Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

Implementación del BIM 4D y su impacto en la gestión constructiva de proyectos de vivienda multifamiliar en contextos urbanos emergentes

E Implementation of 4D BIM and its impact on construction management in multifamily housing projects in emerging urban contexts

Arq. Yeleni Anahi Anguisaca Rivas
Universidad Bolivariana del Ecuador
yaanguisacar@ube.edu.ec
https://orcid.org/0009-0003-9271-6515
Puyo – Ecuador

MSc. Edmundo Javier Murillo Viteri
Universidad Bolivariana del Ecuador
ejmurillov@ube.edu.ec/ emurillovi@ulvr.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-0474-590X
Guayaquil-Ecuador

Ing. Wellington Isaac Maliza Cruz, Ph.D
Universidad Boliviana del Ecuador
wimalizac@ube.edu.ec
https://orcid.org/0009-0005-1426-583X
Guayaquil-Ecuador

Formato de citación APA
Anguisaca, Y., Murillo, E., Maliza, W. (2026). Implementación del BIM 4D y su impacto en la gestión constructiva de proyectos de vivienda multifamiliar en contextos urbanos emergentes. Revista REG, Vol. 5 (N°. 4), p. 56 - 85.

NEXO CIENTIFICO
Vol. 5 (N°. 4). Octubre – diciembre 2026.
ISSN: 3073-1259
Fecha de recepción: 01 -10-2026
Fecha de aceptación :04-10-2026
Fecha de publicación:31-12-2026

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

RESUMEN

La industria de la construcción enfrenta problemas crónicos de retrasos, sobrecostos y descoordinación interdisciplinaria, agravados por el uso de metodologías tradicionales de planificación basadas en diagramas de Gantt y métodos CPM. El objetivo de esta investigación es analizar el impacto de la implementación del BIM 4D en la gestión constructiva de un proyecto de vivienda multifamiliar en Ecuador, evaluando sus efectos sobre el desempeño temporal, financiero y técnico. Se adoptó un enfoque cuantitativo de tipo cuasi-experimental con diseño comparativo antes-después, aplicado a un caso de simulación controlada sobre un proyecto de dos niveles con 373,25 m² de construcción y un presupuesto base (BAC) de USD 150.000, ubicado en la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza. El modelado tridimensional se realizó en Autodesk Revit 2024 con nivel de desarrollo LOD 300, integrando las disciplinas de arquitectura y estructura; la coordinación interdisciplinaria y simulación 4D se desarrollaron en Autodesk Navisworks Manage 2026 mediante la herramienta TimeLiner. Los indicadores de desempeño se calcularon aplicando la metodología Earned Value Management (EVM). Los resultados evidencian mejoras en las dimensiones de coordinación técnica, precisión métrica, desempeño temporal, desempeño financiero y rentabilidad tecnológica evaluadas en el estudio: las interferencias en obra se redujeron de 150 a 3 casos (−98 %), el error de cubicación disminuyó del 7 % al 2 % (−71 %), la duración proyectada mediante la simulación BIM 4D pasó de 8 a 7,5 meses (−6,25 %), el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) mejoró de 0,90 a 0,97 y el sobrecosto disminuyó de USD 10.500 a USD 3.000 (−71 %), el Índice de Desempeño de Costos (CPI) mejoró de 0,93 a 0,98 (+5,4 %). La implementación generó un Retorno de Inversión (ROI) del 67 %. Se concluye que el BIM 4D constituye una herramienta estratégica de alto valor para la optimización de la gestión constructiva sugiriendo la viabilidad potencial de su aplicación en proyectos de vivienda multifamiliar de presupuesto medio desarrollados en contextos urbanos emergentes.

PALABRAS CLAVE: BIM 4D, gestión constructiva, vivienda multifamiliar, Earned Value Management, simulación constructiva.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

ABSTRACT

The construction industry faces chronic problems of delays, cost overruns, and interdisciplinary miscoordination, exacerbated by the use of traditional planning methodologies based on Gantt charts and CPM methods. The objective of this research is to analyze the impact of BIM 4D implementation on the construction management of a multifamily housing project in Ecuador, evaluating its effects on temporal, financial, and technical performance. A quantitative quasi-experimental approach with a before-after comparative design was adopted, applied to a controlled simulation case involving a two-story building with 373.25 m² of construction area and a Budget at Completion (BAC) of USD 150,000, located in the city of Puyo, province of Pastaza. Three-dimensional modeling was carried out in Autodesk Revit 2024 at LOD 300 development level, integrating the architectural and structural disciplines; interdisciplinary coordination and 4D simulation were developed in Autodesk Navisworks Manage 2026 using the TimeLiner tool. Performance indicators were calculated applying the Earned Value Management (EVM) methodology. Improvements were observed across the evaluated dimensions of technical coordination, metric accuracy, temporal performance, financial performance, and technological profitability. Construction interferences were reduced from 150 to 3 cases (−98%), quantity takeoff error decreased from 7% to 2% (−71%), the projected project duration under the BIM 4D scenario decreased from 8 to 7.5 months (−6.25%), the Schedule Performance Index (SPI) improved from 0.90 to 0.97, and cost overrun decreased from USD 10,500 to USD 3,000 (−71%). The implementation yielded a Return on Investment (ROI) of 67%. It is concluded that BIM 4D represents a high-value strategic tool for optimizing construction management suggesting the potential viability of its application in medium-budget multi-family housing projects developed in emerging urban contexts.

KEYWORDS: 4D BIM, construction management, multifamily housing, Earned Value Management, construction simulation.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción continúa enfrentando desafíos estructurales asociados al cumplimiento de plazos, control de costos, coordinación interdisciplinaria y eficiencia operativa. A pesar de los avances tecnológicos experimentados durante las últimas décadas, los índices de productividad del sector permanecen significativamente inferiores a los observados en otras industrias, debido principalmente a la fragmentación de los procesos constructivos, la limitada integración de información y la persistencia de metodologías tradicionales de gestión basadas en documentación bidimensional y planificación secuencial (Riera et al., 2020; Celik & Gul, 2021). Esta situación incrementa los niveles de incertidumbre durante la ejecución, reduce la predictibilidad del desempeño y favorece la aparición de retrasos, sobrecostos y reprocesos, generando impactos negativos sobre la rentabilidad y sostenibilidad de los proyectos constructivos.

Tradicionalmente, la planificación y control de obras se ha desarrollado mediante herramientas como los diagramas de Gantt y los métodos CPM y PERT, los cuales han constituido referentes fundamentales en la gestión de proyectos durante décadas (Villamizar & Deivison, 2020). Sin embargo, la creciente complejidad técnica y organizacional de los proyectos contemporáneos ha evidenciado importantes limitaciones en estas metodologías, particularmente debido a su incapacidad para representar simultáneamente las interacciones espaciales y temporales inherentes al proceso constructivo (Flores & Flores, 2021). Esta restricción dificulta la identificación temprana de interferencias, incrementa la probabilidad de conflictos entre disciplinas y limita la capacidad de optimizar los flujos constructivos antes del inicio de la ejecución física.

Esta problemática adquiere particular relevancia en contextos urbanos en proceso de expansión, donde pueden coexistir restricciones espaciales, complejidad logística, volatilidad en la disponibilidad de recursos y diferentes niveles de madurez tecnológica. En Ecuador, el crecimiento sostenido de ciudades intermedias y centros urbanos en expansión ha incrementado la demanda de proyectos de vivienda multifamiliar, los cuales se desarrollan frecuentemente bajo condiciones de elevada presión temporal, restricciones presupuestarias y entornos operativos altamente dinámicos (INEC, 2024). Estas condiciones generan escenarios de mayor incertidumbre constructiva, donde los métodos convencionales de planificación presentan limitaciones significativas para garantizar niveles adecuados de eficiencia, coordinación y predictibilidad.

En respuesta a estas limitaciones, la transformación digital de la industria de la construcción ha impulsado la adopción de metodologías basadas en Building Information Modeling (BIM), las cuales permiten integrar, gestionar y compartir información del proyecto dentro de entornos colaborativos

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

digitales (Bernal et al., 2024). No obstante, los modelos tridimensionales convencionales resultan insuficientes para representar el comportamiento dinámico de los procesos constructivos. En este contexto, el BIM 4D incorpora la dimensión temporal al modelo digital, permitiendo vincular la información geométrica con la programación de obra, facilitando la simulación de secuencias constructivas, la detección de conflictos espacio-temporales y la optimización de la planificación antes del inicio de la ejecución física (Prieto del Río, 2024).

Diversas investigaciones han demostrado que la implementación del BIM 4D contribuye significativamente a la reducción de interferencias constructivas, la optimización de recursos, la mejora de la coordinación interdisciplinaria y el incremento de la confiabilidad en la planificación (Gómez et al., 2023). Asimismo, la integración del BIM con los principios de Lean Construction ha evidenciado un importante potencial para eliminar actividades que no agregan valor, optimizar flujos de trabajo y fortalecer los procesos de toma de decisiones en proyectos de construcción (Luzuriaga et al., 2025). Sin embargo, la adopción de estas metodologías en países en desarrollo continúa siendo limitada debido a factores relacionados con la inversión inicial requerida, la resistencia organizacional al cambio y la escasa capacitación técnica especializada.

A pesar del crecimiento de la literatura científica sobre BIM 4D, persiste una importante brecha de conocimiento relacionada con su aplicación en proyectos de vivienda multifamiliar desarrollados en contextos urbanos emergentes. Una proporción importante de las investigaciones existentes se ha concentrado en proyectos de gran escala, infraestructura compleja o entornos con elevados niveles de madurez digital, mientras que los proyectos residenciales de presupuesto medio, característicos de economías emergentes como la ecuatoriana, han recibido una atención considerablemente menor (Luzuriaga et al., 2025; Prieto del Río, 2024). Esta limitación dificulta comprender el verdadero alcance de la metodología BIM 4D en escenarios donde las restricciones técnicas, económicas, espaciales y organizacionales condicionan significativamente el desempeño constructivo.

En las últimas décadas, la transformación digital ha impulsado la adopción del Building Information Modeling (BIM) como una estrategia orientada a mejorar la eficiencia y la integración de los procesos constructivos. Particularmente, el BIM 4D, al incorporar la dimensión temporal al modelo tridimensional, permite simular secuencias constructivas, identificar interferencias espacio-temporales y optimizar la planificación antes del inicio de la ejecución física. En este sentido, Rehman et al. (2025), mediante una revisión sistemática de 69 investigaciones científicas, identificaron 57 beneficios asociados a la implementación del BIM 4D, agrupados en diez categorías principales. Entre los beneficios más relevantes reportados se encuentran la mejora de la visualización y comunicación

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

entre los actores del proyecto, la optimización de la planificación y programación, el fortalecimiento del monitoreo del avance constructivo y la reducción de conflictos e interferencias durante la ejecución. Estos hallazgos evidencian el potencial del BIM 4D para incrementar la predictibilidad temporal, optimizar la asignación de recursos y mejorar la eficiencia global de los proyectos de construcción.

En este contexto, la presente investigación adquiere relevancia tanto académica como profesional al aportar evidencia empírica sobre la implementación de BIM 4D en proyectos de vivienda multifamiliar desarrollados en ciudades intermedias del Ecuador. El estudio contribuye al conocimiento científico mediante la evaluación cuantitativa del impacto de la digitalización constructiva sobre indicadores de desempeño temporal, financiero y técnico, incorporando simultáneamente métricas de rentabilidad tecnológica y mejora global del desempeño.

La aplicación del BIM 4D adquiere especial relevancia en contextos urbanos emergentes, caracterizados por restricciones espaciales, limitaciones logísticas, alta densidad constructiva y menores niveles de madurez digital. En estos escenarios, la capacidad de anticipar conflictos constructivos, optimizar flujos de trabajo y mejorar la coordinación interdisciplinaria representa una ventaja estratégica para la ejecución de proyectos de vivienda multifamiliar, donde las desviaciones de tiempo y costo tienen un impacto significativo sobre la viabilidad del proyecto.

El principal aporte de esta investigación radica en la comparación sistemática entre un modelo tradicional de gestión constructiva y un modelo basado en BIM 4D, utilizando indicadores derivados de la metodología Earned Value Management (EVM), análisis de coordinación interdisciplinaria, precisión métrica y evaluación económica de la implementación tecnológica. En consecuencia, el objetivo de este estudio es analizar el impacto de la implementación del BIM 4D en la gestión constructiva de proyectos de vivienda multifamiliar en contextos urbanos emergentes del Ecuador, evaluando sus efectos sobre el desempeño temporal, financiero y técnico, con el propósito de cuantificar los beneficios reales derivados de la incorporación de metodologías digitales en la optimización de la gestión de proyectos constructivos.

MÉTODOS MATERIALES

Este estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de carácter cuasi-experimental, con un diseño comparativo antes-después aplicado a un caso de simulación controlada. Este diseño fue seleccionado debido a que permite evaluar el impacto de una intervención metodológica en este caso, la implementación del BIM 4D sobre variables medibles de desempeño constructivo, sin alterar las condiciones reales del proyecto de origen.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

El estudio mantuvo constantes el alcance del proyecto, el presupuesto base y los precios unitarios originales, de manera que las variaciones observadas pudieran atribuirse exclusivamente al cambio metodológico introducido. La comparación se estableció entre dos escenarios: el escenario tradicional, correspondiente al proceso real ejecutado con herramientas convencionales de planificación (diagramas de Gantt, CPM y documentación 2D en AutoCAD), y el escenario BIM 4D, resultado de la digitalización, coordinación y simulación del mismo proyecto mediante herramientas BIM especializadas.

El alcance de la investigación es de tipo descriptivo-explicativo, ya que no solo documenta los resultados obtenidos, sino que analiza e interpreta las causas de las mejoras registradas en cada dimensión evaluada.

El caso de estudio corresponde a un proyecto de vivienda multifamiliar de uso residencial, compuesto por dos plantas habitables y una terraza, con un área total construida de 373,25 m² y un presupuesto referencial de USD 150.000. Se ubica en la ciudad de Puyo, provincia de Pastaza (Ecuador), en un lote de 299,46 m² de superficie, con acceso vial directo y condiciones urbanas propias de las ciudades intermedias en expansión que caracterizan al contexto local.

El sistema estructural adoptado corresponde a pórticos de hormigón armado, con cimentación superficial mediante plintos concéntricos y riostras de 15×15 cm, columnas de 35×30 cm, vigas de 20×25 cm y losa nervada con viguetas de 10×15 cm. El cerramiento está conformado por mampostería de bloque, con las respectivas aberturas para puertas y ventanas.

El proyecto integró dos disciplinas técnicas —arquitectura y estructura—, lo que permitió evaluar la coordinación interdisciplinaria en un entorno representativo de la realidad constructiva local. Su duración planificada original fue de 7,2 meses, con un Presupuesto Base al Vencimiento (BAC) de USD 150.000, valores que constituyen la línea base de referencia para el cálculo de todos los indicadores de desempeño evaluados en este estudio.

La selección del caso de estudio se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional o por conveniencia, estrategia válida en investigaciones de caso único orientadas a la profundidad analítica más que a la representatividad estadística (Yin, 2018).

Para que un proyecto fuera elegible, debía cumplir simultáneamente con los siguientes criterios de inclusión: (1) disponibilidad de planos técnicos completos en formato digital; (2) existencia de un presupuesto detallado por rubros con precios unitarios actualizados; (3) contar con un cronograma base estructurado mediante actividades secuenciadas; (4) poseer registros reales de

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

ejecución que permitieran calcular los indicadores EVM con datos verificables; y (5) corresponder a un proyecto de vivienda multifamiliar ejecutado en un contexto urbano emergente del Ecuador.

Se excluyeron proyectos de gran escala con presupuestos superiores a USD 500.000, debido a que el estudio busca evaluar la viabilidad del BIM 4D en proyectos de presupuesto medio. El caso seleccionado satisface la totalidad de estos criterios; su escala —dos niveles, dos disciplinas integradas y 8 meses de ejecución— lo convierte en un referente representativo de los proyectos de vivienda multifamiliar desarrollados en ciudades intermedias del Ecuador.

El estudio planteó una estructura de variables alineada con el diseño cuasi-experimental adoptado. La variable independiente fue la implementación de la metodología BIM 4D, entendida como el conjunto de procesos de modelado digital, coordinación interdisciplinaria y simulación constructiva temporales realizados sobre el proyecto. Las variables dependientes, medidas de forma cuantitativa antes y después de la intervención metodológica, incluyeron:

- Desempeño temporal: Se evaluó mediante la duración total del proyecto, el Schedule Performance Index (SPI) y la Schedule Variance (SV), indicadores pertenecientes a la metodología Earned Value Management (EVM). El SPI fue seleccionado debido a que permite medir la eficiencia del cronograma mediante la relación entre el Valor Ganado (Earned Value, EV) y el Valor Planificado (Planned Value, PV), constituyendo uno de los principales indicadores para evaluar el desempeño temporal de proyectos de construcción. Un valor de SPI igual a 1 indica cumplimiento del cronograma, mientras que valores inferiores reflejan retrasos en la ejecución (Project Management Institute [PMI], 2021).
- Desempeño financiero: Se evaluó mediante el Cost Performance Index (CPI), Sobrecosto respecto al presupuesto base (BAC) y el Estimate at Completion (EAC), indicadores de la metodología Earned Value Management. El CPI fue seleccionado porque permite evaluar la eficiencia en el uso de los recursos económicos mediante la relación entre el Valor Ganado (EV) y el Costo Real (Actual Cost, AC). Valores iguales a 1 representan un comportamiento acorde con el presupuesto, mientras que valores inferiores evidencian sobrecostos durante la ejecución del proyecto (PMI, 2021).
- Precisión métrica: error porcentual en cubicaciones, calculado como la diferencia relativa entre las cantidades de obra estimadas manualmente y las generadas por el modelo BIM, expresada en porcentaje.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

- Coordinación técnica: número total de interferencias interdisciplinarias detectadas, clasificadas según tipo de conflicto (geométrico, dimensional o de solapamiento), comparando el escenario tradicional frente al modelo BIM coordinado mediante clash detection.
- Rentabilidad tecnológica: Retorno de Inversión (ROI) de la implementación BIM 4D, calculado a partir de los beneficios económicos estimados y los costos de implementación de la metodología.
- ROI = [(Ahorro generado – Costo de implementación BIM)/(Costo de implementación BIM)]× 100

Para la recolección de datos se emplearon dos grandes categorías de técnicas e instrumentos, organizadas según la fase del estudio.

En la Fase I, correspondiente al escenario tradicional, se aplicó el análisis documental como técnica principal, mediante la revisión sistemática de los registros técnicos del proyecto: planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones elaborados en AutoCAD; presupuesto detallado por rubros con análisis de precios unitarios; cronograma de ejecución original; y reportes de avance de obra que permitieron reconstruir los valores reales de costo y tiempo. La metodología Earned Value Management (EVM) fue seleccionada debido a que integra simultáneamente el análisis del desempeño temporal y financiero del proyecto mediante indicadores estandarizados internacionalmente, permitiendo evaluar objetivamente los efectos de la implementación del BIM 4D sobre el cumplimiento del cronograma y el control de costos (PMI, 2021), usando los valores de Planned Value (PV = USD 150.000), Earned Value (EV) y Actual Cost (AC = USD 160.500).

En las Fases II y III, correspondientes al escenario BIM 4D, se emplearon herramientas digitales especializadas como instrumentos de recolección y procesamiento: Autodesk Revit 2024 para el modelado tridimensional paramétrico de las disciplinas de arquitectura y estructura con nivel de desarrollo LOD 300, y Autodesk Navisworks Manage 2026 para la federación de modelos, detección automática de interferencias (clash detection) y simulación 4D mediante la herramienta TimeLiner. La integración de ambas categorías de herramientas permitió establecer una comparación rigurosa y cuantificable entre los dos escenarios evaluados.

El procedimiento metodológico se estructuró en tres fases secuenciales e interdependientes, diseñadas para garantizar la trazabilidad y comparabilidad de los resultados. Cada fase produjo insumos que alimentaron la siguiente, asegurando la coherencia metodológica del estudio. La Figura 1 presenta el diagrama de flujo general del procedimiento adoptado:

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Figura 1.

Diagrama de Flujo General del proceso del proyecto

Fase I: Análisis de base de datos y escenario tradicional

- Revisión documental del proyecto (planos, cronograma y presupuesto)
- Análisis del entorno constructivo
- Evaluación del cronograma y costos (EVM base)
- Identificación de interferencias en obra

Fase II: Modelado BIM y simulación 4D

- Modelado BIM (arquitectura y estructura)
- Coordinación interdisciplinaria (clash detection)
- Vinculación modelo-cronograma (4D)
- Simulación del proceso constructivo
- Optimización de la secuencia de obra

Fase III: Evaluación del desempeño del proyecto

- Evaluación del desempeño temporal (SPI, SV)
- Evaluación del desempeño financiero (CPI, BAC, EAC)
- Evaluación de interferencias (coordinación técnica)
- Cálculo del ROI como indicador de rentabilidad tenológica

Fuente: Elaboración propia (2026).

Fase I: Análisis de base de datos y escenario tradicional

Para el desarrollo de la Fase I se incluyeron cinco actividades principales: a) revisión documental, b) análisis del entorno del proyecto, c) evaluación del cronograma y costos y d) identificación de interferencias.

- Revisión documental: Se realizó el análisis de la documentación técnica del proyecto, incluyendo planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones, así como el presupuesto referencial y el cronograma base. La información obtenida permitió establecer la línea base del estudio y comprender la planificación original del proyecto.
- Análisis del entorno del proyecto: El entorno constructivo fue evaluado considerando condiciones urbanas propias de la zona, tales como accesibilidad al sitio, disponibilidad de recursos, restricciones espaciales y características del terreno. Mediante este análisis se identificaron factores externos que influyeron en el desarrollo del proyecto.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

- Evaluación del cronograma y costos: Se analizó el cronograma de ejecución y los costos del proyecto, comparando la planificación inicial con los resultados reales obtenidos en obra. Además de calcular los indicadores base mediante la metodología Earned Value Management (EVM), incluyendo SPI, CPI, SV Y sobrecosto respecto al BAC.
- Identificación de interferencias: Se registraron las interferencias entre disciplinas detectadas durante la ejecución del proyecto, principalmente entre los planos arquitectónicos y estructurales. Estas interferencias fueron consideradas como indicadores de problemas de coordinación en el modelo tradicional.

Fase II: Modelado BIM y simulación 4D

En esta fase se desarrolló la digitalización del proyecto mediante BIM, estructurada en cinco actividades: a) modelado BIM, b) coordinación interdisciplinaria, c) vinculación 4D, d) simulación constructiva y e) optimización del proceso.

- Modelado BIM: Se desarrolló un modelo digital del proyecto utilizando software BIM (Revit), integrando las disciplinas de arquitectura y estructura. Este modelo representó de manera precisa los elementos constructivos y permitió generar información cuantificable.
- Coordinación interdisciplinaria: Mediante la detección de interferencias (clash detection), identificando conflictos entre sistemas constructivos antes de su ejecución. Como resultado se permitió visualizar una mejora en la coordinación entre disciplinas.
- Vinculación modelo–cronograma (4D): El modelo BIM fue vinculado al cronograma de obra, estableciendo una relación entre los elementos constructivos y las actividades programadas. Con esto se pudo integrar la dimensión temporal al modelo digital.
- Simulación del proceso constructivo: Se generó una simulación 4D permitiendo visualizar la secuencia de ejecución del proyecto, identificar solapamientos de actividades y evaluar la lógica constructiva.
- Optimización del proceso constructivo: A partir de la simulación, se ajustó la secuencia de actividades, reduciendo conflictos, mejorando la planificación y optimizando la ejecución del proyecto.

Fase III: Evaluación del desempeño del proyecto

En esta fase se evaluaron los resultados obtenidos mediante BIM 4D, estructurados en cuatro actividades: a) evaluación del desempeño temporal, b) evaluación del desempeño financiero, c) evaluación de la coordinación técnica y precisión métrica, y d) evaluación global.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

- Evaluación del desempeño temporal: Se analizaron los tiempos de ejecución del proyecto mediante indicadores como el Schedule Performance Index (SPI) y la variación del cronograma (SV), comparando el escenario tradicional y el escenario BIM.
- Evaluación del desempeño financiero: Se analizaron los costos del proyecto utilizando indicadores como Cost Performance Index (CPI), Sobrecosto respecto al presupuesto base (BAC)y Estimate at Completion (EAC), aplicando la metodología EVM.
- Evaluación de la coordinación técnica: Mediante la comparación del número de interferencias detectadas en el escenario tradicional frente al modelo BIM, se puede establecer una mejora en la coordinación interdisciplinaria.
- Evaluación de la rentabilidad tecnológica: Se estimó el retorno de inversión (ROI) de la implementación BIM 4D, considerando los beneficios económicos derivados de la reducción del costo final y los costos estimados de implementación de la metodología.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

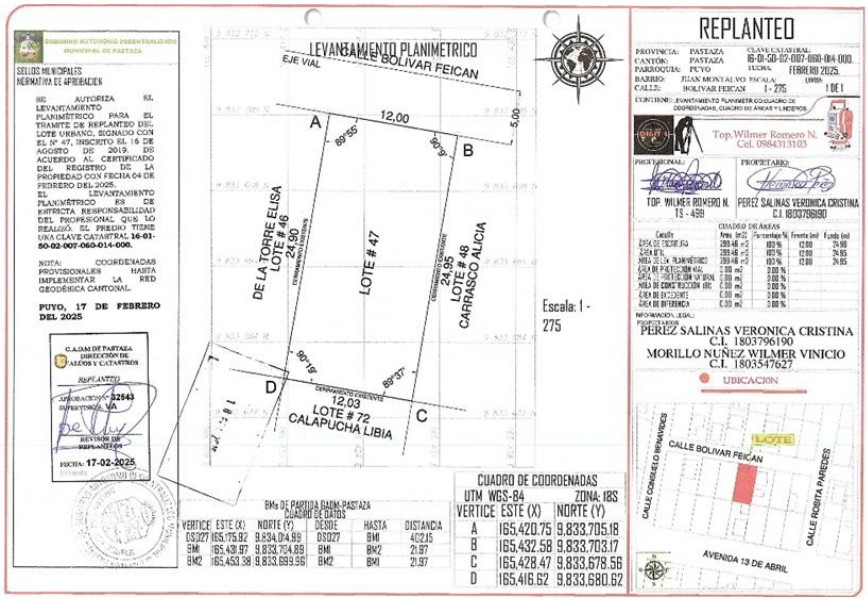
FASE I

Análisis de entorno

El estudio se realizó en la ciudad de Puyo, Ecuador, en específico en el sector del Barrio Juan Montalvo, la superficie del terreno es de 299,46 m^2.(***Figura 2***)

Figura 2.

Levantamiento planimétrico del terreno del Proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

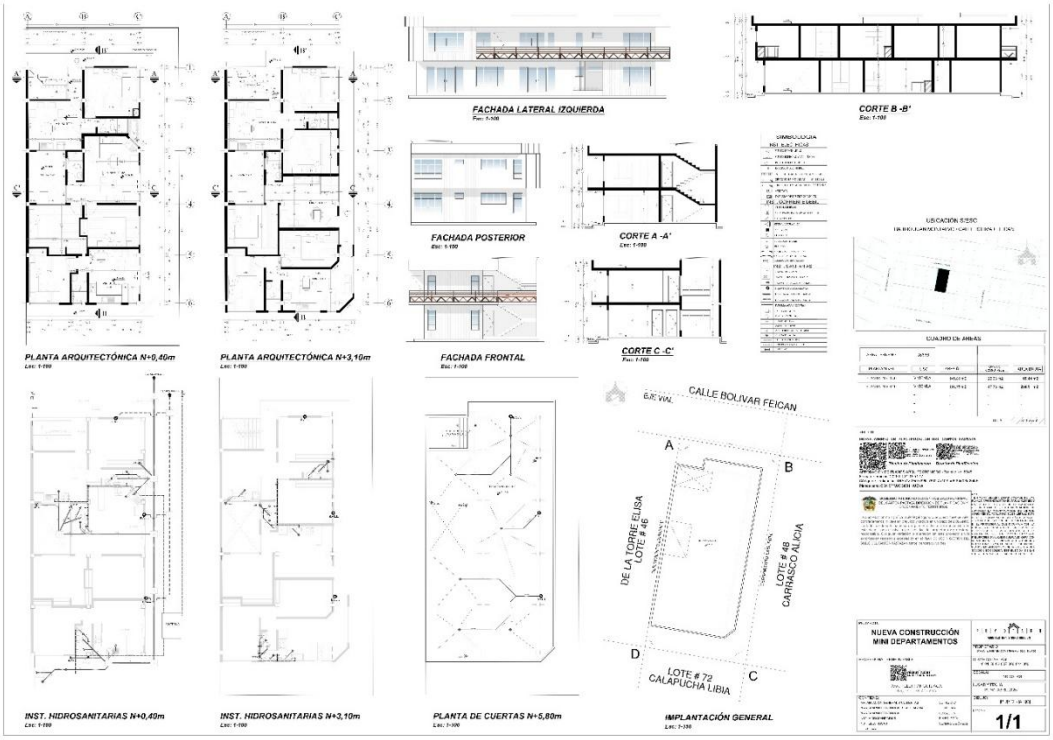
Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

Para este estudio se tomó como base la documentación correspondiente a los planos arquitectónicos y estructurales diseñados en AutoCAD. (***Figura 3***)

Figura 3.

Planos Arquitectónicos en formato DWG.



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del cronograma y costos

El presupuesto base al vencimiento (BAC) del proyecto fue de USD 150.000, mientras que el costo final bajo la gestión tradicional ascendió a USD 160.500, evidenciando un sobrecosto de USD 10.500 respecto a la línea base, con una duración aproximada para todo el proyecto de 8 meses, contando la construcción de la obra gris, acabados.

Del análisis de la metodología tradicional se recopilaron los datos reales de ejecución, incluyendo costo final y duración total. Se calcularon los indicadores de Valor Ganado conforme a las fórmulas estandarizadas del Earned Value Management (EVM), utilizando los valores de Planned Value (PV), Earned Value (EV) y Actual Cost (AC).

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Tabla 1.

Datos reales de ejecución.

INDICADOR	GESTIÓN TRADICIONAL
Duración final	8 meses
Costo final (USD)	160.500
SPI	0,90
CPI	0,93
SV (USD)	−15.000
Sobrecosto respecto al presupuesto base (BAC)	−10.500
EAC (USD)	161.290

Fuente: Elaboración propia.

FASE II

Modelado BIM

El modelado de la edificación fue desarrollado en Autodesk Revit 2024, plataforma en la cual se establecieron los parámetros base de cotas y niveles necesarios para la correcta modelación arquitectónica. El nivel de desarrollo alcanzado corresponde a LOD 300, correspondiente a un nivel de desarrollo en el que los elementos se encuentran definidos geométricamente con suficiente detalle para representar su forma, tamaño, ubicación y orientación dentro del proyecto.

La edificación comprende dos plantas y una terraza, cuya configuración espacial fue estructurada a partir de la definición precisa de los niveles de piso terminado, permitiendo una representación fiel de la volumetría y distribución arquitectónica del inmueble. (***Figura 4***)

Figura 4.

Modelado Arquitectónico del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

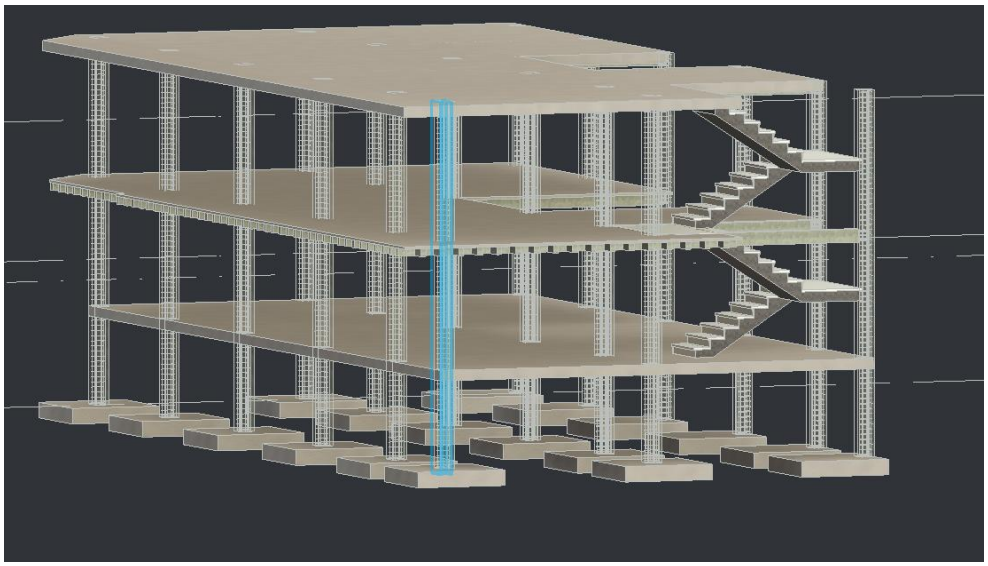
Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

Para el modelado estructural se tomaron como base los refuerzos y especificaciones establecidos en los planos estructurales en 2D (*Figura 5*). Los elementos modelados comprenden los siguientes componentes:

- Plintos concéntricos diseñados como elementos de cimentación superficial que transmiten las cargas de la estructura al suelo.
- Riostras de 15 × 15 cm con función de arriostrar y vincular los elementos de cimentación entre sí.
- Vigas de 20 × 25 cm utilizadas como elementos horizontales de soporte y transferencia de cargas entre columnas.
- Columnas de 35 × 30 cm como elementos verticales principales encargados de resistir y transmitir las cargas gravitacionales y sísmicas.
- Losa nervada conformada por viguetas de 10 × 15 cm las cuales forman los nervios estructurales que otorgan rigidez y resistencia al sistema de entrepiso.

Figura 5.

Modelado Estructural del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Todos los elementos fueron modelados en Autodesk Revit 2024 con un nivel de desarrollo LOD 300, respetando las dimensiones, posicionamiento y especificaciones de refuerzo indicadas en los planos de referencia.

Coordinación interdisciplinaria

La coordinación del proyecto fue desarrollada en Navisworks Manage 2026, software especializado de Autodesk orientado a la revisión integral y coordinación multidisciplinaria de modelos

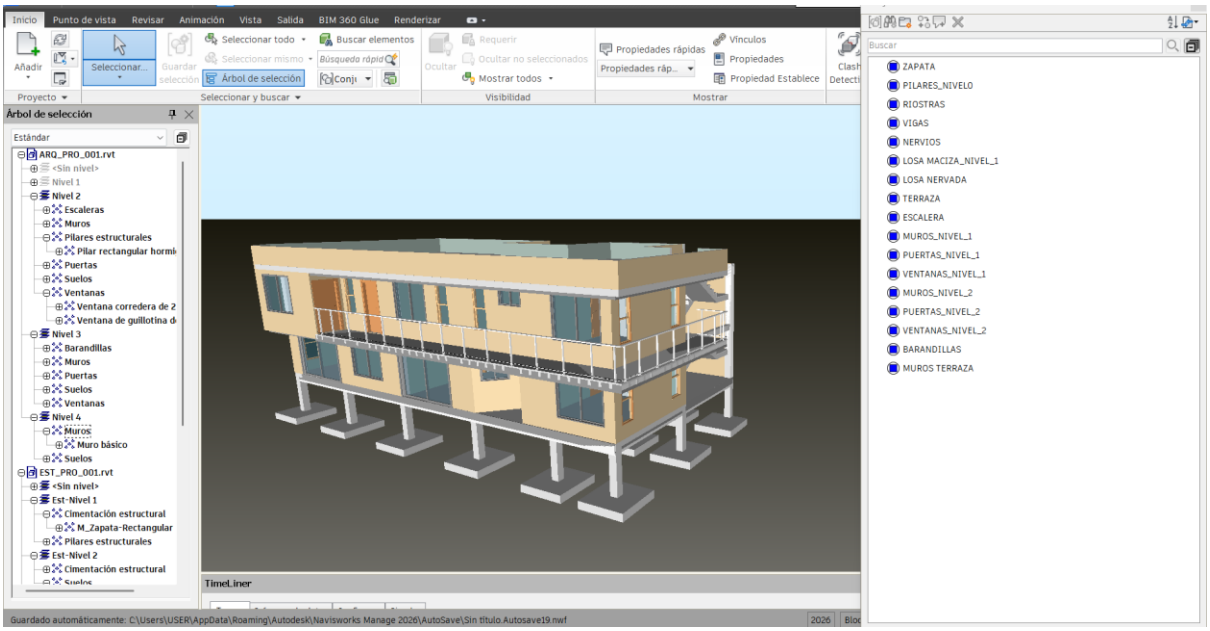
Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

BIM federados. La federación de ambos modelos permitió realizar la detección de interferencias (clash detection) entre los sistemas arquitectónico y estructural, verificando la coherencia geométrica y dimensional de los elementos modelados.

Figura 6.

Modelo federado del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

Identificación de interferencias en obra

Bajo la metodología tradicional, se registraron 150 interferencias entre los sistemas arquitectónico y estructural durante la ejecución de la obra. Estas interferencias fueron utilizadas como línea base para comparar el comportamiento del escenario BIM 4D. Posteriormente, mediante la federación de los modelos arquitectónico y estructural en Navisworks Manage 2026, los conflictos fueron identificados anticipadamente mediante clash detection y tratados antes de su materialización en obra.

Clasificación de interferencias detectadas

Las 150 interferencias identificadas fueron clasificadas en tres categorías principales según su naturaleza y los elementos en conflicto:

Tabla 2.

Clasificación de interferencias detectadas mediante clash detection.

N°	Tipo de interferencia	Elementos en conflicto	Descripción

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

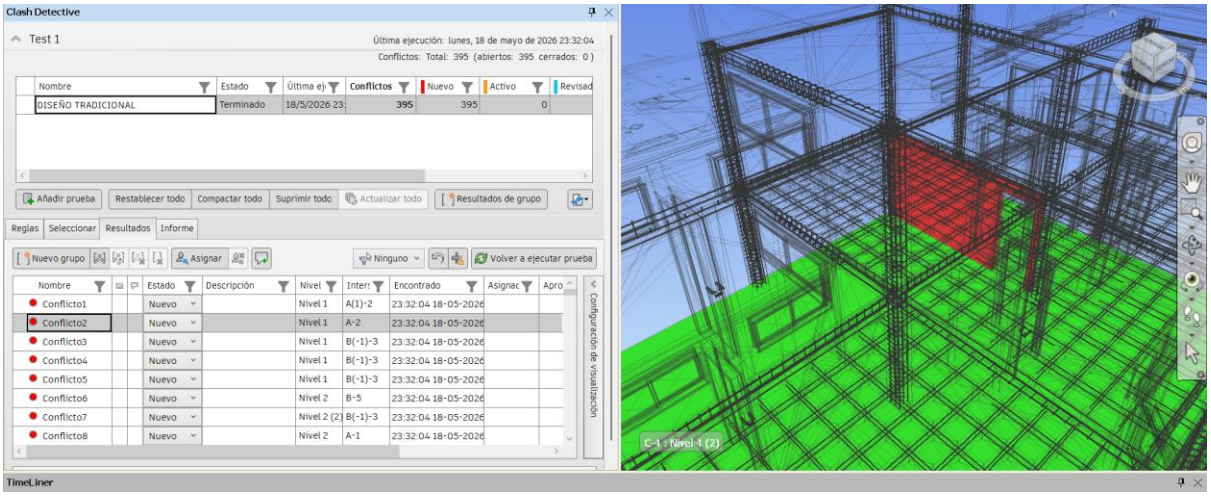
Revista de Estudios Generales (REG).
ISSN: 3073-1259Vol.5 (N°.4). Octubre - Diciembre 2026
DOI: 10.70577/reg.v5i4.1021

1	Interferencia geométrica	Puertas / Ventanas – Columnas		Elementos de apertura ubicados en posiciones que coincidían con la sección transversal de columnas estructurales de 35 × 30 cm, impidiendo su correcta instalación
2	Solapamiento estructural	Muros – Columnas		Muros arquitectónicos que se superponían con columnas estructurales, generando conflictos dimensionales entre el cerramiento y los elementos portantes
3	Solapamiento en aberturas	Puertas – Muros		Elementos de apertura cuyas dimensiones y posicionamiento se solapaban con la geometría de los muros adyacentes, afectando la continuidad del cerramiento

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7.

Análisis de Clash Detection.



Fuente: Elaboración propia.

Simulación del proceso constructivo

La simulación del proceso constructivo representa una de las aplicaciones más significativas de la metodología BIM en la gestión de proyectos, ya que permite anticipar, visualizar y optimizar la ejecución de la obra antes de que esta se materialice físicamente. Para el presente proyecto, dicha simulación fue desarrollada en Navisworks Manage 2026 mediante la herramienta integrada TimeLiner, la cual vincula los elementos del modelo BIM federado con una línea de tiempo de actividades programadas, generando una simulación 4D que incorpora la dimensión temporal al modelo tridimensional.

Metodología de simulación

El proceso se desarrolló en las siguientes etapas:

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

- Federación del modelo: Se integraron en un único entorno los modelos arquitectónicos y estructural, generando el modelo federado sobre el cual se realizó la simulación. Esta integración garantizó que todos los elementos de ambas disciplinas participaran en la secuencia constructiva simulada.
- Clasificación y organización de elementos: Los componentes del modelo fueron clasificados y agrupados por conjuntos de selección según su naturaleza y función dentro de la obra, incluyendo:
  - Cimentación: plintos concéntricos y riostras
  - Estructura vertical: columnas por nivel
  - Estructura horizontal: vigas y losa nervada
  - Cerramientos: muros, puertas y ventanas por nivel
  - Elementos complementarios: escalera, barandillas y terraza
- Vinculación con la programación de actividades: Cada conjunto de elementos fue asociado a una tarea específica dentro del cronograma de obra en TimeLiner, definiendo fechas de inicio, duración y finalización de cada actividad constructiva. Esta vinculación permitió que el modelo reaccionara visualmente al avance temporal de la programación.
- Configuración de la animación 4D: Se configuraron los estados visuales de cada elemento a lo largo del tiempo: elementos planificados, elementos en ejecución y elementos completados, facilitando la lectura e interpretación de la simulación por parte de todos los involucrados en el proyecto.

Desarrollo de la simulación por fases

La simulación reprodujo la secuencia constructiva del proyecto mediante la agrupación de actividades en ocho paquetes constructivos principales, definidos de acuerdo con la lógica estructural, funcional y temporal de ejecución. Esta estrategia permitió simplificar la visualización del proceso constructivo sin afectar la trazabilidad de las actividades individuales incorporadas en el cronograma base.

Tabla 3.

Fases constructivas simuladas en la herramienta TimeLiner.

N°	Fase constructiva	Elementos simulados
1	Trabajos preliminares	Replanteo, niveles y cotas
2	Cimentación	Plintos concéntricos Riostras 15 × 15 cm
3	Estructura – Nivel 1	Columnas 35 × 30 cm Vigas 20 × 25 cm Losa nervada, viguetas 10 × 15 cm

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

4	Estructura – Nivel 2	Columnas 35 × 30 cm Vigas 20 × 25 cm Losa nervada y maciza
5	Mampostería	Muros por nivel
6	Carpintería	Puertas y ventanas por nivel
7	Circulación vertical	Escalera
8	Nivel de remate	Terraza y barandillas

Fuente: Elaboración propia.

Aportes de la simulación al proyecto

La implementación de la simulación 4D generó beneficios concretos en las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto:

- Planificación anticipada: permitió prever el comportamiento de la obra en el tiempo, identificando posibles cuellos de botella y reorganizando actividades antes del inicio de la construcción física. Como resultado, se logró reducir la duración total del proyecto de 8 meses a 7,5 meses (−6,25 %), con una mejora en el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) de 0,90 a 0,97.
- Detección temprana de conflictos: al visualizar la ejecución cronológica del modelo, se identificaron interferencias entre actividades concurrentes que compartían espacio físico, permitiendo su corrección en etapa de diseño. Bajo el escenario tradicional se registraron 150 interferencias durante la ejecución. En el escenario BIM 4D, la detección anticipada mediante clash detection permitió resolver los conflictos antes de su materialización en obra, estimándose 3 conflictos residuales durante la ejecución, contribuyendo a la reducción de los costos asociados a reprocesos y correcciones durante la ejecución.
- Optimización de recursos: la simulación facilitó la distribución eficiente de mano de obra, maquinaria y materiales, al identificar picos de demanda a lo largo del cronograma. Esta optimización contribuyó a reducir el sobrecosto de USD 10.500 a USD 3.000 (−71 %) y mejoró el Índice de Desempeño de Costos (CPI) de 0,93 a 0,98.
- Validación de la lógica constructiva: La simulación abarcó ocho fases constructivas agrupadas estratégicamente, permitiendo verificar que la secuencia de ejecución respetara las dependencias estructurales y funcionales del sistema constructivo, garantizando la estabilidad y continuidad operativa durante todas las etapas del proyecto.
- Comunicación efectiva: el modelo 4D constituyó una herramienta de comunicación visual entre el equipo de diseño, la dirección de obra y el cliente, eliminando ambigüedades en la interpretación del cronograma tradicional.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

La implementación global generó un Retorno de Inversión (ROI) del 67 %, consolidando el modelo 4D como instrumento estratégico de toma de decisiones.

Tabla 4.

Aportes cuantitativos de la simulación 4D al proyecto

Aporte de la Simulación	Indicador	Escenario Tradicional	Escenario BIM 4D	Variación
Planificación anticipada	Duración total del proyecto	8 meses	7,5 meses	−6,25 %
Planificación anticipada	Índice de Desempeño del Cronograma (SPI)	0,90	0,97	+7,8 %
Detección temprana de conflictos	Interferencias en obra (N°)	150	3	−98 %
Detección temprana de conflictos	Costo de reprocesos evitados (USD)	—	USD 7.500 ahorrados	—
Optimización de recursos	Sobrecosto del proyecto (USD)	USD 10.500	USD 3.000	−71 %
Optimización de recursos	Índice de Desempeño de Costos (CPI)	0,93	0,98	+5,4 %
Validación de la lógica constructiva	Fases constructivas simuladas	—	8 fases	—
Comunicación efectiva	Retorno de Inversión BIM (ROI)	—	67 %	—

Fuente: Elaboración propia.

Optimización de la secuencia de la obra

La optimización de la secuencia constructiva constituye uno de los principales aportes de la metodología BIM al proceso de planificación de obra. A través de la simulación 4D desarrollada en Navisworks Manage 2026 con la herramienta TimeLiner, fue posible establecer un orden lógico, eficiente y con menor incidencia de conflictos identificados durante la simulación.

Criterios de optimización aplicados

Para estructurar la secuencia óptima de construcción se consideraron los siguientes criterios técnicos:

- Dependencia estructural: ningún elemento fue programado sin que sus elementos de soporte previos estuvieran ejecutados, respetando la jerarquía estructural del sistema constructivo.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

- Continuidad de frentes de trabajo: se organizaron las actividades para mantener cuadrillas trabajando de forma simultánea en frentes independientes, evitando tiempos de espera innecesarios.
- Minimización de interferencias espaciales: la simulación permitió identificar actividades que compartían el mismo espacio físico en el mismo período de tiempo, reordenándolas para eliminar conflictos.
- Optimización del uso de recursos: al visualizar el modelo en el tiempo, se identificaron picos de demanda de materiales y mano de obra, permitiendo una distribución más eficiente de los recursos disponibles.

Secuencia constructiva optimizada

La secuencia definitiva quedó estructurada en tres grandes etapas:

- Etapa 1 – Cimentación y obra subterránea: Se inicia con los trabajos de replanteo topográfico, excavación y conformación del terreno. Posteriormente se ejecutan los plintos concéntricos como elementos de cimentación superficial, seguidos de las riostras de 15 × 15 cm que vinculan y arriostran la cimentación, conformando un sistema de fundación continuo y estable antes de iniciar la estructura elevada.
- Etapa 2 – Estructura portante: Una vez consolidada la cimentación, se procede con la erección de las columnas de 35 × 30 cm, elemento vertical principal del sistema estructural. Sobre estas se ejecutan las vigas de 20 × 25 cm y, finalmente, la losa nervada con viguetas de 10 × 15 cm, completando el sistema de entrepiso de cada nivel. Esta secuencia se repite de forma ascendente para la Planta 1, Planta 2 y Terraza, garantizando la estabilidad estructural en cada nivel antes de avanzar al siguiente.
- Etapa 3 – Cerramiento y acabados: Con la estructura portante completada por niveles, se ejecutan los elementos de cerramiento: muros por nivel, seguidos de puertas y ventanas. Paralelamente se construye la escalera como elemento de circulación vertical. La secuencia culmina con los trabajos de terraza, barandillas y acabados finales, garantizando que los elementos de remate se ejecuten sobre una estructura completamente terminada.

FASE III

Evaluación del desempeño temporal

El Schedule Performance Index (SPI) constituye uno de los principales indicadores de la metodología Earned Value Management para evaluar el desempeño temporal de los proyectos. Este índice expresa la relación entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planificado (PV), permitiendo

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

determinar el grado de cumplimiento del cronograma. Un SPI igual a 1 representa una ejecución conforme a la programación, mientras que valores inferiores indican retrasos y valores superiores reflejan un avance por encima de lo planificado (PMI, 2021).

Tabla 5.

Valores empleados para el cálculo EVM

Variable	Gestión tradicional	Escenario BIM 4D
PV	USD 150.000	USD 150.000
EV	USD 135.000	USD 145.500
AC*	USD 145.161	USD 148.469
SPI	0,90	0,97
CPI	0,93	0,98
SV	−USD 15.000	−USD 4.500

Fuente: Elaboración propia.

Es importante distinguir el AC empleado en el cálculo EVM, correspondiente al costo acumulado a la fecha de corte, del costo final del proyecto. En el escenario tradicional, el costo final registrado fue de USD 160.500, mientras que bajo el escenario BIM 4D se proyectó en USD 153.000.

Gestión tradicional:

$$\text{SPI} = \frac{135.000}{150.000} = 0{,}90$$

$$\text{CPI} = \frac{135.000}{145.161} \approx 0{,}93$$

BIM:

$$\text{SPI} = \frac{145.500}{150.000} = 0{,}97$$

$$\text{CPI} = \frac{145.500}{148.469} \approx 0{,}98$$

Para evitar confundir la línea base contractual con la comparación entre escenarios, se distingue entre los 7,2 meses establecidos inicialmente como plazo planificado, los 8 meses correspondientes a la ejecución real tradicional y los 7,5 meses proyectados mediante la simulación BIM 4D.

Bajo la gestión tradicional, el proyecto concluyó en 8 meses, superando en 0,8 meses el plazo establecido. El SPI de 0,90 indica que, para la fecha de corte, se alcanzó un avance equivalente al 90 %

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

del valor planificado. La Variación del Cronograma (SV) fue de −USD 15.000, reflejando el trabajo planificado que no fue ejecutado en el tiempo previsto; en términos relativos, esta variación equivale a cerca del 10 % del presupuesto aprobado (BAC), cifra coherente con el 10 % de avance físico no alcanzado a la fecha de corte programada bajo gestión tradicional.

Al momento de la fecha de corte programada, el valor ganado correspondió a USD 135.000 frente a un valor planificado de USD 150.000, resultando en un SPI de 0,90. Esto indica que se había alcanzado el 90 % del avance planificado para dicha fecha de evaluación.

En el escenario BIM 4D, el valor ganado alcanzó USD 145.500 frente a un valor planificado de USD 150.000, obteniéndose un SPI de 0,97, equivalente al 97 % del avance planificado para la fecha de evaluación. Esto representa una mejora del 7,8 % en el índice de eficiencia temporal y una reducción del 70 % en la variación del cronograma, evidenciando que la simulación 4D y la optimización de la secuencia constructiva incidieron directamente en la estabilidad del flujo de trabajo y en la reducción de retrasos.

Tabla 6.

Evaluación del desempeño temporal: gestión tradicional vs. BIM 4D

Indicador	Gestión Tradicional	Escenario BIM 4D	Variación
Duración final	8 meses	7,5 meses	−6,25 %
SPI	0,90	0,97	+7,8 %
SV (USD)	−15.000	−4.500	−70 %

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación del desempeño financiero

El análisis financiero se desarrolló aplicando la metodología Earned Value Management (EVM), comparando los indicadores de costo entre el escenario tradicional y el escenario BIM 4D, manteniendo constantes el alcance del proyecto, el presupuesto base (BAC) y los precios unitarios originales.

El Cost Performance Index (CPI) representa el principal indicador para evaluar la eficiencia económica del proyecto dentro de la metodología Earned Value Management. Este índice relaciona el Valor Ganado (EV) con el Costo Real (AC), permitiendo determinar si los recursos financieros están siendo utilizados de manera eficiente. Valores inferiores a 1 indican sobrecostos respecto al

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

presupuesto planificado, mientras que valores cercanos o superiores a 1 reflejan un adecuado control financiero (PMI, 2021).

Es importante distinguir el AC empleado en el cálculo EVM, correspondiente al costo real acumulado a la fecha de corte, del costo final del proyecto. En el escenario tradicional, el costo final registrado fue de USD 160.500, mientras que bajo el escenario BIM 4D se proyectó en USD 153.000.

Bajo gestión tradicional, el costo final del proyecto ascendió a USD 160.500, representando una desviación del 7 % respecto al presupuesto aprobado de USD 150.000. El Índice de Desempeño de Costos (CPI) fue de 0,93, indicando que, por cada dólar invertido, solo se recuperaron USD 0,93 de valor ejecutado. Sobrecosto respecto al presupuesto base (BAC) fue de −USD 10.500 y el Estimate at Completion (EAC) se proyectó en USD 161.290. Adicionalmente, el análisis de rentabilidad tecnológica arrojó un Retorno de Inversión (ROI) del 67 %, evidenciando la viabilidad financiera de la implementación BIM incluso en proyectos de presupuesto medio. El ROI fue calculado de manera independiente a partir del ahorro económico utilizado como beneficio de la implementación y del costo estimado de aplicación de BIM 4D, conforme a la memoria de cálculo presentada en el Anexo. El valor obtenido representa una estimación de rentabilidad tecnológica para el caso de estudio y no debe interpretarse como un ahorro contable directamente registrado en el proyecto.

Tabla 7.

Evaluación del desempeño financiero: gestión tradicional vs. BIM 4D

Indicador	Gestión Tradicional	Escenario BIM 4D	Variación
Costo final (USD)	160.500	153.000	−4,7 %
CPI	0,93	0,98	+5,4 %
Sobrecosto respecto al BAC (USD)	−10.500	−3.000	−71 %
EAC (USD)	161.290	153.061	−8.229
ROI BIM	—	67 %	—

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de la coordinación técnica

La coordinación técnica fue evaluada mediante la comparación del número de interferencias interdisciplinarias detectadas en cada escenario. Bajo la metodología tradicional, se registraron 150 interferencias entre los sistemas arquitectónico y estructural durante la ejecución de la obra, las cuales generaron reprocesos, retrasos en actividades dependientes y sobrecostos asociados a correcciones en sitio.

Con la implementación de la detección automática de interferencias (*clash detection*) en Autodesk Navisworks Manage, tras la coordinación del modelo, se estimaron 3 conflictos residuales durante la ejecución, frente a las 150 interferencias registradas bajo el escenario tradicional,

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

representando una disminución del 98 %. Esta reducción significativa se atribuye a la federación de los modelos arquitectónico y estructural en un entorno único de revisión, que permitió identificar y resolver conflictos geométricos y dimensionales antes de su materialización en obra.

Adicionalmente, se evaluó la precisión métrica mediante la variación en cubicaciones. El error de cubicación bajo el modelo tradicional alcanzó el 7 %, mientras que con el modelo BIM se redujo al 2 %, equivalente a una mejora del 71 % en la exactitud de las cantidades de obra. Esta precisión incide directamente en la confiabilidad del presupuesto y en la reducción de órdenes de cambio durante la ejecución.

Tabla 8.

Evaluación de la coordinación técnica y precisión métrica

Dimensión	Indicador	Tradicional	BIM 4D	Variación
Coordinación	Interferencias en obra	150	3	−98 %
Precisión métrica	Error de cubicación	7 %	2 %	−71 %

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de BIM 4D generó mejoras cuantificables en el desempeño técnico, temporal y financiero del proyecto respecto al escenario de gestión tradicional. En particular, la reducción de interferencias de 150 a 3 casos, equivalente al 98 %, demuestra la capacidad de la coordinación digital para anticipar incompatibilidades entre disciplinas antes de su materialización durante la ejecución. Este resultado es consistente con lo señalado por Gómez et al. (2023), quienes identifican la coordinación y la detección temprana de problemas como beneficios relevantes de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. En el presente estudio, esta capacidad adquiere especial relevancia debido a las condiciones de un proyecto residencial desarrollado en un contexto urbano emergente, donde la detección anticipada de conflictos puede reducir la necesidad de reprocesos y modificaciones durante la ejecución.

En relación con la precisión métrica, el error de cubicación disminuyó del 7 % al 2 %, equivalente a una reducción relativa del 71,4 %. Este comportamiento evidencia una mejora en la confiabilidad de la información utilizada para la cuantificación y planificación de los recursos del proyecto. El resultado guarda relación con el planteamiento de Prieto del Río (2024), quien destaca el valor de los modelos BIM como instrumentos para gestionar e integrar información de la construcción, favoreciendo una mayor consistencia de los datos utilizados durante las distintas etapas del proyecto. En el caso analizado, la integración de la información geométrica con la planificación constructiva

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

permitió disponer de una representación coordinada de los elementos, reduciendo la probabilidad de inconsistencias entre la documentación 2D y la información utilizada para la simulación.

Desde la perspectiva temporal, el SPI aumentó de 0,90 a 0,97, lo que representa una mejora relativa del 7,8 % en el desempeño del cronograma, mientras que la duración proyectada disminuyó de 8 a 7,5 meses, equivalente a una reducción del 6,25 %. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Rehman et al. (2025), quienes, a partir de una revisión sistemática de 69 investigaciones, identificaron entre los principales beneficios del BIM 4D la optimización de la planificación y programación, el monitoreo del avance constructivo y la reducción de conflictos durante la ejecución. La evidencia obtenida en este caso permite trasladar dichos beneficios a un proyecto de vivienda multifamiliar de escala media desarrollado en un contexto urbano emergente, donde la anticipación de las secuencias constructivas puede contribuir a mejorar la predictibilidad temporal y reducir la exposición a retrasos derivados de conflictos de coordinación.

En el ámbito financiero, el CPI aumentó de 0,93 a 0,98 y el sobrecosto disminuyó de USD 10.500 a USD 3.000, equivalente a una reducción del 71,4 %. Estos resultados sugieren que la mejora en la planificación y coordinación no se limita al desempeño temporal, sino que puede generar efectos favorables sobre el uso de los recursos económicos al reducir errores, reprocesos y desviaciones durante la ejecución. Esta interpretación es consistente con Luzuriaga et al. (2025), quienes analizan el uso de modelos BIM en la planificación de obras civiles y destacan su potencial para mejorar la organización de los procesos y apoyar la toma de decisiones. En el presente caso, dicha relación adquiere particular importancia debido a las restricciones económicas y operativas características de proyectos desarrollados en contextos urbanos emergentes, donde las desviaciones presupuestarias pueden afectar de manera significativa la viabilidad de la ejecución.

Desde una perspectiva de gestión de procesos, los resultados pueden interpretarse además desde los principios de Lean Construction, debido a que la anticipación de interferencias y la planificación de secuencias constructivas contribuyen a reducir actividades que no agregan valor, particularmente reprocesos, esperas y modificaciones derivadas de incompatibilidades. Desde esta perspectiva, la integración entre BIM y enfoques orientados a la optimización de procesos permite interpretar estos resultados en términos de reducción de actividades que no agregan valor y mejora del flujo de trabajo. En el caso estudiado, la reducción de interferencias y la mejora de los indicadores de desempeño sugieren que la dimensión 4D puede actuar como un mecanismo de soporte para la planificación del flujo de trabajo, aunque los resultados corresponden a un único caso de estudio y, por tanto, no deben generalizarse directamente a otros proyectos.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

En conjunto, los resultados respaldan la utilidad del BIM 4D como mecanismo de integración entre información geométrica, planificación temporal y coordinación constructiva. No obstante, el principal aporte del estudio no radica únicamente en confirmar beneficios previamente documentados, sino en evidenciar su comportamiento cuantitativo en un proyecto de vivienda multifamiliar desarrollado bajo condiciones propias de un contexto urbano emergente. En este tipo de escenarios, caracterizados en el caso estudiado por restricciones espaciales, limitaciones logísticas y presión presupuestaria, la capacidad de anticipar interferencias y visualizar las secuencias constructivas adquiere un valor operativo particularmente relevante. Por tanto, los resultados obtenidos aportan evidencia aplicada para comprender cómo la implementación de BIM 4D puede contribuir a mejorar la predictibilidad temporal, la coordinación técnica y el control de recursos en proyectos residenciales de escala media.

En términos de rentabilidad económica de la implementación BIM, el escenario BIM 4D presentó un ROI estimado de 66,67 %, aproximadamente 67 %. Este valor se obtuvo considerando como beneficio económico la diferencia entre el costo final del escenario tradicional (USD 160.500) y el costo final proyectado para el escenario BIM 4D (USD 153.000), equivalente a USD 7.500, y como inversión el costo estimado de implementación BIM de USD 4.500. Por tanto, el resultado indica que, bajo los supuestos económicos establecidos para el caso de estudio, la implementación BIM 4D presenta una recuperación favorable de la inversión realizada.

Al contrastar este resultado con la literatura internacional planteada en la introducción, se observa que el ROI obtenido es más conservador que los rangos reportados en proyectos de mayor escala: estudios de caso documentan reducciones promedio de costos del 15 % y de plazos del 20 %, con beneficios de hasta 38 % y 35 %, respectivamente, cuando el BIM se aplica de forma integral en todas las fases del proyecto (Das et al., 2025); mientras que análisis costo-beneficio en obra pública reportan retornos de inversión superiores al 150 %, con un promedio cercano al 350 % (Věrný & Žák, 2025). Esta diferencia se explica principalmente por la naturaleza del caso analizado: un proyecto de presupuesto medio (USD 150.000), con solo dos disciplinas integradas (arquitectura y estructura) y sin incorporación de sistemas MEP, en contraste con los proyectos de infraestructura pública o edificaciones institucionales de mayor envergadura en los que se han registrado los ROI más altos de la literatura. En este sentido, un ROI del 67 % en un proyecto de vivienda multifamiliar de escala media constituye un hallazgo relevante, lo que evidencia, para el caso analizado, la posibilidad de obtener beneficios financieros mediante la implementación de BIM 4D en proyectos de escala media desarrollados en contextos urbanos emergentes.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología BIM 4D permitió mejorar significativamente la coordinación del proyecto, reduciendo las interferencias en obra de 150 a 3 casos, equivalente a una disminución del 98 %. Esto demuestra que la integración digital de las disciplinas constructivas contribuye a prevenir conflictos antes de la ejecución física.

El uso de BIM 4D incrementó la precisión en la cuantificación de materiales, disminuyendo el error de cubicación del 7 % al 2 %. Esta mejora favoreció una mayor confiabilidad en los presupuestos y redujo la probabilidad de desperdicios y modificaciones durante la construcción.

En el desempeño temporal, la metodología BIM 4D permitió optimizar la planificación, proyectando una reducción de la duración del proyecto de 8 meses a 7,5 meses.

En el aspecto financiero, BIM 4D mejoró el control de costos, incrementando el CPI de 0,93 a 0,98 y reduciendo el sobrecosto de USD 10.500 a USD 3.000, equivalente a una disminución del 71 %. Asimismo, el costo estimado al finalizar el proyecto presentó una reducción de USD 8.229 respecto al escenario tradicional.

La evaluación económica del escenario BIM 4D mostró una rentabilidad tecnológica estimada favorable, con un ROI del 67 %, lo que evidencia que la inversión inicial requerida para aplicar esta metodología es compensada por los beneficios económicos y operativos alcanzados.

Se concluye que la metodología BIM 4D constituye una herramienta eficiente para la gestión de proyectos de construcción, ya que contribuye a optimizar recursos, reducir riesgos y mejorar la toma de decisiones durante todas las etapas de ejecución de la obra.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

REG Revista Multidisciplinar
ISSN: 3073-1259

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernal, J., Alfaro, A., Olivarría, M. del C., & Burgueño, E. (2024). Estudio de la metodología building information modelling (bim) en la construcción y las principales aplicaciones informáticas disponibles. *Revista Digital de Tecnologías Informáticas y Sistemas*, *8*(1), 78–87. https://doi.org/10.61530/redtis.vol8.n1.2024.207

Celik, E., & Gul, M. (2021). Hazard identification, risk assessment and control for dam construction safety using an integrated BWM and MARCOS approach under interval type-2 fuzzy sets environment. *Automation in Construction*, *127*. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103699

Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, *5*(1), 25. https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2

Flores, C., & Flores, K. (2021). Aplicación del modelo pert-cpm a la gestión de proyectos de marketing empresarial. *Revista de Investigación Aplicada En Ciencias Empresariales*, *10*(1). https://doi.org/10.22370/riace.2021.10.1.2969

Gómez, M., Acevedo, S., Alvarado, L., & Iturra, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Revista Tecnología En Marcha*. https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860

INEC. (2024). *Un Método Alternativo para Medir el Déficit Habitacional- Censo Ecuador 2022*.

Luzuriaga, C. M., Perugachi, V. M., Vélez, G. M., & Lino, V. A. (2025). Uso de modelos BIM en la planificación de obras civiles: un análisis textual discursivo de artículos de investigación. *Revista Ingenio Global*, *4*(1), 175–189. https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.209

Prieto Del rio, D. (2024). Gestión de datos de la construcción utilizando modelos BIM. *Revista Cubana de Transformación Digital*. https://orcid.org/0000-0002-6122-509X

Rehman, I. U., Mazher, K. M., & Wuni, I. Y. (2025). Systematic review of 4D BIM benefits in construction projects. Results in Engineering, 28, 107091. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107091

Riera, L., Mendieta, P., & Muñoz, P. (2020). Control de costos enfocado a la toma de decisiones en el sector de la construcción. *CIENCIAMATRIA*, *6*(2), 249–278. https://doi.org/10.35381/cm.v6i2.369

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

Vararean, D., & Crisan, E. (2025). The digital transformation of the construction industry: a review. *IIM Ranchi Journal of Management Studies*, *4*(1), 3–16. https://doi.org/10.1108/irjms-04-2024-0035

Villamizar, R., & Deivison, J. (2020). Influencia de la metodología PERT/CPM en los proyectos de contratación estatal en el Norte de Santander. *Ingenierías Interfaces*, *3*(1), 69–85.

Věrný, L., & Žák, J. (2025). A cost–benefit analysis of BIM methodology implementation in the preparation and construction phase of public sector projects. *Buildings*, *15*(21), 3837. https://doi.org/10.3390/buildings15213837

CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existen conflicto de interés posibles

FINANCIAMIENTO

No existió asistencia de financiamiento de parte de pares externos al presente artículo.

NOTA:

El articulo no es producto de una publicación anterior.

Las obras que se publican en Revista REG están bajo licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial