figura 1.

Ejemplo de flujograma general de trabajo, implementación en la simulación y planeamiento del proyecto para proyectos de obra civil.



Nota. Figura 1. Esquema de integración + 5D BIM para planificación y control de proyectos, con base en Farnood Ahmadi & Arashpour (2020).

Para realizar la matriz comparativa y definir la propuesta de implementación, se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura y de normativa técnica, abarcando fuentes internacionales y nacionales, con énfasis en BIM 4D, inteligencia artificial aplicada a la construcción y estándares de aseguramiento de calidad. Esta revisión incluyó:

Normativa internacional:

- ISO 19650-1 y ISO 19650-4 (gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un activo construido, incluyendo intercambios digitales y requisitos de entregables) .
- Estándares de BuildingSMART para interoperabilidad.
- Guías de Last Planner System (LPS) y Lean Construction aplicadas en entornos BIM
- Estudios de caso en Europa y Oceanía sobre integración de IA y planificación 4D.

Normativa nacional:

- DGNTI-ISO 19650-4:2022, adoptada en Panamá para la organización e intercambio de información en proyectos BIM, con énfasis en la definición de requisitos de información (EIR) y protocolos de intercambio.
- Reglamentos técnicos del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y lineamientos de la Contraloría General de la República en materia de control de ejecución y registro de proyectos.

Casos estudiados relevantes:

- Experiencia de Implementación BIM, Proyecto de Infraestructura de transporte, línea 3 del metro de Panamá, dentro del (BEP) del contrato.
- Implementación BIM 4D en proyectos inmobiliarios (Quito)
- Modelado y planificación de estadios con BIM y LPS (Perú)
- Integración de IA en el control de obra.

Adicionalmente, se recopiló información de la Contraloría General de la Nación de Panamá sobre proyectos de obra civil en ejecución durante el último año. Según los últimos registros (2024), existen aproximadamente 320 proyectos activos en el país, de los cuales menos del 10

% reportan el uso de metodologías BIM de forma parcial o total. Esta baja adopción resalta la necesidad de guías claras y adaptadas al contexto local. Este desarrollo se desglosa en categorías.

Búsqueda y análisis de fuentes: Se consultaron bases de datos y repositorios como Scopus, ScienceDirect e ISARC, además de documentos técnicos nacionales. Se priorizaron aportes sobre planificación 4D, interoperabilidad (IFC/BCF) y control de calidad de modelos; también se revisó la DGNTI-ISO 19650-4:2022 en lo relativo a criterios de intercambio, estados de información (WIP, compartido, publicado), decisiones A/B y criterios de revisión (CDE, conformidad, continuidad, coherencia e integridad de la información).

Criterios de inclusión y exclusión: Se incluyeron publicaciones entre 2016 y 2025 que presentaran evidencia aplicada de 4D BIM, estudios de interoperabilidad y guías de aseguramiento de calidad; se excluyeron trabajos sin validación empírica o no relacionados con obra civil (Giménez et al., 2016; Calo Ortiz, 2025; Vilchez Condori, 2024).

Propuesta de evaluación de aplicabilidad por sector institucional en Panamá: Se contrastaron los requisitos de información (EIR), flujos de intercambio y aseguramiento de calidad con las prácticas de entidades públicas y privadas. En la siguiente tabla se presenta la aplicabilidad y medidas de implantación, para realizar las mediciones por institución/sector, para el plan piloto de propuesta de planificación 4D.

Figura 2.

Cuadro de aplicabilidad según algunos sectores Institucionales en Panamá.

EVALUACIÓN DE APLICABILIDAD POR SECTOR INSTITUCIONAL EN PANAMÁ						
Entidad/Sector	Tipología de proyecto	Madurez BIM 4D	EIR / CDE	Herramientas Posibles	Barreras / Limitación o Retos	Tiempo de Prueba (12–18 meses)
MEDUCA (Educación)	Colegios, campus complejos deportivos escolares	Baja–Media	EIR básico; CDE por programa	Revit/Navisworks, MS Project	Capacitación; bibliotecas BIM; contratos tradicionales sin BIM	Plantillas EIR; pilotos 4D en ampliaciones; checklist de calidad (DGNTI-ISO 19650-4)
MIVIOT (Vivienda)	Vivienda social, lotificaciones	Baja–Media	EIR por tipología; CDE por proyecto	Revit, Synchro/4D, Project	Portafolios con múltiples contratistas	Catálogos tipológicos; 4D para fases repetitivas
PANDEPORTES	Estadios, polideportivos	Media	EIR con hitos; CDE federado	Revit/Synchro, LPS	Pliegos no uniformes en BIM	LPS+4D en fases estructurales; librerías deportivas
IDAAN	Redes de agua y saneamiento	Baja–Media	EIR geoespacial; CDE con GIS	Civil 3D, InfraWorks, Navisworks	Interoperabilidad GIS–BIM; datos as-built	IFC + GIS; 4D para cierres por sectores
Empresa privada (residencial)	Multifamiliares, urbanizaciones	Media	EIR por promotor; CDE privado	Revit/Navisworks, Project	ROI percibido; coordinación subcontratos	4D para ventas y obra; catálogos repetitivos
Empresa privada	Centros comerciales, Torres de Oficinas, Torres de Comercio	Media–Alta	EIR detallado; CDE corporativo	Revit, Synchro/4D, Primavera P6	Integración costos-plazos; múltiples especialidades	4D + gestión de riesgos; contratos colaborativos

Nota: EIR = Exchange Information Requirements; CDE = Common Data Environment. Se recomienda armonizar plantillas EIR y reglas de calidad conforme a DGNTI-ISO 19650-4, y definir criterios de decisión A/B y estados de información (WIP) para cada programa institucional.

RESULTADO DE ANALISIS FODA

Beneficios esperados de la simulación 4D

La simulación 4D permite reducir conflictos espaciales y temporales, optimizar rutas y secuencias constructivas, y mejorar la comunicación entre actores (Doukari et al., 2022; Farnood Ahmadi & Arashpour, 2020). En proyectos complejos, su integración con inteligencia artificial puede anticipar desviaciones y proponer reprogramaciones automáticas (Bang & Olsson, 2022).

Riesgos y limitaciones

Entre los principales retos se encuentran los costos iniciales, la falta de estandarización de modelos BIM y la capacitación técnica. La fragmentación contractual en Panamá puede limitar la colaboración efectiva entre actores (Radman et al., 2021).

Flujograma propuesto para Panamá

Se propone un flujograma que incluye: definición del alcance BIM, modelado 3D inicial, vinculación con cronograma, control de calidad BIM periódico, integración con sensores IoT para seguimiento en tiempo real y reprogramación automática en caso de desviaciones.

CONCLUSIONES

La simulación 4D ofrece una oportunidad para transformar la planificación de proyectos de infraestructura en Panamá, reduciendo tiempos y costos; mejorando la coordinación tanto en la etapa de licitación en proyectos de diseño construcción, como implementando en la etapa de factibilidad. Para su implementación se recomienda iniciar con proyectos piloto, capacitar a los equipos técnicos y establecer protocolos de calidad BIM. Su combinación con inteligencia artificial e IoT puede llevar la gestión de obra a un nivel más predictivo y eficiente, tomando en cuenta que a luzes larga se busca tener mayor control de la deuda pública, mejorar lo

programas de mantenimiento y ofrecer la oportunidad de desarrollar mejor la metodología. En el sector privado su implementación puede ayudar a la coordinación de actividades y manejo de recursos para optimizar los cronogramas de obra donde se implemente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bang, S., & Olsson, N. (2022). Artificial intelligence in construction projects: A systematic scoping review. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 12(3), 224–238. <https://doi.org/10.32738/JEPPM-2022-0021>
- BIM. Buildings, 12, 1145. <https://doi.org/10.3390/buildings12081145>
- Farnood Ahmadi, P., & Arashpour, M. (2020). An analysis of 4D-BIM construction planning. *ISARC 2020*. <https://doi.org/10.22260/ISARC2020/0025>
- Boton, C., Kubicki, S., & Halin, G. (2015). 4D/BIM simulation for scheduling: Qualitative comparison between immersive and non-immersive interaction modes. *Visualization in Engineering*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40327-015-0021-4>
- Calo Ortiz, D. P. (2025). Desarrollo y aplicación de la metodología BIM para la planificación y ejecución de un proyecto inmobiliario en Quito. Escuela Politécnica Nacional.
- Contraloría General de la Nación, Dirección Nacional de Asesoría Económica y Financiera. (2024, julio). *Informe económico de coyuntura — primer trimestre de 2024* [PDF]. Observatorio Económico. <https://www.contraloria.gob.pa/observatorio-economico/wp-content/uploads/2024/07/Informe-Economico-de-Coyuntura-I-Trimestre-2024.pdf>
- Dawood, N., & Sikka, S. (2008). Development of 4D-based performance indicators in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 15(2), 131–144. <https://doi.org/10.1108/09699980810852682>
- DGNTI. (2022). DGNTI-ISO 19650-4:2022. Dirección General de Normas y Tecnología Industrial.
- Doukari, O., Seck, B., & Greenwood, D. (2022). The creation of construction schedules in 4D
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. John Wiley & Sons.
- Ganah, A., & John, G. A. (2015). Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction. *Safety and Health at Work*, 6(1), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2014.10.002>

- García Borja, J. J., Pérez Mañogil, J. M., & Díaz Noguera, G. (2018). Visualización de datos para el aseguramiento de la calidad BIM. *Spanish Journal of BIM*, 18(1), 4–8.
- Giménez, Z., Gutiérrez, R., & Hernández, G. (2016). Implementación de construcción virtual para mejorar la planificación. *Revista Gaceta Técnica*, 16(1), 83–98
- Graphisoft. (2013). Open BIM. http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/
- Guo, H., Yu, Y., & Skitmore, M. (2017). Visualization technology-based construction safety management: A review. *Automation in Construction*, 73, 135–144.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.10.004>
- Hardin, B. (2009). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows*. Wiley Publishing.
- Hartmann, T., Gao, J., & Fischer, M. (2008). Areas of application for 3D and 4D models on construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10), 776–785. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:10\(776\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(776))
- Jernigan, F. (2008). *BIG BIM, little bim*. 4Site Press.
- Kymmell, W. (2008). *Building information modeling: Planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations*. McGraw-Hill.
- Loyola Vergara, M., & Urrutia Beiza, R. (2012). Desafíos y propuestas para la implementación de Building Information Modeling en Chile. *SIGraDi 2012*, 617–621.
- Mahalingam, A., Kashyap, R., & Mahajan, C. (2010). An evaluation of the applicability of 4D CAD on construction projects. *Automation in Construction*, 19(2), 148–159.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.015>
- McGraw-Hill Construction. (2009). BIM adoption: By U.S. state & Canadian province.
http://www.bim.construction.com/research/pdfs/2009_BIM_Adoption_by_US_State_and_Canadian_Province.pdf
- McGraw-Hill Construction. (2012). *Building Information Modeling (BIM): Transforming design and construction to achieve greater industry productivity*.
- Ministerio de Comercio e Industrias. (2025, 26 de junio). Resolución n° — (DGNTI adopta la norma técnica DGNTI ISO UNE EN 19650-2:2018 – Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM; gestión de la información – parte 2: fase de desarrollo de los activos). *Gaceta Oficial Digital*, No. 30309. R
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/30309/GacetaNo_30309_20250626.pdf

- Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd ed.). Wiley.
- Smith, D., & Tardif, M. (2009). Building information modeling: A strategic implementation guide for engineers, constructors, and real estate asset managers. John Wiley & Sons.
- Vandezande, J., Read, P., & Krygiel, E. (2013). Revit Architecture 2013. Sybex.
- Akinade, O. O., Oyedele, L. O., Ajayi, S. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A., & Arawomo, O. O. (2017). Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment. Journal of Cleaner Production, 180, 375–385. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.022>
- Vilchez Condori, L. M. (2024). Modelación, coordinación y planificación utilizando LPS y BIM. PUCP.
- Zhang, J., & Hu, Z. (2011). BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 2. Development and site trials. Automation in Construction, 20(2), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.013>