

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis comparativo entre metodología BIM y método tradicional, implementando gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.

Asesor:

Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Autor:

Marca Quispe, Yimi Jesus

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 072



En la ciudad de Abancay, a los diez días del mes de diciembre del 2025, siendo las 6:00 pm horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 1021-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 03 de diciembre del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente	: Mag. Huanca Astoquilloca, Luis
Dictaminante	: Ph. D. Vasquez Ramirez, Abbon Alex
Replicante	: Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis comparativo entre metodología BIM y método tradicional, implementando gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023

Desarrollado por las (los) Bachilleres (es):

Br: Marca Quispe, Yimi Jesus

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S):**

Por: Mayoría
(Unanimidad o Mayoría) (**)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Marca Quispe, Yimi Jesus	Aprobado

Siendo las 20:48pm horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Huanca Astoquilloca, Luis

Dictaminante: Ph.D. Vasquez Ramirez, Abbon Alex

Replicante: Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Abancay 22 de diciembre del 2025

Se expidió la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 375

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RCGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RCGAT.

Reporte de similitud






13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Marca Quipe, Yimi Jesus
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 70766908
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0006-6495-4251
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: Dr. Soto Palomino, Wilfredo
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 41934951
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-5926-8077
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: Del 2023 - 2025
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 13%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis queridos padres; Aquiles y Mónica, quienes desde mi niñez han sabido guiarme, acompañarme y fortalecer mi formación personal y profesional.

Yimi Jesús Marca Quispe

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme salud y fortaleza necesaria para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mis hermanos, por su apoyo y motivación.

A mis docentes, asesores y compañeros de la Universidad Tecnológica de los Andes, quienes con sus orientaciones y sugerencias enriquecieron la culminación de esta investigación.

Yimi Jesús Marca Quispe

Resumen

La presente tesis tuvo como finalidad comparar el desempeño de la metodología BIM (Building Information Modeling) frente al enfoque constructivo tradicional en la gestión del tiempo y los costos del proyecto de la Institución Educativa Ricardo Palma, ubicada en el distrito de Tate, Ica, 2023. A través de un diseño no experimental de nivel correlacional, se analizaron cronogramas, metrados, modificaciones contractuales y ampliaciones de plazo en ambas metodologías. Los resultados mostraron que el método tradicional extendió el plazo de ejecución de 300 a 415 días (38.33 %) y generó costos adicionales por S/ 554,688.98. Por el contrario, la aplicación de BIM permitió reducir el plazo a 285 días y alcanzar un presupuesto final de S/ 13,693,405.22, gracias a un único adicional y a la aplicación de un deductivo, generando un ahorro neto de S/ 743,030.59, equivalente al 5.15 %. Sin embargo, se identificó que aproximadamente el 24.76 % de los costos adicionales no pudieron evitarse debido a errores técnicos en el expediente inicial, lo cual evidenció que BIM no reemplaza la calidad del diseño de ingeniería, sino que depende de la precisión de los datos ingresados. En conclusión, BIM resulta significativamente más eficiente en la gestión integral de obras públicas, siempre que su implementación esté respaldada por una documentación técnica rigurosa desde las etapas iniciales del proyecto. Estos hallazgos respaldan su potencial como herramienta clave para modernizar la gestión de infraestructura en el Perú.

Palabras clave: BIM (Building Information Modeling), gestión de tiempo, gestión de costos, ruta crítica, ampliaciones de plazo.

Abstract

The present purpose of this thesis was to compare the performance of the BIM (Building Information Modeling) methodology with the traditional construction method time and costs for the project of the Ricardo Palma Educational Institution, located in the district of Tate, Ica, 2023. Through a non-experimental, correlational design, schedules, measurements, contractual modifications, and extensions of time were analyzed in both methodologies. The results showed that the traditional method extended the execution period from 300 to 415 calendar days (38.33%) and generated additional costs amounting to S/ 554,688.98. In contrast, the implementation of BIM reduced the timeline to 285 days and resulted in a final budget of S/ 13,693,405.22, thanks to a single additional and the application of a deductive change, achieving a net saving of S/ 743,030.59, equivalent to 5.15%. However, it was identified that approximately 24.76% of the additional costs could not be avoided due to technical errors in the initial project design, highlighting that BIM does not replace the quality of engineering design but rather relies on the accuracy of the data entered. In conclusion, BIM proved to be significantly more efficient in the comprehensive management of public works, provided that its implementation is supported by technically rigorous documentation from the early stages of the project. These findings support its potential as a key tool for modernizing infrastructure project management in Peru.

Key words: BIM (Building Information Modeling), time management, cost management, critical path, time extensions.

Índice general

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas	xii
Índice de figuras	xiii
Índice de anexos	xiv
I. Introducción	15
II. Planteamiento del problema	17
2.1 Descripción y formulación del problema.....	17
2.1.1 Problema General	19
2.1.2 Problemas Específicos	20
2.2 Objetivos	20
2.2.1 Objetivo General.....	20
2.2.2 Objetivos Específicos	20
2.3 Justificación e importancia	21
2.4 Hipótesis	22

2.4.1	Hipótesis General	22
2.4.2	Hipótesis Específicas	22
2.5	Variables.....	22
III.	Marco Teórico.....	24
3.1	Antecedentes	24
3.1.1	A nivel internacional.....	24
3.1.2	A nivel nacional	26
3.1.3	A nivel Regional y local	28
3.2	Bases teóricas.....	29
3.3	Definición de términos.....	46
IV.	Metodología	50
4.1	Tipo y nivel de investigación	50
4.2	Ámbito temporal y espacial	51
4.3	Población y muestra	52
4.4	Instrumentos.....	54
4.5	Procedimientos.....	54
4.6	Análisis de datos	55
4.7	Consideraciones éticas	56
V.	Resultados y discusión	57
5.1	Resultados	57
5.1.1	Método tradicional.....	57

5.1.2	Metodología BIM	71
5.1.3	Método Tradicional vs Método BIM.....	83
5.1.4	Análisis de adicionales, deductivos y ampliaciones.....	91
5.2	Prueba de hipótesis	95
5.2.1	Hipótesis específica 1	96
5.2.2	Hipótesis específica 2	98
5.2.3	Hipótesis específica 3	99
5.2.4	Hipótesis general	101
5.3	Discusión de resultados	102
VI.	Conclusiones	106
VII.	Recomendaciones.....	112
VIII.	Referencias.....	114
IX.	Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables	23
Tabla 2 Presupuesto tradicional del proyecto	58
Tabla 3 Resumen de partidas del diagrama de Gantt tradicional.....	61
Tabla 4 Resumen de las valorizaciones del proyecto-método tradicional	63
Tabla 5 Resumen de adicionales, deductivos y ampliaciones de plazo	66
Tabla 6 Resumen del presupuesto-método BIM.....	72
Tabla 7 Resumen del diagrama de Gantt-método BIM	77
Tabla 8 Resumen del cronograma valorizado-método BIM.....	82
Tabla 9 Resumen comparativo del presupuesto método BIM vs tradicional	83
Tabla 10 Resumen comparativo del diagrama Gantt BIM vs tradicional.....	85
Tabla 11 Resumen de la aplicación de LookAhead	87
Tabla 12 Resumen comparativo de flujo financiero y el cronograma	88
Tabla 13 Resumen de partidas con interferencia en cada especialidad	88
Tabla 14 Adicionales, deductivos y ampliaciones de plazo (metodología BIM vs tradicional)	91
Tabla 15 Resumen comparativo de tiempo y costo (tradicional vs BIM)	94
Tabla 16 P. de diferencia de proporciones absolutas para gestión del tiempo	97
Tabla 17 P. de diferencia de proporciones absolutas para adicionales.....	98
Tabla 18 P. de diferencia de proporciones absolutas para ampliación del plazo	100

Índice de figuras

Figura 1 Presupuesto del método tradicional	59
Figura 2 Presupuesto del proyecto-método tradicional	59
Figura 3 Diagrama de Gantt del proyecto-método tradicional.....	62
Figura 4 Proceso constructivo de la losa deportiva.....	69
Figura 5 Proceso constructivo de los pabellones de la Institución Educativa.....	69
Figura 6 Equipo de profesionales involucrados en la obra	69
Figura 7 Plano en planta del proyecto	70
Figura 8 Presupuesto elaborado por metodología BIM.....	74
Figura 9 Presupuesto elaborado por metodología BIM.....	75
Figura 10 Diagrama de Gantt elaborado bajo metodología BIM.....	78
Figura 11 Render derivado de Revit-vista lateral de la losa deportiva.....	79
Figura 12 Render derivado de Revit-vista lateral de los pabellones	79
Figura 13 Render derivado de Revit-vista 3D del modelado de la Institucion	79
Figura 14 Resumen de Interferencias por especialidad.....	89
Figura 15 Vista 3D del proyecto en REVIT	91
Figura 16 Curva S (Proyectado vs tradicional vs BIM)	93

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 2 Operacionalización de variables **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 3 Presupuesto y cronograma de ruta crítica-método tradicional**¡Error!**

Marcador no definido.

Anexo 4 Presupuesto y cronograma de ruta crítica-método BIM;**¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 5 Presupuesto y cronograma de ruta crítica-método BIM vs tradicional
..... **¡Error! Marcador no definido.**

Anexo 6 Panel fotográfico..... **¡Error! Marcador no definido.**

I. Introducción

La ejecución de proyectos públicos en el sector educativo enfrenta continuamente dificultades relacionadas con la eficiencia en la programación y el control de los costos de obra. Estas problemáticas se traducen en retrasos de ejecución, solicitudes de ampliación de plazo y variaciones presupuestales asociadas a partidas no previstas, lo que afecta directamente el cumplimiento de metas contractuales y el uso eficiente de recursos públicos (Sánchez & Delgado, 2019). Estas limitaciones suelen estar asociadas al uso de métodos tradicionales, que emplean planos 2D, una planificación fragmentada por especialidad y escasa integración entre disciplinas técnicas (Contraloría General de la República, 2020).

En contraste, el BIM ha emergido como una herramienta digital integral que permite gestionar la información de un proyecto desde su diseño hasta su ejecución. BIM integra el modelado tridimensional con la planificación temporal (4D) y el control de costos (5D), ofreciendo una visión anticipada del proceso constructivo, con capacidad para identificar interferencias y proyectar escenarios alternativos (Solís & Alvarado, 2021). Además, promueve un entorno colaborativo entre los actores del proyecto, mejorando la trazabilidad, la calidad de la información y la toma de decisiones operativas (Rodríguez & Rivera, 2020).

En el Perú, la implementación de BIM en proyectos públicos se ha impulsado mediante la publicación de la Guía BIM del Programa Nacional de Infraestructura Sostenible – PNIS (2021), que propone lineamientos técnicos y fases de adopción para entidades públicas. Sin embargo, aún existe escasa evidencia comparativa que analice de forma sistemática su efectividad frente al enfoque tradicional, en especial dentro de proyectos de infraestructura educativa gestionados por gobiernos subnacionales.

En este contexto, la presente tesis se desarrolló en el proyecto de mejoramiento de la Institución Educativa Ricardo Palma, en el distrito de Tate, Ica. El estudio compara los resultados obtenidos bajo la metodología BIM frente al método tradicional, tomando como variables de análisis la gestión del tiempo (ruta crítica y duración del cronograma), el control de costos (adicionales, deductivos y variación presupuestal), y la gestión de ampliaciones de plazo. Se utiliza un enfoque cuantitativo, de nivel explicativo, con diseño experimental comparativo, aplicando como base los documentos técnicos del proyecto y modelos BIM simulados.

La hipótesis general plantea que BIM mejora significativamente la eficiencia operativa del proyecto. Para su validación, se emplearon indicadores técnicos y económicos, utilizando como umbral de referencia un valor mínimo de 10% de mejora para considerar significancia técnica, en concordancia con criterios utilizados en obras públicas (OSCE, 2020).

La estructura del presente trabajo se compone de nueve capítulos: el primero presenta la introducción; el segundo, el planteamiento del problema, objetivos e hipótesis; el tercero, el marco teórico; el cuarto, la metodología; el quinto, los resultados; el sexto, la discusión; el séptimo, las conclusiones; el octavo, las recomendaciones; y el noveno, los anexos complementarios del estudio.

II. Planteamiento del problema

2.1.Descripción y formulación del problema

En el mundo, los problemas y deficiencias en la ejecución de los proyectos y megaproyectos urbanos se caracterizan por ineficiencias crónicas en el control y cumplimiento de las obras dentro de los plazos previstos, generando impactos económicos negativos, causados por la planificación deficiente, falta de coordinación, errores de diseño y estimaciones inexactas, generando en los proyectos sobrecostos sistemáticos y retrasos. Por lo que el uso del BIM como herramienta preventiva frente a sobrecostos en megaproyectos urbanos desarrollados en Shanghái entre 2017 y 2020 se demostró una disminución promedio del 22% en los incrementos presupuestarios gracias a la capacidad de identificar y anticipar interferencias técnicas de los proyectos, destacando la eficacia de la metodología BIM en la gestión logística y financiera de obras a gran escala (Zhou et al., 2021).

Así mismo, un estudio realizado por Ahmad et al. (2020) en Pakistán evidenció que la implementación de BIM permitió una reducción de hasta el 21% en el tiempo de ejecución y un 18% del costo total proyectado en edificaciones públicas. ¡Cifras para nada despreciables! De manera similar, investigaciones en geografías como España y México demuestran que BIM es un aliado estratégico para la detección temprana de colisiones y errores de diseño, reduce la necesidad de cambios durante la fase de construcción -con el ahorro que eso implica- y permite una optimización en la toma de decisiones en la etapa crítica de ejecución (García de Soto et al., 2019).

En nuestro país, especialmente si hablamos de infraestructura educativa: la ejecución de obras públicas. ¿A quién no le suena la historia de proyectos que se eternizan y cuyos presupuestos parecen inflarse como por arte de magia? Un verdadero rompecabezas, y no de

los fáciles. Uno se para a pensar, ¿cuál es el meollo de este asunto tan persistente? Pues, una buena parte del problema, desde una óptica de gestión de proyectos, parece radicar en nuestra dependencia del enfoque tradicional. Ya saben, ese método secuencial, tipo cascada, donde la interoperabilidad entre especialidades brilla por su ausencia y la integración tecnológica es más una aspiración que una realidad. Este paradigma ha fomentado, y vaya que lo ha hecho, una alta incidencia de ampliaciones de plazo, costos adicionales no previstos y sobrecostos que impactan negativamente la calidad y la sostenibilidad de las edificaciones (Contraloría General de la República, 2021).

Además, en el universo de la construcción, la gestión del tiempo y de los costos no es un tema menor; es, de hecho, la columna vertebral que sostiene la eficiencia de todo el proceso constructivo. No obstante, en nuestro contexto peruano, las cifras son elocuentes: diversos estudios evidencian que más del 60% de los proyectos de infraestructura educativa ejecutados bajo el método convencional presentan desviaciones significativas respecto a su línea base de cronograma y presupuesto (Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), 2020). Esto no es casualidad. Piénsenlo así: es como intentar dirigir una orquesta sinfónica donde cada músico tiene una partitura diferente y el director solo puede comunicarse con uno a la vez. El resultado previsible es una disonancia que, en nuestro caso, se traduce en la ausencia de herramientas integradoras que permitan una anticipación proactiva de interferencias entre especialidades, deficiencias en la interpretación de la documentación técnica y una coordinación efectiva, o la falta de ella, entre proyectistas, supervisores y contratistas.

Si traemos la lupa a nuestro país, estudios locales como los de Morales (2022) que analizaron obras ejecutadas por gobiernos regionales, han arrojado luz sobre cómo la adopción de BIM mejora la trazabilidad de la información y la documentación del proyecto, optimiza la validación del cronograma de ejecución (especialmente la ruta crítica) y permite una gestión más eficiente de los adicionales y deductivos. Es más, se ha identificado que BIM

facilita la modelización de escenarios alternativos ante imprevistos en obra. Esto, créanme, es oro molido, pues permite una justificación técnica robusta para las ampliaciones de plazo, evitando así la lotería de los arbitrajes. Menos dolores de cabeza, más eficiencia.

Ahora, en la región Ica, y más concretamente al distrito de Tate, se evidencio que el método tradicional sigue siendo la forma en que se vienen ejecutando los proyectos de infraestructuras educativas. Esta situación, predeciblemente, limita la incorporación de prácticas más eficientes, colaborativas y tecnológicamente avanzadas las cuales marcan la diferencia. La Institución Educativa Ricardo Palma, construida en 2023, es un caso paradigmático: en su ejecución se identificaron falencias en la planificación mediante el método tradicional y las actividades que forman parte de la ruta crítica el cual determina el plazo de ejecución del proyecto. ¿El resultado? Los ya conocidos retrasos y modificaciones presupuestales. No obstante, y aquí viene lo interesante de nuestra tesis, se dispone de información técnica suficiente del proyecto para realizar una simulación paralela bajo la metodología BIM, lo que abre la puerta a una comparación realista y objetiva entre ambos enfoques.

En este orden de ideas, y considerando tanto el impacto adverso de una gestión ineficiente de tiempo y costos como el potencial transformador que representa la metodología BIM, se formula la siguiente interrogante de investigación.

2.1.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de la implementación de la metodología BIM en la gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023?

2.1.2. Problemas Específicos

a. ¿Qué diferencias existen en la gestión de tiempo al implementar la metodología BIM 4D frente al método tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023?

b. ¿Qué diferencias existen en la gestión de costos al implementar la metodología BIM 5D frente al método tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023?

c. ¿Qué diferencias existen en la previsión y justificación técnica de las ampliaciones de plazo al implementar la metodología BIM frente al método tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la implementación de la metodología BIM en la gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.

2.2.2. Objetivos Específicos

- a. Comparar la gestión del tiempo al implementar la metodología BIM 4D frente al método tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.
- b. Comparar la gestión de costos al implementar la metodología BIM 5D frente al método tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.
- c. Comparar las diferencias existen en la previsión y justificación técnica de las ampliaciones de plazo al implementar la metodología BIM frente al método

tradicional en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.

2.3. Justificación e importancia

Este estudio adquiere importancia desde el punto de vista social, ya que se enfoca en una problemática que repercute directamente en las condiciones de vida de la población: las deficiencias en la ejecución de proyectos educativos. La demora en la entrega de instituciones escolares y los constantes incrementos presupuestales limitan el acceso oportuno a espacios apropiados para el aprendizaje. En ese sentido, al analizar cómo la metodología BIM puede contribuir a optimizar la planificación y el uso de los recursos, esta investigación busca aportar soluciones concretas para garantizar que las obras educativas se culminen dentro del plazo previsto, con las condiciones necesarias de funcionalidad y seguridad. Esto, a su vez, contribuye a fortalecer la calidad del servicio educativo brindado a niños y adolescentes en el país.

Desde el enfoque económico, la investigación cobra valor porque analiza el impacto de una metodología que puede mejorar la eficiencia financiera en la ejecución de obras públicas. Al incorporar herramientas como el modelado BIM, es posible anticipar desviaciones presupuestarias, gestionar de forma técnica los adicionales y deductivos, y sustentar con mayor solidez las solicitudes de ampliación de plazo. Estas acciones reducen la probabilidad de conflictos contractuales y arbitrajes, lo que representa un ahorro significativo para el Estado. Asimismo, al evitar sobrecostos innecesarios, se liberan fondos que pueden ser destinados a otros proyectos sociales prioritarios, promoviendo una inversión pública más equilibrada, estratégica y con mayor retorno en términos sociales.

En el plano ambiental, la propuesta también resulta pertinente. La implementación de la metodología BIM permite planificar de manera más rigurosa cada etapa del proceso

constructivo, lo que conlleva a una disminución de desperdicios, retrabajos y consumo excesivo de materiales. Al reducir los residuos propios de la construcción y optimizar el uso de insumos, se minimiza el impacto sobre el entorno natural. Además, la posibilidad de realizar simulaciones virtuales en fase de pre construcción facilita la identificación de riesgos ambientales y la aplicación de medidas de mitigación anticipadas. Esto convierte a BIM en una herramienta útil para alinear la ejecución de obras con principios de sostenibilidad, eficiencia ecológica y responsabilidad frente al medio ambiente.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La implementación de la metodología BIM tiene efecto en la gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.

2.4.2. Hipótesis Especificas

- a. La implementación de la metodología BIM 4D tiene efecto en la gestión del tiempo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.
- b. La implementación de la metodología BIM 5D tiene efecto en la gestión de costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.
- c. La implementación de la metodología BIM tiene efecto en la previsión y justificación técnica de las ampliaciones de plazo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.

2.5. Variables

Variable Independiente: Metodología BIM

Variable Dependiente: Método Tradicional

Tabla 1: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente Metodología BIM	Desde una perspectiva de gestión, BIM no debe entenderse como una herramienta tecnológica, sino un sistema colaborativo que promueve la integración de datos confiables entre los distintos agentes del proyecto, construyendo una planificación mas precisa, una ejecución controlada y un mantenimiento eficiente de las edificaciones (Succar, 2009).	En presente investigación, la metodología BIM se operacionaliza a través del grado de aplicación del modelo digital integrado en el proyecto de la I.E. Ricardo Palma, considerando la utilización del modelo tridimensional, la vinculación del modelo con el cronograma de obra y la integración de la información de costos. Su medición se realiza mediante la identificación de funcionalidades BIM empleadas en las fases de planificación y ejecución, así como a través del análisis de documentos técnicos generados a partir del modelo digital, tales como simulaciones 4D y reportes de costos 5D	Dimensión 4D	Metrado	Escalar (%)
			Dimensión 5D	Costo	Escalar (%)
Variable Dependiente Método Tradicional	Según Turner (2014), una gestión eficaz del proyecto no solo se orienta al control de resultados sino también a la reducción de incertidumbres y a la mejora del desempeño organizacional, asegurando la entrega del proyecto conforme a los requerimientos técnicos y contractuales	En este estudio el proyecto se operacionaliza mediante el desempeño del control de tiempo y los costos de ejecución, evaluando a partir de la comparación entre los resultados obtenidos con la metodología BIM y aquellos Registrados mediante el método tradicional. La medición se realiza utilizando indicadores cuantificables, tales como la duración del proyecto, el cumplimiento del programa, la variación presupuestal y la ocurrencia de ampliaciones de plazo, con base en cronogramas de obra. Presupuestos y reportes técnicos del proyecto analizado	Gestión de tiempo	Duración total del proyecto. Reducción del plazo de ejecución.	Escalar (%) Días
			Gestión de costos	Costo total del proyecto. Variación del presupuesto. Monto de adicionales y deductivos.	Escalar (%) Soles

Nota. Elaboración propia.

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. *A nivel internacional*

Almeida & Ferreira (2023) en su investigación titulada “*Análisis comparativo de BIM 5D y planificación tradicional en proyectos de edificaciones multifamiliares en Lisboa Portugal*”, donde la metodología de su estudio es de tipo aplicada y de nivel correlacional, tuvieron como objetivo desarrollar un análisis comparativo entre la metodología BIM 5D y la planificación convencional aplicada en edificaciones multifamiliares. El estudio, centrado en dos casos prácticos con características similares, evidenció que la aplicación de BIM permitió reducir los costos en un 13 % y acortar el tiempo de ejecución en un 18 %. Se concluyó que BIM 5D incrementa la precisión presupuestaria y brinda mayor flexibilidad en la programación de actividades, mejorando la toma de decisiones a lo largo del proceso constructivo.

Morales & González (2022) en su investigación titulada “*Impacto de la metodología BIM en la disminución de ampliaciones de plazo en obras públicas*”, en su artículo de investigación publicada en la revista de Gestión Pública y Tecnología, cuyo objetivo fue implementar la metodología BIM en el sector hospitalario, por lo que mediante la comparación de dos centros médicos públicos construidos bajo metodologías distintas: uno mediante planificación tradicional y otro con enfoque BIM. Los resultados reflejaron una desviación de solo 4 % en plazo y 3 % en presupuesto para el hospital ejecutado con BIM, en comparación con desviaciones del 20 % y 17 %, respectivamente, en el otro caso. Concluyeron que BIM es clave para lograr mayor control técnico en obras de alta complejidad.

Zhou et al. (2021), en su investigación titulada “*Impact of BIM use on cost overrun prevention in urban megaprojects*”, publicaron en la revista de Construcción Urbana y cuyo objetivo fue determinar el impacto de la metodología BIM para la prevención de sobrecostos, donde examinaron que el uso de la metodología BIM es una herramienta preventiva para contrarrestar sobrecostos en megaproyectos urbanos desarrollados en Shanghái entre 2017 y 2020. Su análisis demostró una disminución promedio del 22 % en los adicionales presupuestarios gracias a la capacidad del sistema para identificar anticipadamente interferencias técnicas. El estudio destacó la eficacia de BIM en la gestión logística y financiera de obras de gran escala.

Naranjo (2021) realizó un ensayo titulado: “*Implementación de la metodología BIM para la gestión de proyectos de construcción*”, indicó en su investigación mediante un método cualitativo, ya que recopiló información de estudios relacionados con la construcción utilizando la metodología BIM y el método tradicional CAD, para poder compararlos y determinar los beneficios y/o desventajas entre ellos. En conclusión, la metodología BIM permite disminuir los tiempos y costos tanto en la fase de diseño como la etapa de construcción, detectando a tiempo las interferencias e incompatibilidades; así mismo menciona que el BIM es una metodología colaborativa toda vez que sus herramientas permiten el flujo bidireccional permitiendo el uso de diferentes softwares.

Kim, et al. (2022) realizaron un artículo titulado: “*BIM data requirements for 2D deliverables in construction documentation*”, donde el método planteado estuvo enfocado en plantear un marco de requerimientos de información BIM para crear dibujos 2D eficientes basados en modelos BIM en las especialidades de arquitectura y estructuras para que puedan ser aplicadas de manera eficaz en la etapa de diseño. Por lo que tuvieron como resultados la reducción de retrabajos del 41%, al 7.1% y aproximadamente el 92.9% de los datos BIM fueron seguros.

3.1.2. *A nivel nacional*

Trejo (2022) en su investigación titulada: *“Aplicación de BIM 4D y 5D para la planificación de tiempos y costos durante la etapa de construcción de un proyecto inmobiliario”*, se enfocó en desarrollar mediante una metodología cualitativa de diseño no experimental. Analizó el uso del modelado BIM en sus dimensiones 4D y 5D en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural, analizó el uso del modelado BIM en sus dimensiones 4D y 5D en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural. Su investigación mostró que, para lograr una planificación efectiva del tiempo y los costos, era indispensable parametrizar correctamente los elementos desde el modelado tridimensional, dividiéndolos en componentes verticales y horizontales. También se identificó que la definición temprana de partidas presupuestales, junto con el uso de herramientas como Schedule Planner, Vico Office y la metodología LBMS, permitió optimizar la programación de actividades en obra.

Ortega & Caqui (2021) en su investigación titulada: *“Integración de BIM 4D y Last Planner System para mejorar la productividad en proyectos de construcción de hospitales”*, mediante una investigación de nivel descriptiva y tipo aplicada, aplicaron la metodología BIM-4D en conjunto con el sistema Last Planner para mejorar la productividad en la construcción del hospital Hermilio Valdizán. Su estudio reveló que el porcentaje de actividades completadas aumentó en 8.61 %, y la productividad del personal se incrementó de 33.41 % a 40.35 %. Este avance se debió a una planificación más detallada y a la identificación oportuna de restricciones en etapas iniciales, lo que permitió ejecutar más actividades en el mismo periodo de tiempo.

Álvarez et al. (2020) en su tesis de maestría: *“Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología bim, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4d y 5d, caso de estudio de obra: mejoramiento de los servicios de salud en el*

centro de salud Ttio – Distrito Wanchaq – Provincia de Cusco – Región Cusco”. Desarrollado con una investigación de nivel descriptiva y tipo aplicada, realizaron un estudio comparativo entre el enfoque tradicional y la metodología BIM 4D y 5D en una obra pública desarrollada en Cusco. A través del análisis de la etapa de diseño y construcción del Centro de Salud Tío, concluyeron que BIM permitió reducir el tiempo de ejecución en 35 días y generar un ahorro económico superior a 6.5 millones de soles. Estas mejoras fueron posibles gracias a la detección anticipada de interferencias técnicas que normalmente generan demoras en proyectos desarrollados con métodos convencionales.

Mesa & Yucra (2024) en su investigación titulada: *“Optimización de plazos y costos empleando la metodología BIM en una obra privada y una publica, Lima – 2024”*, desarrollaron con una metodología de tipo aplicada y nivel descriptivo, estudiaron la implementación de BIM en obras públicas y privadas, utilizando Revit 2025 para integrar información técnica de distintas especialidades en un solo modelo. Esto permitió identificar inconsistencias desde fases tempranas, logrando una reducción significativa de costos adicionales y retrasos. La investigación concluyó que BIM mejora sustancialmente la coordinación entre equipos técnicos y la eficiencia general de la ejecución.

Bazán (2022) en su investigación titulada: *“Metodología Building Information Modeling en la gestión de ejecución de obras públicas en la municipalidad provincial de Chachapoyas, 2022”*, mediante una metodología aplicada. Propuso una estrategia de mejora en la gestión de obras públicas mediante la implementación progresiva de BIM. Su investigación reveló que, aunque el personal contaba con conocimientos básicos sobre la metodología, existían limitaciones técnicas relacionadas con el acceso a software y hardware adecuados. El estudio propuso una hoja de ruta para adoptar BIM entre los años 2022 y 2030 como parte de una política de modernización institucional.

3.1.3. *A nivel Regional y local*

Marca (2023) en su investigación titulada: *“Influencia de la metodología Building Information Modeling en formulación del expediente técnico de la dirección regional de trabajo y promoción del empleo de Apurímac – Abancay, 2021”*, desarrolló un estudio con el método deductivo y tipo aplicada, con el propósito de evaluar cómo la metodología BIM influyó en la elaboración del expediente técnico de una obra pública, desarrolló un estudio en la ciudad de Abancay con el propósito de evaluar cómo influye la metodología BIM en la formulación del expediente técnico de una obra pública. El análisis evidenció que el uso de herramientas de modelado tridimensional y simulación de interferencias permitió detectar anticipadamente 51 incompatibilidades técnicas. Asimismo, el 61.5 % de las partidas presupuestales fueron ajustadas gracias al uso de BIM, logrando reducir el plazo estimado de ejecución en 52 días. Aunque se registró un ligero incremento del 2.15 % en el costo total, se concluyó que el enfoque BIM mejora la planificación técnica y reduce errores constructivos desde la fase de diseño.

Finalmente, Ortiz et al. (2018) en su tesis titulada: *“Mejora de la rentabilidad en proyectos de vivienda social en la zona rural de la sierra sur del Perú, aplicando las metodologías BIM-Lean Construcción para medianas empresas”*, con su estudio de metodología descriptiva. Donde su objetivo se fundamenta en el aumento de ganancia en proyectos de construcción aplicando la metodología BIM-Lean Construction para empresas medianas las zonas rurales del sur de la nación, logrando reducir 4 meses en la fase diseño, 2 años en la programación y 6 meses en la ejecución física, lo que nos muestra que estas metodologías combinadas generarían grandes ahorros en costo y tiempo. Estas metodologías han demostrado mejorar los procesos cuando se aplican conjuntamente obteniendo así reducir un 25% el costo respecto a la construcción convencional.

3.2.Bases teóricas

BIM (Building Information Modeling)

Según Succar (2009) la metodología BIM (Building Information Modeling) desde una perspectiva de gestión, BIM no debe entenderse como una herramienta tecnológica, sino un sistema colaborativo que promueve la integración de datos confiables entre los distintos agentes del proyecto, construyendo una planificación más precisa, una ejecución controlada y un mantenimiento eficiente de las edificaciones.

Eastman et al. (2021) destacan que BIM no solo ofrece una representación gráfica avanzada, sino que incorpora dimensiones adicionales como el cronograma (4D) y el presupuesto (5D), permitiendo una gestión más eficiente del tiempo y de los recursos financieros. Esto convierte a BIM en una herramienta estratégica que favorece la coordinación interdisciplinaria y la toma de decisiones anticipada.

Asimismo, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2021) resalta que BIM facilita la detección de interferencias técnicas entre especialidades (clash detection), optimiza la programación de actividades constructivas y contribuye a reducir retrabajos y sobrecostos. Esta metodología también proporciona una visión integral del proyecto en todas sus etapas, siendo especialmente útil en obras públicas que requieren altos niveles de transparencia y eficiencia.

Método tradicional de ejecución de obras

Según Gonzales (2020), el método tradicional carece de herramientas que permitan visualizar anticipadamente conflictos técnicos o superposiciones entre especialidades, lo que se traduce en una mayor probabilidad de retrasos, adicionales presupuestarios y ampliaciones de plazo. Además, la ausencia de un entorno colaborativo limita la eficiencia del proceso constructivo.

Rojas (2021), en un estudio aplicado a proyectos educativos en la región Junín, evidenció que los problemas derivados de una escasa coordinación entre actores técnicos y la falta de actualización de planos provocaron un incremento significativo en los tiempos de ejecución y en los costos indirectos. Este hallazgo reafirma la necesidad de migrar hacia metodologías más integradoras, como el uso de BIM.

Metodología BIM en Perú

La metodología BIM, es el uso de una representación digital compartida de un activo construido, para facilitar procesos de diseño, construcción y operación. Con la finalidad de contar con una base confiable para la toma de decisiones. (Instituto Nacional de Calidad, 2021, pag.8)

Muchos factores humanos, entre ellos está la falta de información oportuna, las incompatibilidades, la respuesta lenta a las solicitudes de información y la falta de comprensión de la documentación, están conduciendo actualmente a sobrecostos en los proyectos de construcción y (diseñadores y constructores) han creado muchas insuficiencias. Destacados expertos del sector de la construcción, motivados a brindar la mejor solución posible a este problema, decidieron crear una Comisión BIM peruana, con el apoyo de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Herramientas BIM, experiencia y resultados para lograr consistencia y calidad en la industria de la construcción nacional.

Por lo tanto, los beneficios de cambiar al diseño BIM permitirán que Perú compita con los países latinoamericanos en la carrera por los edificios más grandes, más ecológicos y menos derrochadores del mundo. (CAPECO, 2018).

Proyectos BIM en Perú

Almeida (2023) manifiesta que la implementación del BIM en el Perú inicio en el año 2005 y estuvo a cargo de las grandes empresas constructoras que tenían un gran interés en crecer su productividad en los proyectos. Luego de ello, entusiasmados por dar a conocer esta metodología que venía revolucionando el rubro de la construcción, se fundó el Comité BIM del Perú, el cual pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco). Asimismo, teniendo en cuenta la necesidad de tener en reglamento el BIM en el Perú, en el año 2017 el Instituto Nacional de Calidad (Inacal) acepto la conformación del Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil que añade al Subcomité de Organización de la Información sobre Obras de Construcción.

Coordinación BIM

La coordinación en un entorno BIM consiste en un proceso colaborativo que permite integrar eficientemente a los distintos participantes de un proyecto de construcción, facilitando la planificación, control y supervisión desde las fases iniciales del diseño hasta la ejecución y operación. Esta metodología tiene como propósito principal optimizar la logística de suministro y reducir costos mediante herramientas digitales que permiten identificar interferencias y mejorar la toma de decisiones. En este contexto, el modelo BIM se convierte en el punto central de comunicación entre los involucrados, favoreciendo la interoperabilidad y la coherencia de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto (ACCA Software, 2021).

Beneficios del BIM

La aplicación del Modelado de Información para la Construcción (BIM) ha revolucionado el sector de la edificación, ofreciendo una serie de ventajas que fortalecen la gestión, el diseño y la ejecución de proyectos desde una perspectiva integral.

a) Fortalecimiento de la comunicación y el trabajo colaborativo

BIM permite que los equipos de trabajo interactúen de forma constante a través de modelos digitales centralizados. Las plataformas basadas en la nube hacen posible que todos los participantes accedan en tiempo real a la información del proyecto, ya sea desde una computadora o un dispositivo móvil. Esta conectividad asegura una coordinación fluida entre las disciplinas involucradas, reduciendo la duplicidad de esfuerzos y errores de interpretación (Autodesk, 2023).

b) Representación visual previa al inicio de obra

Esta metodología brinda la capacidad de anticipar el aspecto final de una obra mediante representaciones tridimensionales detalladas. Gracias a esto, los usuarios pueden evaluar con claridad la distribución de los espacios y realizar ajustes antes de que se inicie la construcción, lo cual disminuye modificaciones costosas durante el proceso (TechTure Global, 2022).

c) Identificación de interferencias en etapas tempranas

Una funcionalidad destacada del BIM es la detección de conflictos entre componentes estructurales, eléctricos o mecánicos antes de la ejecución. Al prever estos inconvenientes, se eliminan posibles retrabajos y se optimiza el desarrollo en obra, asegurando mayor precisión en la ejecución (M Heavy Technology, 2023).

d) Estimación precisa de costos con base en el modelo digital (5D BIM)

La integración de información financiera en el entorno BIM posibilita calcular con exactitud los costos asociados a cada etapa del proyecto desde fases tempranas. Este enfoque permite una planificación económica más eficiente y ajustada a la realidad (Autodesk, 2023).

e) Mejora en la programación y control de actividades (4D BIM)

El modelo tridimensional puede vincularse con los cronogramas del proyecto, lo que facilita la planificación visual de cada fase constructiva. Esto mejora la gestión del tiempo y permite realizar ajustes en función de imprevistos o condiciones cambiantes del sitio (Autodesk, 2023).

g) Mejora en las condiciones de seguridad

Al permitir una planificación detallada y simulaciones previas, BIM ayuda a prevenir situaciones de riesgo en obra. La identificación temprana de zonas peligrosas y la organización del trabajo en función de la seguridad son elementos clave que contribuyen a entornos laborales más protegidos (TechTure Global, 2022).

h) Gestión eficaz durante el uso y mantenimiento del edificio

Una vez concluida la construcción, el modelo BIM conserva información esencial para la operación del inmueble. Esto incluye datos sobre instalaciones, mantenimientos programados y características técnicas, lo que facilita la gestión eficiente de los recursos durante toda la vida útil del edificio (TechTure Global, 2022).

Limitaciones y consideraciones BIM

A pesar de los múltiples beneficios que ofrece el uso de BIM, su aplicación práctica en las organizaciones enfrenta diversas limitaciones y retos que deben ser considerados para una implementación efectiva.

a) Liderazgo insuficiente

Uno de los principales desafíos en los procesos de adopción de BIM radica en la ausencia de un liderazgo comprometido y capacitado. Cuando los responsables de implementar esta metodología lo hacen sin comprender a profundidad su alcance o simplemente motivados por la tendencia tecnológica, es común que el proceso fracase. Si bien muchas empresas reconocen las ventajas generales de BIM, aún existe una brecha significativa entre este conocimiento y su verdadero valor estratégico, especialmente desde la perspectiva de los clientes. La participación activa de líderes informados, que promuevan la integración del equipo y tomen decisiones fundamentadas, resulta fundamental para alcanzar los objetivos de la transformación digital (Reche, 2019).

b) Débil cultura colaborativa

La implementación de BIM exige un alto grado de colaboración y una reorganización estructural de los procesos de la empresa. Aunque los costos tecnológicos pueden no ser excesivos, los costos relacionados con la integración organizacional, la capacitación especializada y la compatibilidad entre plataformas representan una inversión considerable. Mientras que las empresas grandes suelen disponer de equipos capaces de adaptarse con mayor facilidad, las pequeñas enfrentan dificultades para alinear simultáneamente a todo su personal en un entorno BIM. Una alternativa viable para estas organizaciones es recurrir a consultores externos, quienes pueden facilitar el proceso de adaptación tecnológica sin comprometer la operatividad del equipo (Reche, 2019).

c) Resistencia al cambio

La reticencia de los trabajadores a abandonar herramientas tradicionales representa otro obstáculo importante. Muchos empleados se muestran reacios a cambiar sus rutinas debido al temor al fracaso, la falta de confianza en el aprendizaje de nuevas herramientas o la escasa motivación por parte de la gerencia. Superar esta resistencia requiere una estrategia de liderazgo que promueva la participación activa, fomente el aprendizaje continuo y mantenga el equilibrio entre innovación tecnológica y estabilidad operativa. La clave del éxito está en involucrar a todos los actores del proyecto para maximizar la productividad colectiva y asegurar una transición fluida (Reche, 2019).

d) Falta de claridad en los objetivos

La implementación de BIM no debe ser improvisada ni desorganizada. Es necesario definir con precisión las metas, responsabilidades y fases del proyecto para evitar esfuerzos desarticulados o sobrecarga de trabajo digital innecesaria. Exigir un uso avanzado de BIM sin una preparación progresiva puede derivar en un mal aprovechamiento de sus funcionalidades y en un consumo excesivo de recursos. Por ello, es crucial alinear esta herramienta con los objetivos estratégicos de la organización, estableciendo metas alcanzables a corto y mediano plazo (Reche, 2019).

e) Integración con sistemas no compatibles

La coexistencia de plataformas BIM y no BIM dentro de una misma organización puede generar fricciones operativas. Mientras que en un entorno CAD tradicional todos los colaboradores pueden participar sin restricciones, el uso parcial de BIM limita el acceso a los proyectos a quienes dominan la metodología. Esto afecta la eficiencia del equipo y genera

retrasos en la ejecución. Asimismo, cuando una empresa incorpora nuevos activos bajo estándares BIM, pero aún mantiene una infraestructura considerable sin dicha tecnología, se vuelve necesario gestionar la interoperabilidad entre ambos entornos. La integración gradual de los sistemas existentes en plataformas BIM es una tarea compleja, pero fundamental para asegurar la continuidad operativa a largo plazo (Reche, 2019).

Nivel de madurez BIM

El concepto de madurez BIM se refiere al grado de desarrollo tecnológico y de colaboración alcanzado en los proyectos de construcción mediante la implementación de esta metodología. Este nivel se mide a partir de la capacidad de los equipos para compartir información y trabajar de forma integrada. En el nivel más bajo (Nivel 0), los procesos son completamente independientes y no existe coordinación digital entre disciplinas. A medida que se avanza hacia niveles superiores, como el Nivel 3, se logra una colaboración total en tiempo real mediante entornos comunes de datos, uso de plataformas en la nube y modelos integrados que permiten gestionar toda la información del proyecto de forma centralizada. Cabe destacar que la clasificación de estos niveles puede variar ligeramente según la normativa o el marco de referencia utilizado (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

Dimensiones BIM

El desarrollo de la metodología BIM no se limita al modelado tridimensional, sino que incorpora una serie de dimensiones adicionales que amplían su funcionalidad y valor estratégico en los proyectos.

a) 1D – Concepto: Corresponde a la fase inicial de conceptualización del proyecto. Esta dimensión establece las bases para el desarrollo colaborativo e institucional, como lo

demuestra la creación de comisiones BIM regionales, por ejemplo, en Cataluña (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

b) 2D – Digitalización de planos: Representa la transición del dibujo manual a la vectorización digital, lo cual permite la estandarización de plantillas y flujos de trabajo. Esta etapa marca el inicio de la organización estructurada de procesos en las distintas disciplinas del proyecto (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

c) 3D – Modelado tridimensional: Implica la creación de un modelo digital paramétrico del proyecto, integrando aspectos geométricos y espaciales. Esta dimensión permite coordinar distintas especialidades como arquitectura, estructuras e instalaciones, generando información útil para la toma de decisiones y la documentación técnica (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

d) 4D – Planificación temporal: Añade el componente del tiempo al modelo 3D. Permite programar las actividades constructivas, analizar fases de obra y anticipar conflictos de ejecución, lo que contribuye a mejorar la logística y reducir errores durante la construcción (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

e) 5D – Gestión de costos: Incorpora la dimensión económica al modelo, facilitando la estimación y control de presupuestos. Además, permite realizar estudios de viabilidad, análisis de retorno de inversión y gestión contractual con mayor precisión (Building Information Modeling new dimensions [BIMnD], 2020).

Gestión de proyectos en BIM

En el contexto digital contemporáneo, los métodos tradicionales de trabajo, basados en el uso individual de computadoras sin conexión o en entornos domésticos aislados, se han vuelto insuficientes frente a las exigencias actuales de los proyectos de construcción. Hoy en día, la eficiencia en la gestión de proyectos requiere la integración de herramientas que permitan la colaboración constante entre los profesionales, el intercambio ágil de datos, y la disponibilidad de acceso a la información desde cualquier ubicación geográfica.

Plataformas como usBIM ofrecen un entorno en la nube donde los equipos pueden desarrollar y administrar sus proyectos de manera integral. Este tipo de sistema permite cargar modelos tridimensionales, planos bidimensionales y toda clase de documentos asociados a un proyecto, brindando así una solución centralizada para su gestión. A través de esta tecnología, los usuarios pueden compartir información con sus colegas, acceder a sus archivos desde cualquier dispositivo, y continuar su trabajo sin interrupciones geográficas o técnicas.

Además, las funcionalidades colaborativas de usBIM incluyen herramientas para organizar reuniones virtuales, establecer espacios de discusión en línea y coordinar decisiones en tiempo real. Estas características facilitan la sincronización entre todos los involucrados en el proyecto y reducen los tiempos de respuesta frente a posibles ajustes o conflictos.

Asimismo, la integración de visualizadores BIM en línea permite explorar archivos de modelos 2D y 3D directamente desde la plataforma, sin requerir software adicional. Esta capacidad favorece la revisión de planos, presupuestos y relaciones técnicas sin necesidad de crear un entorno BIM desde cero, lo que mejora considerablemente la accesibilidad para todos los actores del proceso constructivo (ACCA Software, 2022).

Herramientas BIM

a) Modelado de infraestructura

El uso de BIM en obras de infraestructura posibilita una mejor organización del diseño y ejecución de proyectos complejos, como carreteras, ferrocarriles, puentes, redes de servicios y movimientos de tierras. Esta metodología permite automatizar procesos y facilita la incorporación de cambios con mayor rapidez, lo que se traduce en ahorro de tiempo y eficiencia operativa (TopBIM Company, 2024).

b) Modelado BIM 3D y Niveles de Desarrollo (LOD)

El modelado tridimensional en BIM consiste en la construcción de un gemelo digital del proyecto, mediante softwares como Revit o Archicad. Cada componente del modelo contiene datos paramétricos que describen su geometría, relaciones espaciales, ubicación, cantidad y propiedades técnicas. El concepto de Level of Development (LOD) clasifica el grado de definición que posee un elemento del modelo, permitiendo su uso progresivo según la fase del proyecto. A mayor nivel de LOD, mayor es la precisión y confiabilidad de los datos contenidos (Revizto, 2023).

c) Modelado BIM 4D: Planificación temporal

La dimensión 4D del modelado BIM permite vincular los elementos del modelo 3D con la planificación del proyecto. Esto posibilita visualizar el avance de obra a lo largo del tiempo, mediante cronogramas que reflejan el desarrollo de las actividades constructivas. Herramientas como Navisworks o Synchro 4D permiten anticipar interferencias, planificar entregas y coordinar recursos, optimizando la ejecución y reduciendo contratiempos (Revizto, 2023).

d) Modelado BIM 5D: Estimación y control de costos

El modelo 5D agrega la dimensión financiera al entorno BIM, permitiendo realizar estimaciones de costos precisas y automatizadas. Con esta herramienta se pueden proyectar presupuestos en función de las cantidades modeladas y las especificaciones técnicas. Además, permite ajustar el presupuesto conforme avanza el proyecto, integrando los cambios en tiempo real y fortaleciendo la transparencia y control económico (Revizto, 2023).

e) Gestión del tiempo y costos

El uso de herramientas BIM permite establecer una vinculación directa entre los componentes del modelo, el cronograma y los costos del proyecto. El seguimiento visual de la evolución del proyecto mediante gráficos temporales, como los diagramas de Gantt, permite evaluar el cumplimiento de metas, identificar cuellos de botella y optimizar el uso de recursos (BIMcorner, 2024).

f) Detección De Interferencias e Incompatibilidades

En los métodos tradicionales basados en planos 2D, a menudo se producen discrepancias en las representaciones gráficas, como cuando una viga muestra diferentes anchos entre el plano de planta y las secciones transversales. Estas inconsistencias generan confusión en obra, dificultando que los operarios identifiquen correctamente las instrucciones de construcción, especialmente para tareas complejas como el refuerzo de vigas. Este tipo de error exige una revisión formal por parte del supervisor, lo que demora la emisión de planos corregidos y provoca inactividad en la obra.

Cuando no se reasignan labores inmediatamente tras detectar un error, el equipo puede experimentar momentos de tiempo no productivo (NTP). Asimismo, si los trabajadores realizan actividades que no eran planificadas—denominadas aportes de campo

no cerrados (TNC)—la productividad también se resiente. Para evitar estas situaciones, es necesario que los planos sean minuciosos, incluyendo cotas precisas, secciones completas y vistas detalladas; de lo contrario, los errores en los dibujos bidimensionales afectarán directamente la ejecución.

Frente a este panorama, el BIM (Building Information Modeling) proporciona una solución efectiva. El modelado tridimensional permite detectar discrepancias y conflictos antes de que lleguen a obra, garantizando que las correcciones se efectúen con antelación. Esta capacidad reduce la incertidumbre, mejora la calidad constructiva y optimiza tanto los procesos como los tiempos de ejecución (Autodesk, 2023).

Gestión del tiempo y la ruta crítica

En el ámbito de la construcción, la adecuada gestión del tiempo es fundamental para garantizar la entrega oportuna de los proyectos. Una estrategia clave en este proceso es la identificación de la ruta crítica, que se refiere a la secuencia mínima de actividades cuya alteración impactaría directamente en la duración total de la obra. Según el Project Management Institute (2021), esta ruta representa un conjunto de tareas interdependientes que deben ejecutarse sin retrasos, ya que cualquier demora puede comprometer la programación global del proyecto.

Con la incorporación del modelado 4D en la metodología BIM, es posible vincular elementos tridimensionales con los cronogramas de ejecución. Esta capacidad permite a los equipos visualizar, planificar y modificar en tiempo real las fases constructivas, anticipando conflictos e implementando soluciones antes de que ocurran en obra. Así, la planificación 4D mejora la eficiencia del proceso constructivo al ofrecer una representación visual y dinámica del avance del proyecto.

Fernández y Quispe (2022), en una investigación realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), analizaron la implementación de BIM 4D en la construcción de una institución educativa. Sus resultados evidenciaron que el uso de esta tecnología redujo en aproximadamente un 15 % el tiempo total de ejecución. La simulación previa de actividades permitió anticipar interferencias y optimizar recursos, mejorando notablemente la toma de decisiones en campo.

Gestión de costos: adicionales y deductivos

Una de las debilidades más frecuentes del enfoque convencional en la gestión de presupuestos en la construcción es la escasa previsión frente a partidas omitidas o incorrectamente valoradas. Esta situación suele derivar en desviaciones significativas del presupuesto inicial, debido a la falta de herramientas que permitan una estimación precisa y dinámica de los costos durante el avance del proyecto. En contraste, el uso de la metodología BIM, particularmente en su dimensión 5D, permite vincular los elementos del modelo con datos económicos, logrando estimaciones automatizadas, detalladas y actualizables en tiempo real (Hitech CADD Services, 2024).

Este enfoque no solo mejora la precisión de los presupuestos, sino que además permite un mejor control financiero a lo largo de la ejecución. La incorporación de la dimensión 5D al entorno BIM facilita la detección temprana de inconsistencias presupuestarias, lo que se traduce en una disminución significativa de los sobrecostos. Salas y Esenarro (2023), en un estudio aplicado a un proyecto de infraestructura en Tarapoto, concluyeron que la implementación de BIM 5D permitió una optimización en el control de cantidades y costos, logrando una reducción porcentual del presupuesto respecto al método tradicional.

Asimismo, BIM contribuye a la integración eficiente entre disciplinas como arquitectura, estructura e instalaciones. Esta coordinación anticipada disminuye considerablemente la aparición de interferencias y errores en obra, que en sistemas tradicionales suelen derivar en costos adicionales no previstos. De acuerdo con Discover Materials (2025), en múltiples estudios de caso se evidenció que el uso de BIM permitió reducir en más del 30 % los gastos por trabajos adicionales, en comparación con los procesos convencionales donde los adicionales pueden representar más del 10 % del costo base.

Ampliaciones de plazo

Las extensiones de plazo son uno de los problemas más frecuentes y costosos en la ejecución de obras públicas, especialmente dentro del ámbito educativo. Estos retrasos suelen deberse a interferencias constructivas, deficiencias en la elaboración del expediente técnico, descoordinación entre disciplinas y modificaciones inesperadas durante el desarrollo del proyecto. En los métodos tradicionales, estas causas a menudo no se detectan a tiempo, provocando demoras significativas y aumento de costos para la entidad contratante.

El uso de la metodología BIM, en particular la dimensión 4D, permite simular previamente el proceso constructivo y evaluar la ruta crítica, facilitando una planificación más detallada y una detección anticipada de posibles conflictos. Cruz (2023) demostró que, al utilizar BIM 4D en proyectos de infraestructura pública, es posible prever ampliaciones de plazo mediante simulaciones de cronogramas y análisis de impactos, lo que ayuda a tomar decisiones preventivas antes del inicio de la obra.

Asimismo, Rojas (2021) analizó proyectos escolares en la región Ica y halló que, bajo el modelo tradicional, las obras presentaron retrasos superiores a 90 días sin justificación técnica adecuada, afectando la operatividad educativa. En cambio, los

proyectos que utilizaron BIM lograron reducir esas demoras hasta en un 50 %, gracias a la detección temprana de interferencias entre estructuras e instalaciones, y una mejor alineación entre el expediente técnico y la realidad en obra.

Estos resultados indican que la aplicación de BIM no solo mejora la planificación, sino que también fomenta una ejecución más eficiente y transparente, mitigando el impacto negativo de las ampliaciones de plazo no justificadas y mejorando la gestión pública en el sector educativo.

Comparación integral entre BIM y método tradicional

Ramírez (2021) sostiene que una evaluación efectiva entre BIM y el método convencional debe abarcar variables como la capacidad de respuesta ante interferencias, la precisión de la documentación técnica, la exactitud en la programación y la integración entre los distintos agentes involucrados. Según este análisis, BIM supera al método tradicional en todas estas áreas, donde el enfoque convencional presenta fallas que afectan la eficiencia global del proyecto.

En una investigación de Guerrero (2021) realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca, se demostró que el empleo de BIM en proyectos educativos incrementó la eficiencia de coordinación interdisciplinaria en aproximadamente un 28 %, y redujo los sobrecostos asociados a partidas adicionales en un 15 %, en comparación con construcciones gestionadas con métodos tradicionales.

Asimismo, López (2020), en un estudio de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, evidenció que la adopción de BIM permitió una mejor gestión de partidas críticas y una disminución en las imprecisiones de los metrados, lo que se tradujo en una reducción promedio del 12 % en las variaciones presupuestarias. Además, se mejoró la trazabilidad del avance físico de las obras.

Ambos estudios coinciden en que BIM puede elevar la eficiencia general del proyecto hasta en un 30 %, especialmente en obras financiadas con fondos públicos, donde el control técnico y financiero es esencial. Las ventajas incluyen no solo la reducción de sobrecostos por errores o elementos faltantes en el expediente técnico, sino también el fortalecimiento de la transparencia y la rendición de cuentas en el gasto público.

Aplicación del método BIM en instituciones educativas públicas

La implementación de la metodología BIM (Building Information Modeling) en proyectos de infraestructura educativa pública ha demostrado mejorar notablemente la planificación, ejecución y control, reduciendo errores técnicos y optimizando recursos. En el Perú, diversas investigaciones reflejan impactos positivos en términos de tiempo y costos.

Plasencia y León (2022) aplicaron BIM en la Institución Educativa Inicial N.º 1373 “Ollanta Humala” (Piura) y detectaron deficiencias técnicas por S/ 59 407,19 que el enfoque tradicional no habría identificado. Además, lograron adelantar la obra en 41 días, evidenciando un avance significativo en eficiencia técnica y económica.

De modo similar, Barco y Vilchez (2022) emplearon BIM en la IE N.º 14350 “Nogal” (Ayabaca, Piura), identificando 16 interferencias entre disciplinas durante la fase de diseño. Esta detección anticipada mejoró sustancialmente la coordinación y la toma de decisiones técnicas.

En Tacna, Chura y Quispe (2022) utilizaron BIM en el expediente de la IE Capitán Samuel Alcázar y hallaron 48 interferencias y 33 incompatibilidades entre arquitectura, estructuras e instalaciones. Estas identificaciones tempranas evitaron paralizaciones y excesos injustificados en los plazos, evidenciando el potencial preventivo de BIM.

Finalmente, Palacio de la Torre y Negrón (2024) evaluaron la elaboración de expedientes técnicos mediante BIM en Pocollay (Tacna). Con BIM, el tiempo de desarrollo

pasó de 60 a 51 días, reflejando mejoras en precisión de metrados y coordinación interdisciplinaria, aspectos clave en proyectos escolares estatales.

En conjunto, estos estudios refuerzan que BIM no solo dinamiza la gestión técnica y económica, sino que también refuerza la calidad de los expedientes, reduce interferencias y optimiza el uso de recursos públicos, adecuándose a los desafíos de modernizar la infraestructura educativa peruana.

3.3. Definición de términos

BIM (Building Information Modeling): Metodología digital que permite modelar, coordinar y gestionar la información de un proyecto de construcción a través de representaciones tridimensionales enriquecidas con datos temporales, económicos y funcionales. Su aplicación en obras públicas busca mejorar la eficiencia en la planificación, reducir errores y optimizar los recursos desde el diseño hasta la operación (Eastman et al., 2011).

Método tradicional: Sistema convencional de gestión y ejecución de proyectos basado en documentos 2D (planos, metrados, presupuestos y cronogramas) desarrollados de forma independiente por cada especialidad. Suele carecer de integración técnica y genera interferencias durante la ejecución por falta de coordinación previa (Kerzner, 2017).

Gestión de tiempo: Es el conjunto de actividades relacionadas con la estimación, planificación, secuenciación, asignación de recursos, y control de las actividades de un proyecto. Evalúa el cumplimiento del cronograma, la duración real vs. programada y la eficiencia del flujo de trabajo (Project Management Institute [PMI], 2021).

Gestión de costos: Proceso orientado a estimar, presupuestar y controlar los gastos involucrados en un proyecto de construcción. Incluye la evaluación de adicionales,

deductivos, variaciones presupuestales y control del gasto frente al avance físico valorizado (Project Management Institute [PMI], 2021).

Ruta crítica: Secuencia de actividades con duración total mínima que determina el tiempo total del proyecto. No posee holguras y cualquier retraso en estas actividades afecta directamente la entrega del proyecto (Kerzner, 2017).

Adicionales: Partidas o metrados que no fueron considerados en el presupuesto inicial pero cuya ejecución se hace necesaria durante el desarrollo del proyecto. Generalmente se originan por errores u omisiones en el expediente técnico (Ministerio de Economía y Finanzas (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2020).

Deductivos: Reducciones del presupuesto original debido a la no ejecución total o parcial de partidas previstas. Pueden surgir por optimización del diseño, reajustes técnicos o reducción del alcance (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2020).

Ampliaciones de plazo: Autorizaciones contractuales que extienden el plazo original del proyecto debido a causas justificadas como interferencias no previstas, demoras administrativas, condiciones climáticas adversas o cambios de alcance (Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado [OSCE], 2018).

Modelo 3D (tridimensional): Representación digital del proyecto que incluye geometría, dimensiones y ubicación de los elementos constructivos. En BIM, constituye la base para integrar tiempo, costo, análisis estructural, energético y otras disciplinas (Eastman et al., 2011).

4D – Programación temporal: Extensión del modelo BIM que integra el cronograma de obra al modelo 3D, permitiendo la simulación secuencial de actividades constructivas. Mejora la visualización y planificación anticipada de frentes de trabajo (Eastman et al., 2011).

5D – Gestión de costos: Dimensión del modelo BIM que permite enlazar los costos unitarios, presupuestos, análisis de precios y metrados directamente al modelo geométrico, facilitando el control presupuestal y la trazabilidad de los cambios económicos (Eastman et al., 2011).

Curva “S”: Representación gráfica que muestra el comportamiento acumulado del avance físico y financiero de un proyecto. Su análisis permite visualizar el rendimiento real frente al proyectado y detectar desviaciones (Kerzner, 2017).

LookAhead: Herramienta de planificación de corto plazo que detalla las actividades a ejecutarse en las siguientes semanas. En metodología BIM, se genera a partir del modelo 4D, permitiendo una mejor preparación de recursos y anticipación de conflictos (Ballard, 2000).

Interferencia constructiva (Clash): Superposición o conflicto espacial entre elementos constructivos (por ejemplo, una tubería atravesando una viga), que en el enfoque tradicional suele detectarse en obra. En BIM se identifican virtualmente mediante software de coordinación (Eastman et al., 2011).

Partidas críticas: Actividades o elementos constructivos que, por su duración o dependencia, tienen mayor impacto en la ruta crítica y en el cumplimiento de plazo y presupuesto. Su análisis es clave en la planificación técnica del proyecto (Kerzner, 2017).

Variación presupuestal neta: Diferencia económica resultante entre los adicionales aprobados y los deductivos ejecutados. Es un indicador de desviación respecto al presupuesto original del proyecto (Project Management Institute [PMI], 2021).

Modelo federado BIM: Conjunto de modelos desarrollados por diferentes especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones, etc.) que son integrados en una sola

plataforma para facilitar el análisis conjunto y la detección de interferencias (Eastman et al., 2011).

Simulación constructiva: Proceso de reproducción virtual de la secuencia de actividades constructivas mediante el uso de herramientas digitales como BIM 4D, que permiten visualizar el avance por etapas y analizar alternativas de ejecución (Azhar, 2011).

Flujo financiero: Distribución del gasto a lo largo del tiempo en un proyecto. Se analiza a través del cronograma valorizado para identificar picos de inversión, brechas o inconsistencias entre el avance físico y el gasto económico (Kerzner, 2017).

Capacidad predictiva: Habilidad de una metodología para anticipar comportamientos o resultados futuros en base a simulaciones o modelos. En BIM, se refiere a la capacidad de prevenir problemas técnicos, plazos o costos no previstos (Succar, 2009).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación se enmarca dentro del tipo aplicada, en tanto se orienta al estudio de una problemática concreta vinculada a la gestión del tiempo y los costos en proyectos de infraestructura educativa ejecutados bajo el ámbito de la construcción pública. Este enfoque se caracteriza por emplear fundamentos teóricos y metodológicos existentes para analizar situaciones reales, con el propósito de generar conocimiento útil y pertinente para contextos específicos. En ese sentido, el estudio no contempla la intervención directa ni la modificación de las condiciones del proyecto analizado, sino que se limita al examen técnico y comparativo de los resultados obtenidos mediante la metodología BIM y el método tradicional, a partir de información documentada y registros propios del proceso constructivo. De esta manera, los hallazgos aportan evidencia empírica que contribuye a comprender el comportamiento de ambas metodologías en escenarios reales, sin alterar el desarrollo natural del proyecto (Rivera & Soto, 2023).

Nivel de investigación

En cuanto al nivel, la investigación corresponde a un nivel correlacional, dado que se orienta a caracterizar y contrastar el desempeño de la gestión del tiempo y los costos del proyecto, considerando la aplicación de la metodología BIM frente al enfoque tradicional. Este nivel permite identificar diferencias y particularidades en los resultados obtenidos, sin pretender establecer relaciones de causalidad ni efectuar manipulación alguna de las variables analizadas. Asimismo, el enfoque correlacional posibilita el análisis sistemático de indicadores vinculados al cumplimiento del cronograma, las variaciones presupuestales y las ampliaciones de plazo, utilizando datos reales del proyecto como base de estudio. Esta

aproximación metodológica resulta coherente con el diseño no experimental adoptado, permitiendo una evaluación objetiva de ambos métodos de gestión en condiciones reales de ejecución (Salazar & Villalobos, 2022).

Diseño de investigación

El diseño de investigación adoptado en el presente estudio es no experimental, dado que las variables analizadas no fueron manipuladas de manera deliberada, sino observadas y evaluadas tal como se presentaron en el contexto real del proyecto. En este sentido, la investigación se desarrolló a partir del análisis de información existente, sin intervenir ni alterar las condiciones originales de ejecución. Asimismo, el diseño permitió contrastar los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología BIM y el método tradicional en la gestión del tiempo y los costos del proyecto. Este contraste se realizó a partir de registros documentales y técnicos relacionados con el cumplimiento del cronograma, la estimación de costos, la gestión de adicionales y las ampliaciones de plazo del proyecto de la Institución Educativa Ricardo Palma, ubicada en el distrito de Tate, provincia de Ica. El empleo de este diseño permitió analizar las diferencias observadas entre ambos enfoques de gestión bajo condiciones reales de ejecución, sin recurrir a procedimientos de control experimental. De este modo, el estudio aporta evidencia empírica relevante sobre el desempeño de ambas metodologías en proyectos de infraestructura pública, manteniendo coherencia con los objetivos planteados y con el enfoque metodológico adoptado (López & Medina, 2019).

4.2.Ámbito temporal y espacial

Temporal

La presente investigación se desarrolló durante un periodo comprendido entre los meses de junio a diciembre del año 2023, tiempo durante el cual se recolectó, organizó y

analizó la información técnica correspondiente al expediente técnico y documentos de ejecución de la obra “Institución Educativa Ricardo Palma”, ubicada en el distrito de Tate, provincia de Ica, región Ica.

Espacial

El ámbito espacial de la investigación se limitó exclusivamente a la zona de intervención de dicho proyecto de infraestructura educativa, que fue ejecutado bajo el método tradicional. Este espacio fue seleccionado por la disponibilidad de información verificada y porque representa un entorno adecuado para la simulación y evaluación comparativa con la metodología BIM (Building Information Modeling). El análisis se enfocó en el comportamiento de las variables tiempo y costos bajo dos enfoques metodológicos distintos, siendo relevante para estudios de eficiencia en la gestión pública.

4.3.Población y muestra

Población

La población estuvo conformada por el conjunto de documentos técnicos, cronogramas, presupuestos, metrados, valorizaciones y registros de obra correspondientes al proyecto de construcción de la Institución Educativa Ricardo Palma, ejecutado durante el año 2023 en el distrito de Tate, provincia de Ica. Según Martínez y Romero (2022), la población “representa el conjunto total de elementos con características comunes que son objeto de estudio, y sobre los cuales se busca obtener conclusiones significativas” (p. 92). En este caso, se consideraron todos los elementos documentales y técnicos relacionados con la gestión de la ejecución del proyecto en mención.

Muestra

La muestra fue seleccionada intencionalmente en base a criterios técnicos, y estuvo conformada por las partidas críticas del expediente técnico y de la ejecución de la obra que impactan directamente en la gestión del tiempo y costos. Estas incluyeron:

- Actividades de la ruta crítica del cronograma.
- Prestaciones adicionales y deductivos formalizados durante la ejecución.
- Ampliaciones de plazo, con su respectiva justificación técnica.

La muestra permitió aplicar un enfoque comparativo entre el método tradicional documentado y una simulación de gestión basada en la metodología BIM. Esto se alineó con los objetivos específicos del estudio al analizar la eficiencia en la optimización de la ruta crítica, el control de adicionales y la previsión de ampliaciones de plazo.

Muestreo

Se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional por juicio experto, dado que la selección de las partidas y documentos fue realizada en función de su relevancia respecto a las variables estudiadas (tiempo y costos). Este tipo de muestreo, según García y Rivas (2020), “permite al investigador elegir los elementos más representativos según criterios previamente definidos, especialmente en estudios analíticos y comparativos donde no se requiere inferencia estadística poblacional” (p. 134).

Este enfoque fue pertinente debido a que el objetivo no fue generalizar a otros proyectos, sino comparar el comportamiento de una obra específica bajo dos metodologías distintas, proporcionando evidencia concreta sobre los efectos de la implementación de BIM frente al método tradicional

4.4.Instrumentos

Para López y Torres (2021), constituye un procedimiento investigativo que permite examinar, clasificar e interpretar información contenida en documentos técnicos, cronogramas, metrados, valorizaciones y otros insumos relacionados con un proyecto de construcción. Esta técnica resultó pertinente, dado que el estudio comparativo entre metodología BIM y método tradicional requiere identificar patrones, discrepancias y oportunidades de mejora en la planificación y control de obras públicas.

Se procedió a la revisión minuciosa del expediente técnico, cronogramas valorizados, informes de adicionales y deductivos, y las solicitudes de ampliación de plazo. Además, se desarrollaron simulaciones con la metodología BIM para evaluar los efectos potenciales en la optimización de la ruta crítica, la gestión de costos y el tiempo de respuesta ante modificaciones contractuales.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos empleados fueron fichas de recolección y matrices de análisis comparativo, estructuradas según las dimensiones de tiempo y costos, y validadas mediante juicio de expertos en gestión de proyectos. Estas fichas permitieron registrar información clave como duración programada y real de actividades críticas, montos de adicionales y deductivos, y tiempo requerido para gestionar ampliaciones de plazo. Además, se utilizaron herramientas digitales de modelado como Autodesk Revit, Navisworks y MS Project, que facilitaron la simulación y análisis BIM del mismo proyecto.

4.5.Procedimientos

La Tesis se desarrolló mediante un proceso estructurado en etapas, que garantizó la validez del análisis comparativo:

Recolección de datos del método tradicional: Se obtuvo información del expediente técnico aprobado, valorizaciones, adicionales, deductivos y ampliaciones de plazo reportadas oficialmente durante la ejecución del proyecto.

Elaboración del modelo BIM: Se realizó un modelado digital de la I.E. Ricardo Palma en Revit, incorporando información tridimensional, de planificación (4D) y de costos (5D), permitiendo simular alternativas de gestión.

Comparación entre ambos enfoques: Se establecieron parámetros comunes y se compararon indicadores clave como duración total, % de optimización de la ruta crítica, % de variación presupuestal y % de ampliación de plazo justificada.

Validación técnica: Se contrastaron los resultados obtenidos con criterios normativos y con opiniones de profesionales con experiencia en gestión de obras educativas públicas.

4.6. Análisis de datos

El análisis de los datos se ejecutó en las siguientes fases:

Codificación de datos: Se organizaron las variables relacionadas con tiempo (ruta crítica, ampliaciones de plazo) y costos (adicionales y deductivos).

Procesamiento estadístico descriptivo: Se aplicaron medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar) para comparar los resultados de ambos métodos.

Visualización gráfica: Se elaboraron tablas comparativas y gráficos de barras y líneas que evidencian las diferencias entre las dos metodologías respecto al comportamiento de las variables estudiadas.

Interpretación técnica: Se identificaron las ventajas específicas del enfoque BIM en la gestión eficiente del proyecto, así como las limitaciones del método tradicional, generando así una base sólida para la discusión y conclusiones del estudio.

4.7.Consideraciones éticas

Esta investigación fue realizada bajo estrictos principios éticos, respetando los derechos de autor y la confidencialidad de la información técnica revisada. Se empleó únicamente documentación de acceso autorizado y se citó adecuadamente toda fuente bibliográfica, técnica o normativa consultada. De acuerdo con Rodríguez y Campos (2021), los estudios en ingeniería deben garantizar la transparencia, confiabilidad y honestidad en la manipulación de datos, lo cual fue cumplido rigurosamente. Asimismo, se aseguró que las simulaciones y conclusiones sean utilizadas exclusivamente con fines académicos, sin alterar la naturaleza de los documentos técnicos originales.

V. Resultados y discusión

5.1.Resultados

5.1.1. *Método tradicional*

Presupuesto Tradicional

El presupuesto elaborado bajo el método tradicional se caracteriza por seguir el procedimiento secuencial convencional de metrados y costos, con limitadas herramientas de control paramétrico, sin integración de especialidades durante el diseño.

Metrados manuales: Calculados por partidas independientes, sin integración de modelos.

Mayor riesgo de omisiones: No se detectaron todas las interferencias en el expediente, lo que generó adicionales posteriores.

Aumentos en adicionales: Se registraron adicionales por conflictos de instalación y modificaciones en metrados durante la ejecución.

No considera control 5D: El presupuesto no estuvo vinculado dinámicamente al cronograma ni al modelado 3D.

Tabla 2*Presupuesto tradicional del proyecto*

Resumen de presupuesto tradicional del proyecto		
Partida principal	Monto estimado (S/.)	Porcentaje del total (%)
Obras preliminares	400,000	2.88%
Movimiento de tierras	1,200,000	8.64%
Cimentación y estructuras	4,800,000	34.56%
Albañilería	3,000,000	21.60%
Instalaciones eléctricas	1,100,000	7.92%
Instalaciones sanitarias	900,000	6.48%
Acabados	1,800,000	12.96%
Equipamiento	500,000	3.60%
Gastos generales y utilidad	1,181,746.83	8.52%
Total, presupuesto	13,881,746.83	100%

Nota. La tabla muestra los montos y porcentajes del presupuesto contratado, elaboración propia

Figura 3

Presupuesto del proyecto-método tradicional

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES CRITICAS - METODO TRADICIONAL					
MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. RICARDO PALMA DEL CENTRO POBLADO LA CAPILLA, DISTRITO DE TATE – ICA- ICA					
ITEM	ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA RUTA CRITICA	PRESUPUESTO - METODO TRADICIONAL			
		UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
SECTOR 01					
ESTRUCTURAS					
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.08	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.08.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	433.88	2.25	976.23
01.01.08.02	REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	1,240.00	3.30	4,092.00
02	ESTRUCTURA				
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.01	EXCAVACIONES				
02.01.01.01	EXCAV. ZANJAS Y ZAPATA Rt<2kg/cm2 hmáx. =1.6m	m3	580.66	27.87	16,182.99
02.01.02	RELLENOS				
02.01.02.01	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	m3	18.64	36.79	685.77
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PRESTAMO AFIRMADO	m3	233.15	65.95	15,376.24
02.01.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO				
02.01.03.01	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO PARA F. PISO, PATIO Y VEREDAS	m2	258.38	5.56	1,436.59
02.01.03.02	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS, PATIOS Y VEREDAS, COMPACTADO	m2	116.90	11.00	1,285.90
02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				
02.01.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	702.52	19.89	13,973.12
02.01.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	m3	702.52	24.65	17,317.12
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.02.02	SOLADO PARA CIMENTOS, ZAPATAS, e=4", 1:12 CEMWORM	m2	344.96	33.71	11,628.60
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.03.01	ZAPATAS				
02.03.01.02	ZAPATAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	198.88	424.69	84,462.35
02.03.01.03	ZAPATAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	114.25	66.59	7,607.91
02.03.01.04	ZAPATAS.- ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	10,024.93	6.54	65,563.04
02.03.01.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	284.11	0.99	281.27
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION				
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENT.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	41.19	429.28	17,682.04
02.03.02.03	VIGAS DE CIMENT.- ENCOF. Y DESENCOF	m2	257.16	56.30	14,478.11
02.03.02.04	VIGAS DE CIMENT.- ACERO F _y =4,200 kg/cm ²	kg	7,121.09	6.54	46,571.93
02.03.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	53.18	0.99	52.65
02.03.03	LOSA DE CIMENTACION				
02.03.03.01	LOSA DE CIMENTACION.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	30.34	424.69	12,885.09
02.03.03.03	LOSA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	19.95	66.59	1,328.47
02.03.03.04	LOSA DE CIMENTACION.- ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	1,522.82	6.54	9,959.24
02.03.03.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	28.50	0.99	28.22
02.03.06	COLUMNAS				
02.03.06.01	COLUMNAS.- CONCRETO f _c =175 kg/cm ²	m3	29.84	442.17	13,194.35
02.03.06.03	COLUMNAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² C/ADIT/PLASTIFICANTE-CAR,	m3	43.07	406.69	17,516.14
02.03.06.04	COLUMNAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ² C/ADIT/PLASTIFICANTE-CAR,	m3	97.19	430.15	41,806.28
02.03.06.06	COLUMNAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	330.81	77.51	25,641.08
02.03.06.07	COLUMNAS.- ENCOFRADO-DESENCOFRADO CARAVISTA C/ADITIVO	m2	1,137.86	80.06	91,097.07
02.03.06.08	COLUMNAS, ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	39,169.59	6.54	256,169.12
02.03.06.09	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	1,443.67	0.99	1,429.23
02.03.08	LOSAS				
02.03.08.02	LOSA ALIGERADA				
02.03.08.02.01	LOSA ALIGERADA.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m3	30.84	390.52	12,043.64
02.03.08.02.02	LOSA ALIGERADA.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	60.86	413.98	25,194.82
02.03.08.02.03	LOSA ALIGERADA.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (UNA DIRECCION)	m2	1,013.99	56.02	56,803.72
02.03.08.02.04	LOSA ALIGERADA.- ACERO f _y =4200 kg/cm ²	kg	6,477.05	6.54	42,359.91
02.03.08.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	2,027.97	0.99	2,007.69
02.03.08.02.06	LOSA ALIGERADA.- LADR. HUECO 15x30x30	und	6,912.00	3.71	25,643.52
02.03.08.02.07	LOSA ALIGERADA.- LADR. HUECO 20X30X30	und	1,535.00	4.73	7,260.55
03.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
03.01.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA M:1:1.4 E=1.5 cm	m2	396.78	134.37	53,315.33
03.01.02	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M:1:1.4 E=1.5 cm	m2	196.83	85.42	16,813.22
03.01.05	ALAMBRE #8 REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS	kg	223.51	9.00	2,011.59
03.01.06	MURO DRYWALL ESPESOR = 10CM	m2	19.39	107.66	2,087.53
03.02	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
03.02.01	TARRAJEO PRIMARIO, MORTERO C:A 1:5	m2	110.53	27.18	3,004.21
03.02.02	TARRAJEO EN MURO : INTERIOR Y EXTERIOR, MEZCLA C:A 1:5 E=1.5cm	m2	1,027.82	36.76	37,782.66
03.02.03	TARRAJEO EN MUROS EXT. A PARTIR 2do. PISO, MEZCLA C:A 1:5 E=1.5cm	m2	273.22	44.55	12,171.95
03.02.07	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS (1:5), e=25cm	m	157.18	21.86	3,435.95
03.02.08	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS (1:5), e=15cm	m	8.40	18.46	155.06
03.02.09	BRUÑAS SEGUN DETALLE (1 x 1 cm)	m	1,659.16	4.41	7,316.90
03.02.11	FORJADO Y REVESTIMIENTO DE MESA C:A 1:4	m2	22.05	34.47	760.06
03.03	REVESTIMIENTOS				
03.03.01	REVESTIMIENTO DE TERRAZO PULIDO e=10mm EN MESA	m2	22.05	183.33	4,042.43

Nota. La presente figura detalla el desagregado de partidas que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante el método tradicional, cuya variabilidad afecta directamente al plazo y costo de la ejecución de obra; Fuente, Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES CRITICAS - METODO TRADICIONAL

MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. RICARDO PALMA DEL CENTRO POBLADO LA CAPILLA, DISTRITO DE TATE – ICA

ITEM	ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA RUTA CRITICA	PRESUPUESTO - METODO TRADICIONAL			
		UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
03.03.02	REVESTIMIENTO C/CEMENTO PULIDO PASO Y CONTRAPASO	m	125.40	39.31	4,929.47
03.03.03	ACABADO DE DESCANSO CEMENTO PULIDO	m2	21.66	30.03	650.45
03.08	COBERTURA				
03.08.01	CUB.DE LADR.PASTELERO ASENTADO CON BARRO e=2"C/FRAGUA	m2	415.60	46.79	19,445.92
03.08.02	IMPERMEAB. DE TECHOS CON PINTURA ASFALTICA	m2	415.60	6.26	2,601.66
03.08.03	JUNTA DE DILATACION EN COB.LAD.PAST.C/MORTERO ASFALTICO	m	211.20	4.42	933.50
03.10	CARPINTERIA METALICA Y HERRERIA				
03.10.01	CARPINTERIA DE FIERRO				
03.10.01.20	VENTANA DE FIERRO V-08 - ESCALERA	und	1.00	1,055.84	1,055.84
03.10.01.22	VENTANA DE FIERRO V-33 - ESCALERA	und	2.00	2,296.34	4,592.68
03.10.02	BARANDAS, PASAMANOS CANTONERAS Y PROTECTORES				
03.10.02.01	BARANDA METALICA	m	23.40	827.71	19,368.41
03.10.02.02	PASAMANO METALICO	m	49.32	94.95	4,682.93
03.10.02.03	CANTONERA DE FIERRO EN ESCALERA	m	125.40	144.86	18,165.44
03.10.03	CARPINTERIA DE ALUMINIO				
03.10.03.01	MAMPARA DE ALUMINIO				
03.10.03.01.01	MAMPARA DE CRISTAL TEMPLADO 8 MM C/ESTRUCTURA DE ALUMINIO – INCLUYE	m2	9.76	458.38	4,473.79
03.10.03.02	VENTANAS DE ALUMINIO				
03.10.03.02.01	VENTANA DE CRISTAL TEMPLADO 6MM CON ACCESORIOS DE ALUMINIO -INCL.	m2	220.35	267.41	58,923.79
03.10.03.03	PARASOLES METALICOS EN FACHADA	m2	173.39	422.30	73,222.60
03.13	PINTURAS				
03.13.01	SELLADO DE CONCRETO CARAVISTA	m2	556.15	10.62	5,906.31
03.13.02	PINTURA LATEX 2 MANOS CIELO RASO Y VIGAS	m2	1,105.45	20.09	22,208.49
03.13.03	PINTURA LATEX 2 MANOS EN MURO:INTERIOR Y EXTERIOR	m2	1,068.38	15.78	16,859.04
03.13.04	PINTURA LATEX 2 MANOS EN MUROS EXT.A PARTIR 2DO.PISO	m2	273.22	18.81	5,139.27
03.13.05	PINTURA LATEX 2 MANOS EN COLUMNAS (2 MANOS)	m2	384.87	20.09	7,732.04
03.13.07	PINTURA BARNIZ EN CARPINTERIA DE MADERA	m2	34.19	52.49	1,794.63
	SECTOR 04				
	ESTRUCTURA				
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.08	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.08.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	393.02	2.25	884.30
01.01.08.02	REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	842.62	3.30	2,780.65
02	ESTRUCTURA				
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.01	EXCAVACIONES				
02.01.01.01	EXCAV. ZANJAS Y ZAPATA Rt<2kg/cm2 hmáx.=1.6m	m3	686.42	33.80	23,201.00
02.01.02	RELLENOS				
02.01.02.01	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	m3	16.77	36.79	616.97
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PRESTAMO AFIRMADO	m3	290.86	65.95	19,182.22
02.01.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO				
02.01.03.01	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO PARA F.PISO,PATIO Y VEREDAS	m2	281.09	5.56	1,562.86
02.01.03.02	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS,PATIOS Y VEREDAS,COMPACTADO	m2	42.73	11.00	470.03
02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				
02.01.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	837.07	19.89	16,649.32
02.01.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	m3	837.07	24.65	20,633.78
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.02.02	SOLADO PARA CIMIENTOS, ZAPATAS, e=4", 1:12 CEM/HORM	m2	426.48	33.71	14,376.64
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.03.01	ZAPATAS				
02.03.01.02	ZAPATAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	90.79	424.69	38,557.61
02.03.01.03	ZAPATAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	60.98	66.59	4,060.66
02.03.01.04	ZAPATAS.- ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	4,288.77	6.54	28,048.56
02.03.01.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	129.70	0.99	128.40
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION				
02.03.02.01	VIGAS DE CIMENT.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm2	m3	46.14	405.82	18,724.53
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENT.- ENCOF. Y DESENCOF	m2	329.60	56.30	18,556.48
02.03.02.04	VIGAS DE CIMENT.- ACERO F _y =4,200 kg/cm2	kg	8,960.51	6.54	58,601.74
02.03.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	329.60	0.99	326.30
02.03.03	LOSA DE CIMENTACION				
02.03.03.01	LOSA DE CIMENTACION.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	196.15	424.69	83,302.94
02.03.03.03	LOSA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	96.22	66.59	6,407.29
02.03.03.04	LOSA DE CIMENTACION.- ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	9,865.47	6.54	64,520.17
02.03.03.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	137.46	0.99	136.09
02.03.05	PLACAS				
02.03.05.02	PLACAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm2 C/ADIT/PLASTIFICANTE-CARAVIS	m3	7.81	406.69	3,176.25
02.03.05.03	PLACAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2 C/ADIT/PLASTIFICANTE-CARAVIS	m3	17.62	430.15	7,579.24
02.03.05.05	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA C/ADITIVO	m2	194.25	90.06	17,494.16
02.03.05.06	PLACAS, ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	4,292.63	6.54	28,073.80
02.03.05.07	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	194.25	0.99	192.31

Nota. La presente figura detalla el desagregado de partidas que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante el método tradicional, cuya variabilidad afecta directamente al plazo y costo de la ejecución de obra; Fuente, Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

Diagrama de Gantt del método tradicional

El diagrama de Gantt elaborado bajo el método tradicional para el proyecto se caracteriza por lo siguiente:

- **Estructura secuencial:** Las actividades están organizadas en una lógica lineal, donde cada tarea depende de la finalización de la anterior, limitando el trabajo simultáneo entre especialidades.
- **Interdependencia rígida:** La falta de integración entre especialidades obligó a programar las partidas de instalaciones eléctricas, sanitarias y acabados sólo después de finalizada completamente la albañilería.
- **Escasa superposición:** Las barras del cronograma muestran mínimas actividades en paralelo, aumentando la duración global.

Tabla 3

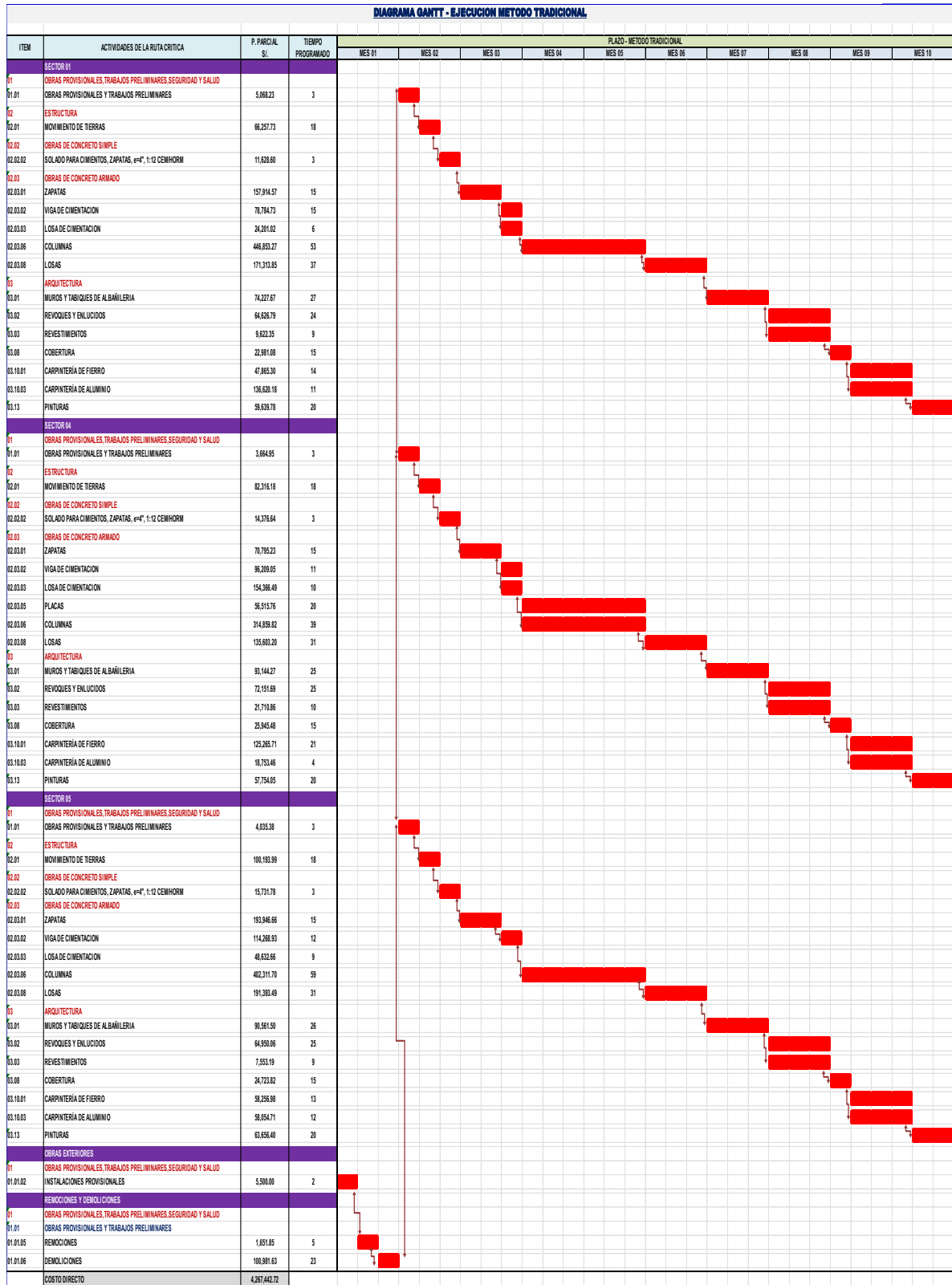
Resumen de partidas del diagrama de Gantt tradicional

Resumen del diagrama de Gantt tradicional			
Actividad	Inicio	Fin	Dependencia
Preparación de terreno	Día 1	Día 20	—
Movimiento de tierras	Día 21	Día 50	Finaliza Preparación de terreno
Cimentación	Día 51	Día 120	Finaliza Movimiento de tierras
Albañilería	Día 121	Día 170	Finaliza Cimentación
Instalaciones eléctricas	Día 171	Día 210	Finaliza Albañilería
Instalaciones sanitarias	Día 211	Día 250	Finaliza Albañilería
Acabados	Día 251	Día 290	Finaliza Instalaciones
Recepción y cierre	Día 291	Día 300	Finaliza Acabados

Nota. La presente tabla detalla los plazos de ejecución de las actividades. Elaboración Propia.

Figura 4

Diagrama de Gantt del proyecto-método tradicional



Nota. El presente diagrama Gantt muestra las actividades que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante el método tradicional; Fuente. Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

Cronograma valorizado de obra

Tabla 4

Resumen de las valorizaciones del proyecto-método tradicional

Resumen del cronograma valorizado de Obra - Tradicional					
N°	Mes	Actividad principal	Valorización mensual (S/.)	% del total mensual	% acumulado
1	1	Obras preliminares	400,000	2.88%	2.88%
2	2	Obras preliminares	600,000	4.32%	7.20%
3	3	Movimiento de tierras	600,000	4.32%	11.52%
4	4	Cimentación	1,440,000	10.37%	21.90%
5	5	Cimentación	1,920,000	13.82%	35.72%
6	6	Cimentación	1,440,000	10.37%	46.10%
7	7	Albañilería	1,500,000	10.80%	56.92%
8	8	Albañilería	1,500,000	10.80%	67.74%
9	9	Instalaciones eléctricas	550,000	3.96%	71.63%
10	10	Instalaciones sanitarias	450,000	3.24%	74.96%
11	11	Instalaciones finales	550,000	3.96%	78.90%
12	12	Acabados	900,000	6.48%	85.39%
13	13	Acabados	900,000	6.48%	91.88%
14	14	Equipamiento y Recepción	1,131,746.83	8.12%	100%

Nota. La presente tabla resume con cronograma valorizado en costos y porcentajes, mediante el método tradicional, Elaboración Propia.

En el método tradicional, el cronograma de obra valorizado fue elaborado de forma secuencial y manual, considerando el metrado convencional y una programación física lineal, sin herramientas digitales de integración de disciplinas. Este cronograma define tanto el avance físico como el financiero esperado para la ejecución del proyecto.

Características principales

- Programación rígida: Cada actividad inicia solo cuando concluye la anterior.

- **Mínima superposición:** Las especialidades no trabajan en paralelo por riesgo de interferencias no detectadas previamente.
- **Dependencia de experiencia:** El cronograma depende de la experiencia del planificador y de estimaciones manuales de rendimiento.
- **Flujo financiero irregular:** La distribución mensual de las valorizaciones presenta picos y caídas en el gasto mensual.

Distribución general del avance

El flujo de valorizaciones evidencia una fuerte concentración de gasto en la mitad inicial del proyecto (estructuras y albañilería), lo cual es característico de la programación tradicional. Las instalaciones inician recién en la segunda mitad, generando un retraso acumulativo en las partidas finales.

Comportamiento físico-financiero

- **Inicio del proyecto (meses 1-3):** Se ejecutaron las obras preliminares y movimiento de tierras, representando el 11.52% del total.
- **Etapla estructural (meses 4-6):** Se ejecutaron las cimentaciones y estructuras, acumulando el 46.10% del presupuesto.
- **Albañilería (meses 7-8):** Continuó el avance con muros y tabiquerías, alcanzando el 67.74% acumulado.
- **Instalaciones (meses 9-11):** Las especialidades de electricidad y sanitarias se ejecutaron posterior a la albañilería.
- **Acabados y equipamiento (meses 12-14):** Los acabados, mobiliario y recepción cerraron la obra, completando el 100% del presupuesto.

Problemas observados durante la ejecución

- Desfase de especialidades: Las instalaciones no pudieron anticiparse debido a la falta de integración previa en los planos.
- Paralizaciones por interferencias: Los conflictos detectados en obra generaron solicitudes de adicionales y ampliaciones de plazo.
- Desbalance financiero: Algunos meses concentraron altos montos de valorización, mientras otros tuvieron actividad reducida.
- Dificultad de control preventivo: Al no contar con un modelo paramétrico, cualquier modificación en obra implicaba recálculo manual de metrados y costos.

Resumen cuantitativo del cronograma valorizado

- Duración total: 14 meses (415 días calendario)
- Costo total valorizado: S/. 13,881,746.83
- Promedio mensual de ejecución: S/. 991,553 aproximadamente.
- Picos máximos de valorización: Meses 5, 6 y 7, coincidiendo con etapa estructural y albañilería.

Adicionales, deductivos y ampliación de plazos del proyecto

Tabla 5

Resumen de adicionales, deductivos y ampliaciones de plazo

Cuadro comparativo del presupuesto tradicional vs BIM				
N.º	Tipo	Descripción técnica	Monto (S/.)	% sobre presupuesto base (S/ 13,881,746.83)
A-01	Adicional	Cerco perimétrico y replanteo preliminar	3,724.37	0.03%
A-02	Adicional	Sobre cimientos y muro de contención	19,408.43	0.14%
A-03	Adicional	Canal de concreto armado	-43.37	0.00%
A-04	Adicional	Instalaciones eléctricas adicionales	137,357.97	0.99%
A-05	Adicional	Elevador para discapacitados	70,181.81	0.51%
A-06	Adicional	Mecheros laboratorio	-9,908.79	-0.07%
D-01	Deductivo	Reducción instalaciones eléctricas	-186,816.20	-1.35%
D-02	Deductivo	Supresión elevadora discapacitados	-49,714.43	-0.36%
D-03	Deductivo	Supresión mecheros laboratorio	-10,229.96	-0.07%
D-04	Deductivo	Ajuste canal concreto armado	-3,072.25	-0.02%
P-01	Ampliación de plazo N.º 1	Cerco y replanteo	5,808.15	0.04%
P-02	Ampliación de plazo N.º 2	Atraso por interferencias	66,793.71	0.48%
P-03	Ampliación de plazo N.º 3	Tiempos de espera por diseño	34,848.89	0.25%
P-04	Ampliación de plazo N.º 4	Rediseños y coordinación	110,354.83	0.80%
P-05	Ampliación de plazo N.º 5	Equipamiento especial y pruebas	116,162.98	0.84%
Total, adicional neto			S/ 554,688.98	4.00%

Nota. La presente tabla detalla la variación en costo y tiempo que ha sufrido el proyecto debido a la ejecución mediante el método tradicional, Elaboración Propia

Durante la ejecución del proyecto bajo el enfoque tradicional, se registraron importantes modificaciones contractuales que reflejan debilidades técnicas y de planificación en la etapa previa a la construcción. Estas modificaciones se manifestaron en forma de adicionales presupuestarios, deductivos y cinco ampliaciones de plazo, los cuales impactaron significativamente en el costo final y la duración del proyecto.

En el aspecto presupuestal, se incorporaron adicionales equivalentes a S/ 221,699.01, representando un incremento del 1.60 % respecto al presupuesto base contratado (S/ 13,881,746.83). Estas partidas adicionales surgieron por omisiones en el expediente técnico y deficiente coordinación entre especialidades, tales como: modificaciones en instalaciones eléctricas, implementación del cerco perimétrico, incorporación de sobrecimientos, canal de concreto armado, elevador para discapacitados y equipos menores como mecheros de laboratorio. Estas situaciones denotan una falta de análisis detallado en los estudios previos y un limitado control del modelado constructivo.

Por otro lado, se realizaron deductivos por un total de S/ 249,832.84, lo que representa una disminución del 1.80 % del presupuesto original. Estas deducciones fueron producto de metrados sobreestimados, supresión de partidas no ejecutadas y ajustes a diseños que no correspondían a las condiciones reales del terreno o de obra. Si bien los deductivos aliviaron parte del incremento presupuestal, no compensaron totalmente el impacto generado por los adicionales ni por los efectos indirectos de las reprogramaciones.

Asimismo, el impacto más crítico se evidenció en el componente temporal del contrato. Se tramitaron cinco ampliaciones de plazo, que en conjunto sumaron 115 días adicionales, lo que implica una variación del 38.33 % sobre los 300 días calendarios inicialmente establecidos. Las causas principales fueron:

- Replanteos físicos no previstos (A.P. 01),
- Condiciones de cimentación no detectadas (A.P. 02),
- Construcción no contemplada del canal pluvial (A.P. 03),
- Interferencias entre instalaciones técnicas (A.P. 04),
- Incorporación tardía de un ascensor de tres niveles (A.P. 05).

Estas ampliaciones no solo prolongaron el cronograma, sino que también generaron un gasto adicional de S/ 333,022.13 por concepto de gastos generales variables, costos indirectos, paralizaciones de personal y retrasos logísticos. Esto elevó el costo total del proyecto bajo el método tradicional a S/ 14,436,435.81, lo cual implica un incremento real de S/ 554,688.98 respecto al monto original.

Además del impacto directo en tiempo y costo, estas modificaciones contractuales bajo el método tradicional revelan una carencia estructural en los procesos de formulación, revisión y validación de expedientes técnicos en obras públicas. La fragmentación entre especialidades, la falta de entornos colaborativos y la ausencia de simulaciones integradas dificultan la detección temprana de inconsistencias. En ese sentido, la metodología BIM no solo representa una herramienta de modelado, sino un sistema de gestión integral que permite tomar decisiones basadas en datos precisos y anticipados. Su implementación no debe considerarse como una opción tecnológica aislada, sino como una política técnica indispensable para garantizar eficiencia, transparencia y sostenibilidad en la inversión pública. Los hallazgos obtenidos en esta investigación, por tanto, no solo evidencian las ventajas operativas de BIM, sino que plantean la necesidad de su adopción como estándar obligatorio en proyectos de infraestructura educativa ejecutados por entidades estatales.

Fotos del proceso constructivo

Figura 6

Proceso constructivo de la losa deportiva



Nota. La imagen muestra el proceso constructivo de la losa deportiva con una cobertura de estructura metálica, Elaboración Propia.

Figura 5

Proceso constructivo de los pabellones de la Institución Educativa



Nota. La imagen muestra el proceso constructivo del proyecto, evidenciándose los pabellones correspondientes, Elaboración Propia.

Figura 7

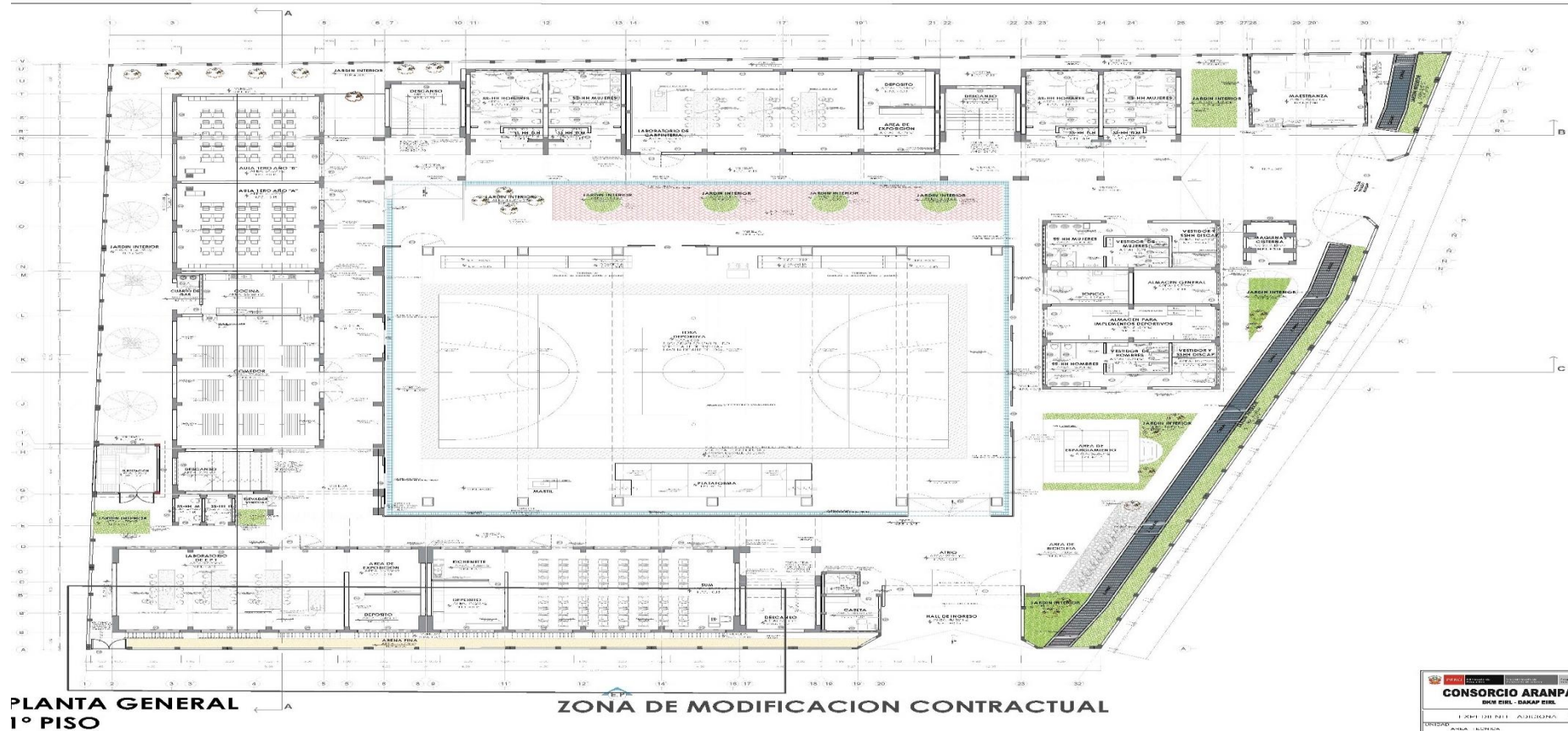
Equipo de profesionales involucrados en la obra



Nota. Elaboración Propia.

Figura 8

Plano en planta del proyecto



Nota. La imagen muestra la distribución de todos los emplazamientos y pabellones el cual describe gráficamente el alcance del proyecto, Fuente. Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

5.1.2. Metodología BIM

Presupuesto metodología BIM

El presupuesto BIM fue generado a partir del modelo paramétrico 5D, el cual integra:

- Geometría tridimensional precisa.
- Información de cantidades (metrados automáticos).
- Costos vinculados directamente a cada elemento del modelo.

Se caracteriza por:

- **Metrados paramétricos automáticos:** Las cantidades fueron generadas directamente del modelo BIM usando el programa Revit, reduciendo así errores humanos.
- **Integración multidisciplinaria:** Los metrados incluyen la coordinación de arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias.
- **Reducción de omisiones:** Las interferencias fueron detectadas y solucionadas en la etapa de modelado, minimizando adicionales en obra.
- **Actualización dinámica 5D:** Los cambios en el modelo actualizaron automáticamente el presupuesto, permitiendo ajustes en tiempo real.
- **Transparencia y trazabilidad:** Cada componente presupuestal tiene un respaldo gráfico y paramétrico dentro del modelo digital.

Tabla 6*Resumen del presupuesto-método BIM*

Resumen de presupuesto BIM del proyecto		
Partida principal	Monto estimado (S/.)	Porcentaje del total (%)
Presupuesto Contratado – Inicial	13,881,746.83	100.00 %
Presupuesto A-04 Instalaciones Eléctricas	137,357.97	1.00 %
Reducción de Presupuesto por Implementación de la Metodología BIM	- 325,699.58	2.38 %
Total, presupuesto	13,693,405.22	98.62 %

Nota. La presente tabla resume los costos y porcentajes de las partidas que pertenece a la ruta crítica del programa de ejecución mediante la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

Durante el análisis económico del modelo desarrollado bajo la metodología BIM (Building Information Modeling), se identificaron dos ajustes contractuales relevantes. En primer lugar, se presentó un adicional por un monto de S/ 137,357.97, equivalente al 1.00 % del presupuesto BIM total (S/ 13,693,405.22). Este adicional no fue generado por deficiencias del entorno BIM, sino se originaron por errores técnicos en los diseños propios de ingeniería del expediente inicial, atribuible a errores humanos durante la elaboración del expediente técnico y sus diversos estudios antes del modelado tridimensional. Este tipo de error evidencia que, si bien BIM optimiza la coordinación y detección de interferencias, no sustituye la validación técnica de los datos iniciales ni corrige automáticamente errores en los criterios de cálculo aplicados por los proyectistas.

En segundo lugar, se registró un deductivo de –S/ 325,699.58, correspondiente a un ahorro del 2.38 % del presupuesto contratado originalmente bajo el método tradicional (S/ 13,881,746.83). Esta reducción fue consecuencia directa del uso de herramientas BIM como Revit, que permitieron realizar un análisis preciso de metrados a partir del modelo digital tridimensional (LOD 400). Gracias a esta precisión, se eliminaron duplicidades en cantidades, se ajustaron dimensiones a condiciones reales del proyecto y se corrigieron partidas sobrestimadas. Este proceso reveló que el expediente técnico original, formulado bajo el enfoque convencional, contenía partidas infladas o no justificadas técnicamente.

Estos resultados evidencian que la metodología BIM, al integrarse con plataformas paramétricas de modelado y metrado automático, permite no solo anticipar interferencias técnicas, sino también optimizar la cuantificación de partidas, reduciendo sobrecostos innecesarios. No obstante, también se demostró que BIM no es infalible frente a errores humanos de cálculo o criterios de diseño mal fundamentados; por ello, su implementación debe ir acompañada de procesos de revisión técnica rigurosa en las fases preliminares del proyecto.

En resumen, aunque se presentó un adicional menor bajo BIM debido a una falencia de ingeniería estructural, este fue ampliamente compensado por el ahorro derivado del deductivo técnico. La diferencia neta entre ambos conceptos representa una mejora presupuestal total de S/ 188,341.61, lo que confirma el valor estratégico del modelado BIM como herramienta de control económico, siempre que se garantice una base técnica sólida en el diseño inicial.

Figura 9

Presupuesto elaborado por metodología BIM

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES CRÍTICAS - METODOLOGIA BIM					
MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. RICARDO PALMA DEL CENTRO POBLADO LA CAPILLA, DISTRITO DE TATE - ICA					
ITEM	ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA RUTA CRITICA	PRESUPUESTO - METODOLOGIA BIM			
		UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
SECTOR 01					
ESTRUCTURAS					
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.08	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.08.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	344.96	2.25	776.16
01.01.08.02	REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	1,240.00	3.30	4,092.00
02	ESTRUCTURA				
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.01	EXCAVACIONES				
02.01.01.01	EXCAV. ZANJAS Y ZAPATA Rt<2kg/cm2 hmáx. =1.6m	m3	580.66	27.87	16,182.99
02.01.02	RELLENOS				
02.01.02.01	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	m3	18.64	36.79	685.77
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PRESTAMO AFIRMADO	m3	233.15	65.95	15,376.24
02.01.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO				
02.01.03.01	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO PARA F.PISO,PATIO Y VEREDAS	m2	258.38	5.56	1,436.59
02.01.03.02	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS,PATIOS Y VEREDAS,COMPACTADO	m2	116.90	11.00	1,285.90
02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				
02.01.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	702.52	19.89	13,973.12
02.01.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	m3	702.52	24.65	17,317.12
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.02.02	SOLADO PARA CIMIENTOS, ZAPATAS, e=4", 1:12 CEM/HORM	m2	344.96	33.71	11,628.60
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.03.01	ZAPATAS				
02.03.01.02	ZAPATAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	215.69	424.69	91,601.39
02.03.01.03	ZAPATAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFADO	m2	118.20	66.59	7,870.94
02.03.01.04	ZAPATAS.- ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	9,423.43	6.54	61,629.23
02.03.01.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	325.10	0.99	321.85
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION				
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENT.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	51.92	429.28	22,288.21
02.03.02.03	VIGAS DE CIMENT.- ENCOF. Y DESENCOF	m2	254.61	56.30	14,334.54
02.03.02.04	VIGAS DE CIMENT.- ACERO F _y =4,200 kg/cm2	kg	6,998.40	6.54	45,769.54
02.03.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	75.95	0.99	75.19
02.03.03	LOSA DE CIMENTACION				
02.03.03.01	LOSA DE CIMENTACION.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	45.94	424.69	19,510.25
02.03.03.03	LOSA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFADO	m2	23.51	66.59	1,565.53
02.03.03.04	LOSA DE CIMENTACION.- ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	1,497.20	6.54	9,791.69
02.03.03.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	35.40	0.99	35.05
02.03.06	COLUMNAS				
02.03.06.01	COLUMNAS.- CONCRETO f _c =175 kg/cm2	m3	25.40	442.17	11,231.12
02.03.06.03	COLUMNAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm2 C/ADIT/PLASTIFICANTE-CAR.	m3	48.02	406.69	19,529.26
02.03.06.04	COLUMNAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2 C/ADIT/PLASTIFICANTE-CAR.	m3	95.40	430.15	41,036.31
02.03.06.06	COLUMNAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFADO	m2	257.50	77.51	19,958.82
02.03.06.07	COLUMNAS.- ENCOFRADO-DESENCOFADO CARAVISTA C/ADITIVO	m2	1,130.51	80.06	90,508.63
02.03.06.08	COLUMNAS, ACERO F _y =4200 kg/cm2	kg	37,211.11	6.54	243,360.66
02.03.06.09	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	1,423.62	0.99	1,409.38
02.03.08	LOSAS				
02.03.08.02	LOSA ALIGERADA				
02.03.08.02.01	LOSA ALIGERADA.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm2	m3	31.52	390.52	12,309.19
02.03.08.02.02	LOSA ALIGERADA.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm2	m3	60.45	413.98	25,025.09
02.03.08.02.03	LOSA ALIGERADA.- ENCOFRADO Y DESENCOFADO (UNA DIRECCION)	m2	1,098.51	56.02	61,538.53
02.03.08.02.04	LOSA ALIGERADA.- ACERO f _y =4200 kg/cm2	kg	6,282.74	6.54	41,089.11
02.03.08.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	1,897.50	0.99	1,878.52
02.03.08.02.06	LOSA ALIGERADA.- LADR. HUECO 15x30x30	und	6,909.00	3.71	25,632.39
02.03.08.02.07	LOSA ALIGERADA.- LADR. HUECO 20x30x30	und	1,535.00	4.73	7,260.55
03.01	ARQUITECTURA				
03.01.01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA				
03.01.01	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV CABEZA M-1:1.4 E=1.5 cm	m2	389.54	134.37	52,342.49
03.01.02	MURO DE LADRILLO KK TIPO IV SOGA M-1:1.4 E=1.5 cm	m2	195.84	85.42	16,728.65
03.01.05	ALAMBRE # 8 REFUERZO HORIZONTAL EN MUROS	kg	221.54	9.00	1,993.85
03.01.06	MURO DRYWALL ESPESOR = 10CM	m2	29.84	107.66	3,212.57
03.02	REVOQUES Y ENLUCIDOS				
03.02.01	TARRAJEO PRIMARIO, MORTERO C:A 1:5	m2	120.86	27.18	3,284.97
03.02.02	TARRAJEO EN MURO - INTERIOR Y EXTERIOR ,MEZCLA C:A 1:5 E=1.5cm	m2	1,057.90	36.76	38,888.40
03.02.03	TARRAJEO EN MUROS EXT. A PARTIR 2do. PISO , MEZCLA C:A 1:5 E=1.5cm	m2	251.90	44.55	11,222.15
03.02.07	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS (1:5) , e=25cm	m	164.20	21.86	3,589.41
03.02.08	VESTIDURA DE DERRAMES EN VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS (1:5) , e=15cm	m	17.98	18.46	331.91
03.02.09	BRUÑAS SEGUN DETALLE (1 x 1 cm)	m	1,659.16	4.41	7,316.90
03.02.11	FORJADO Y REVESTIMIENTO DE MESA C:A 1:4	m2	22.05	34.47	760.06
03.03	REVESTIMIENTOS				
03.03.01	REVESTIMIENTO DE TERRAZO PULIDO e=10mm EN MESA	m2	20.10	183.33	3,684.92

Nota. La presente figura detalla el desgajado de partidas que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante la implementación de la metodología BIM, cuya variabilidad afecta directamente al plazo y costo de la ejecución de obra; Fuente, Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

Figura 10

Presupuesto elaborado por metodología BIM

PRESUPUESTO DE ACTIVIDADES CRITICAS - METODOLOGIA BIM					
MEJORAMIENTO DE LA PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE LA I.E. RICARDO PALMA DEL CENTRO POBLADO LA CAPILLA, DISTRITO DE TATE – ICA- ICA					
ITEM	ACTIVIDADES QUE PERTENECEN A LA RUTA CRITICA	PRESUPUESTO - METODOLOGIA BIM			
		UND	METRADO	PRECIO	PARCIAL
03.03.02	REVESTIMIENTO C/CEMENTO PULIDO PASO Y CONTRAPASO	m	135.80	39.31	5,338.30
03.03.03	ACABADO DE DESCANSO CEMENTO PULIDO	m2	23.50	30.03	705.71
03.08	COBERTURA				
03.08.01	CUB.DE LADR.PASTELERO ASENTADO CON BARRO e=2"C/FRAGUA	m2	415.60	46.79	19,445.92
03.08.02	IMPERMEAB. DE TECHOS CON PINTURA ASFALTICA	m2	415.60	6.26	2,601.66
03.08.03	JUNTA DE DILATAACION EN COB.LAD.PAST.C/MORTERO ASFALTICO	m	211.20	4.42	933.50
03.10	CARPINTERIA METÁLICA Y HERRERIA				
03.10.01	CARPINTERIA DE FIERRO				
03.10.01.20	VENTANA DE FIERRO V-08 - ESCALERA	und	1.00	1,055.84	1,055.84
03.10.01.22	VENTANA DE FIERRO V-33 - ESCALERA	und	2.00	2,296.34	4,592.68
03.10.02	BARANDAS, PASAMANOS CANTONERAS Y PROTECTORES				
03.10.02.01	BARANDA METALICA	m	24.10	827.71	19,947.81
03.10.02.02	PASAMANO METALICO	m	48.70	94.95	4,624.07
03.10.02.03	CANTONERA DE FIERRO EN ESCALERA	m	123.54	144.86	17,896.00
03.10.03	CARPINTERIA DE ALUMINIO				
03.10.03.01	MAMPARA DE ALUMINIO				
03.10.03.01.01	MAMPARA DE CRISTAL TEMPLADO 8 MM C/ESTRUCTURA DE ALUMINIO – INCLUYE	m2	9.76	458.38	4,473.79
03.10.03.02	VENTANAS DE ALUMINIO				
03.10.03.02.01	VENTANA DE CRISTAL TEMPLADO 6MM CON ACCESORIOS DE ALUMINIO -INCL.	m2	221.21	267.41	59,153.76
03.10.03.03	PARASOLES METALICOS EN FACHADA	m2	173.39	422.30	73,222.60
03.13	PINTURAS				
03.13.01	SELLADO DE CONCRETO CARAVISTA	m2	567.80	10.62	6,030.03
03.13.02	PINTURA LATEX 2 MANOS CIELO RASO Y VIGAS	m2	1,135.84	20.09	22,819.03
03.13.03	PINTURA LATEX 2 MANOS EN MURO:INTERIOR Y EXTERIOR	m2	1,065.81	15.78	16,818.48
03.13.04	PINTURA LATEX 2 MANOS EN MUROS EXT.A PARTIR 2DO.PISO	m2	249.80	18.81	4,698.74
03.13.05	PINTURA LATEX 2 MANOS EN COLUMNAS (2 MANOS)	m2	375.10	20.09	7,535.76
03.13.07	PINTURA BARNIZ EN CARPINTERIA DE MADERA	m2	34.14	52.49	1,792.01
	SECTOR 04				
	ESTRUCTURA				
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD				
01.01	OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES				
01.01.08	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO				
01.01.08.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	393.02	2.25	884.30
01.01.08.02	REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	m2	842.62	3.30	2,780.65
02	ESTRUCTURA				
02.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01.01	EXCAVACIONES				
02.01.01.01	EXCAV.ZANJAS Y ZAPATA Rt<2kg/cm2 hmáx.=1.6m	m3	665.70	33.80	22,500.66
02.01.02	RELLENOS				
02.01.02.01	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PROPIO	m3	15.40	36.79	566.57
02.01.02.02	RELLENO COMPACTADO C/EQUIPO MAT/PRESTAMO AFIRMADO	m3	289.50	65.95	19,092.53
02.01.03	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO				
02.01.03.01	NIVELACION INTERIOR Y APISONADO PARA F.PISO,PATIO Y VEREDAS	m2	247.90	5.56	1,378.32
02.01.03.02	AFIRMADO DE 4" PARA PISOS,PATIOS Y VEREDAS,COMPACTADO	m2	39.81	11.00	437.91
02.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE				
02.01.04.01	ACARREO INTERNO, MATERIAL PROCEDENTE DE EXCAVACIONES	m3	894.51	19.89	17,791.80
02.01.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINA	m3	894.51	24.65	22,049.67
02.02	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				
02.02.02	SOLADO PARA CIMENTOS, ZAPATAS, e=4", 1:12 CEM/HORM	m2	393.02	33.71	13,248.70
02.03	OBRAS DE CONCRETO ARMADO				
02.03.01	ZAPATAS				
02.03.01.02	ZAPATAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	88.95	424.69	37,776.18
02.03.01.03	ZAPATAS.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	61.56	66.59	4,099.28
02.03.01.04	ZAPATAS.- ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	4,074.33	6.54	26,646.13
02.03.01.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	127.40	0.99	126.13
02.03.02	VIGA DE CIMENTACION				
02.03.02.01	VIGAS DE CIMENT.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m3	44.50	405.82	18,058.99
02.03.02.02	VIGAS DE CIMENT.- ENCOF. Y DESENCOF	m2	298.70	56.30	16,816.81
02.03.02.04	VIGAS DE CIMENT.- ACERO F _y =4,200 kg/cm ²	kg	8,467.11	6.54	55,374.90
02.03.02.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	297.50	0.99	294.53
02.03.03	LOSA DE CIMENTACION				
02.03.03.01	LOSA DE CIMENTACION.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ²	m3	184.90	424.69	78,525.18
02.03.03.03	LOSA DE CIMENTACION.- ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	99.62	66.59	6,633.70
02.03.03.04	LOSA DE CIMENTACION.- ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	9,354.60	6.54	61,179.08
02.03.03.05	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	121.10	0.99	119.89
02.03.05	PLACAS				
02.03.05.02	PLACAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ² C/ADIT/PLASTIFICANTE-CARAVIS	m3	9.64	406.69	3,920.49
02.03.05.03	PLACAS.- CONCRETO PREMEZCLADO f _c =280 kg/cm ² C/ADIT/PLASTIFICANTE-CARAVIS	m3	16.40	430.15	7,054.46
02.03.05.05	PLACAS, ENCOFRADO Y DESENCOFRADO CARAVISTA C/ADITIVO	m2	194.21	90.06	17,490.55
02.03.05.06	PLACAS, ACERO F _y =4200 kg/cm ²	kg	4,056.54	6.54	26,529.74
02.03.05.07	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	184.21	0.99	182.37

Nota. La presente figura detalla el desagregado de partidas que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante la implementación de la metodología BIM, cuya variabilidad afecta directamente al plazo y costo de la ejecución de obra; Fuente, Expediente técnico “Mejoramiento de la prestación de los servicios educativos de la I.E. Ricardo Palma del centro poblado La capilla, distrito de Tate – Ica – Ica”.

Diagrama de Gantt del método BIM

El cronograma bajo la metodología BIM fue generado aplicando simulación 4D, integrando el modelo tridimensional con el tiempo de ejecución. Esta planificación permitió coordinar anticipadamente las interferencias entre especialidades y optimizar la ruta crítica.

Características principales del Gantt BIM:

- Planificación colaborativa: Arquitectura, estructuras e instalaciones modeladas simultáneamente.
- Alta superposición de actividades: Permite la ejecución paralela de partidas sin riesgo de interferencias.
- Optimización de secuencias: Las instalaciones avanzan en paralelo con la albañilería debido a la detección previa de cruces.
- Reducción del camino crítico: Se acortaron holguras innecesarias.
- Control visual de la ejecución: El cronograma se actualiza dinámicamente durante el avance de obra.

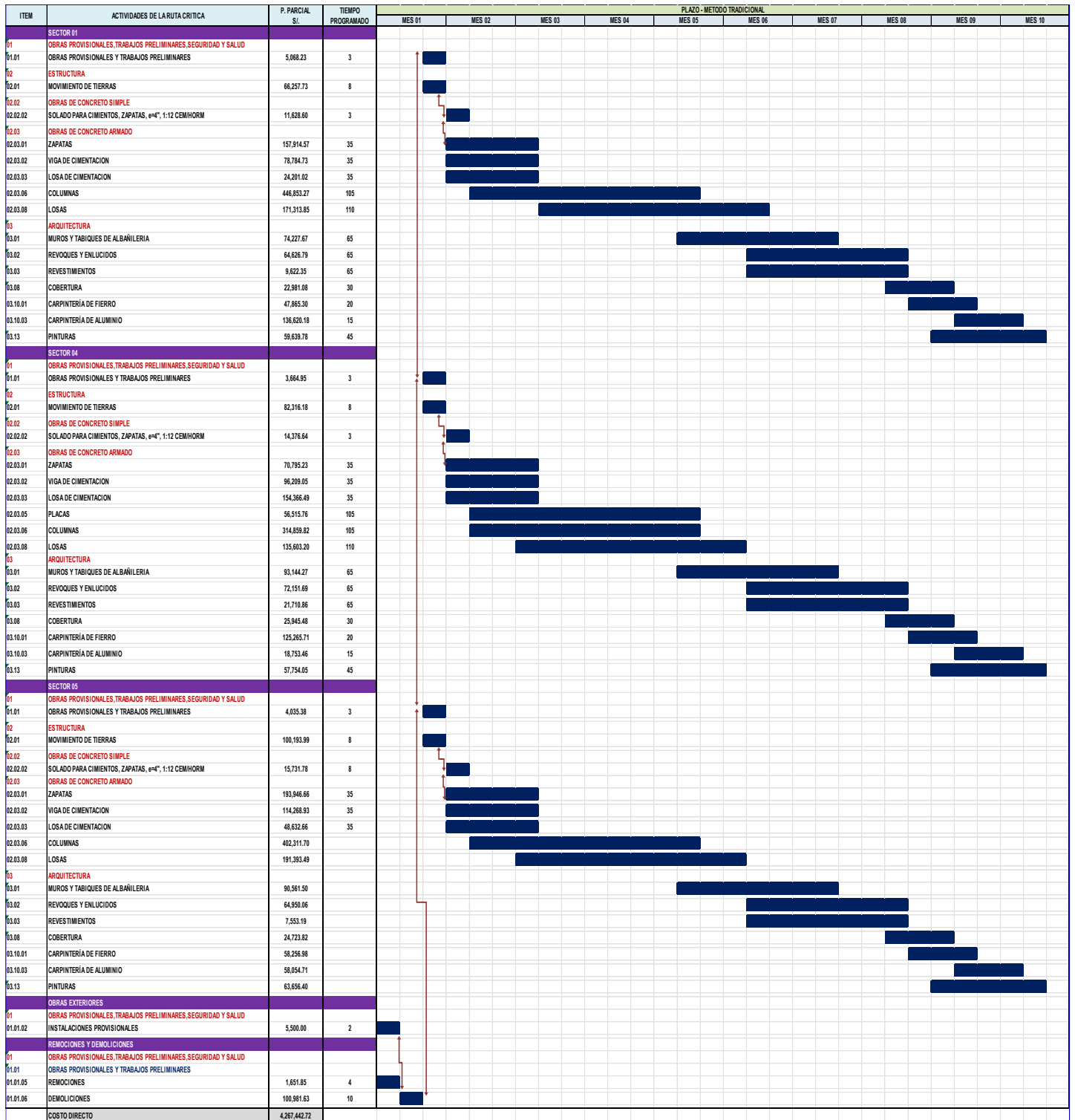
Tabla 7*Resumen del diagrama de Gantt-método BIM*

Resumen del diagrama de Gantt BIM			
Actividad	Inicio	Fin	Dependencia
Preparación de terreno	Día 1	Día 15	—
Movimiento de tierras	Día 10	Día 40	Inicia parcialmente
Cimentación	Día 30	Día 95	Inicia con avance de tierras
Albañilería	Día 80	Día 140	Inicia anticipadamente sobre cimentación parcial
Instalaciones eléctricas	Día 100	Día 160	Inicia paralelo a albañilería
Instalaciones sanitarias	Día 100	Día 160	Paralelo a instalaciones eléctricas
Acabados	Día 145	Día 275	Inicia con avance de instalaciones
Recepción y cierre	Día 276	Día 285	Fin de proyecto

Nota. La presente tabla detalla los plazos de ejecución de las actividades que pertenecen a la ruta crítica con la implementación de la metodología BIM. Elaboración Propia

Figura 11

Diagrama de Gantt elaborado bajo metodología BIM



Nota. El presente diagrama Gantt muestra las actividades que forman parte de la ruta crítica del programa de ejecución de obra mediante la implementación de la metodología BIM, nótese que todas las actividades ahora tienen holgura en el plazo; Fuente. Elaboración Propia.

Renderes del modelado en Revit

Figura 13

Render derivado de Revit-vista lateral de la losa deportiva



Nota. La imagen muestra el diseño arquitectónico de la losa deportiva, elaboración propia

Figura 17

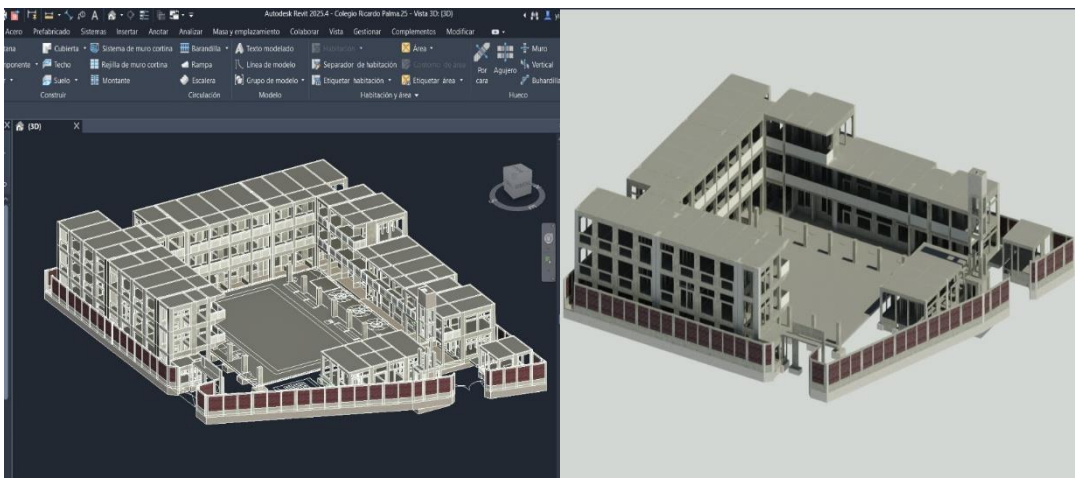
Render derivado de Revit-vista lateral de los pabellones



Nota. La imagen muestra el diseño arquitectónico de la fachada principal, elaboración propia

Figura 20

Render derivado de Revit-vista 3D del modelado de la Institución



Nota. La imagen muestra una vista isométrica del proyecto, elaboración propia

Cronograma valorizado método BIM

El cronograma valorizado bajo metodología BIM fue elaborado utilizando simulación 4D y modelado 5D, permitiendo integrar el tiempo y el costo de cada partida de forma paramétrica. Esta herramienta permitió optimizar tanto la programación física como el flujo financiero, reduciendo tiempos muertos y controlando interferencias desde la etapa de planificación.

Características principales

- Programación superpuesta: Las actividades se planificaron con un alto grado de simultaneidad gracias a la detección anticipada de interferencias.
- Integración multidisciplinaria: Arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias fueron coordinadas previamente dentro del modelo.
- Planificación predictiva: Se eliminaron las paradas de obra por conflictos técnicos, permitiendo un flujo de trabajo continuo.
- Flujo financiero balanceado: La valorización mensual presenta una curva S estable, con avance constante durante casi toda la obra.

Distribución general del avance

El flujo de valorizaciones en BIM se distribuyó de manera más uniforme, permitiendo avanzar en estructuras, albañilería e instalaciones en paralelo desde etapas tempranas.

Comportamiento físico-financiero

- Inicio del proyecto (meses 1-3): Obras preliminares, movimiento de tierras y cimentación inicial, alcanzando un 13.83% del total.
- Etapa estructural e instalaciones (meses 4-7): Se ejecutaron estructuras, albañilería e instalaciones en simultáneo, alcanzando el 58.84% acumulado.

- Acabados e instalaciones finales (meses 8-10): Continuaron acabados y los tramos finales de instalaciones, llegando al 89.07%.
- Equipamiento, pruebas y cierre (meses 11-12): Culminación del equipamiento, detalles finales y recepción, completando el 100%.

Ventajas observadas durante la ejecución

- Reducción de ampliaciones de plazo: No se registraron paralizaciones por conflictos constructivos.
- Menor generación de adicionales: Las partidas de instalaciones y acabados se ejecutaron según lo previsto en el modelo federado.
- Flujo financiero continuo: Evitó picos extremos de valorización mensual, optimizando el manejo de recursos económicos.
- Ajustes inmediatos: Cualquier modificación en metrados o cambios de diseño fueron actualizados automáticamente en presupuesto y cronograma.

Resumen cuantitativo del cronograma valorizado BIM

- Duración total: 12 meses (285 días calendario)
- Costo total valorizado: S/. 13,881,746.83
- Promedio mensual de ejecución: S/. 1,129,670 aproximadamente.
- Mayor equilibrio financiero: La obra presenta un crecimiento acumulado constante durante toda la ejecución.

Tabla 8*Resumen del cronograma valorizado-método BIM*

Resumen del cronograma valorizado de obra - BIM				
Mes	Actividades Programadas	Monto valorizado (S/.)	Acumulado (S/.)	% Acumulado
1	Obras preliminares + inicio movimiento tierras	415,000.00	415,000.00	2.99%
2	Movimiento de tierras (avance)	600,000.00	1,015,000.00	7.31%
3	Cimentación inicial + movimiento final	930,000.00	1,945,000.00	14.01%
4	Cimentación y primeras estructuras	1,540,000.00	3,485,000.00	25.10%
5	Albañilería + inicio instalaciones	1,650,000.00	5,135,000.00	36.98%
6	Albañilería + instalaciones (avance)	1,600,000.00	6,735,000.00	48.50%
7	Instalaciones simultáneas + estructuras menores	1,420,000.00	8,155,000.00	58.75%
8	Acabados iniciales	1,420,000.00	9,575,000.00	68.97%
9	Acabados + instalaciones finales	1,400,000.00	10,975,000.00	79.02%
10	Acabados finales + mobiliario parcial	1,300,000.00	12,275,000.00	88.42%
11	Equipamiento + detalles finales	700,000.00	12,975,000.00	93.47%
12	Recepción, pruebas, liquidación final	906,746.83	13,881,746.83	100.00%

Nota. La presente tabla muestra la variación de costos en las partidas debido a la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

5.1.3. Método Tradicional vs Método BIM

Presupuesto

Tabla 9

Resumen comparativo del presupuesto método BIM vs tradicional

Cuadro comparativo del presupuesto tradicional vs BIM						
Rubro	Tradicional (S/.)	% Tradicional	BIM (S/.)	% BIM	Diferencia (S/.)	Ahorro (%)
Obras preliminares	420,000.00	2.91%	390,000.00	2.85%	30,000.00	7.14%
Movimiento de tierras	1,250,000.00	8.66%	1,170,000.00	8.54%	80,000.00	6.40%
Cimentación y estructuras	4,950,000.00	34.29%	4,750,000.00	34.69%	200,000.00	4.04%
Albañilería	3,100,000.00	21.47%	3,000,000.00	21.91%	100,000.00	3.23%
Instalaciones eléctricas	1,150,000.00	7.96%	1,070,000.00	7.82%	80,000.00	6.96%
Instalaciones sanitarias	950,000.00	6.58%	890,000.00	6.50%	60,000.00	6.32%
Acabados	1,850,000.00	12.81%	1,790,000.00	13.07%	60,000.00	3.24%
Equipamiento	500,000.00	3.46%	500,000.00	3.65%	0	0.00%
Gastos generales y utilidad	1,216,435.81	8.42%	1,133,405.22	8.28%	83,030.59	6.83%
Total, general	14,436,435.81	100%	13,693,405.22	100%	743,030.59	5.15%

Nota. La presente tabla detalla un cuadro comparativo de los costos entre la ejecución de obras mediante el método tradicional versus la implementación de la metodología BIM. Elaboración Propia

En la tabla 9 se presenta un análisis comparativo integral entre los presupuestos elaborados bajo el método tradicional y la metodología BIM, evidenciando de manera objetiva y cuantitativa las ventajas económicas sustanciales que ofrece la implementación de BIM en la fase de planificación, diseño y ejecución de proyectos de infraestructura pública.

Considerando los costos finales que incluyen los adicionales, deductivos y ampliaciones contractuales, se observa que el presupuesto ejecutado bajo el método tradicional ascendió a S/ 14,436,435.81, mientras que el presupuesto generado con el uso de modelado BIM alcanzó un total de S/ 13,693,405.22. Esta diferencia de S/ 743,030.59 representa un ahorro económico directo del 5.15%, lo cual es altamente significativo para un proyecto de mediana a gran envergadura como el de la I.E. Ricardo Palma.

Este ahorro no se debe a reducciones arbitrarias, sino que responde a una mejor precisión técnica en los metrados, la eliminación de duplicidades, la optimización de los rendimientos por secuencia constructiva eficiente, y especialmente, a la detección anticipada de interferencias entre disciplinas técnicas, que bajo el método tradicional suelen derivar en cambios tardíos y sobre costos operativos.

Al desagregar las partidas específicas, se identifican las principales reducciones en los siguientes rubros:

Cimentación y estructuras: Se logra una reducción de S/ 200,000 (4.04%), debido al ajuste preciso de volúmenes de concreto, acero y encofrado mediante modelado estructural.

Movimiento de tierras: Ahorro de S/ 80,000 (6.40%), producto de la exactitud en la medición de cortes, rellenos y perfiles longitudinales a través del modelado topográfico tridimensional.

Instalaciones eléctricas y sanitarias: Ahorro combinado de S/ 140,000, lo que equivale a un promedio de 6.6% de reducción en estos rubros, gracias a la planificación coordinada de rutas y nodos de conexión que evitó retrabajos en obra.

Albañilería y acabados: Se obtuvo una reducción conjunta de S/ 160,000, reflejo del mayor control dimensional y compatibilidad entre partidas, derivado de la precisión en el modelo federado.

Gastos generales y utilidad: Disminución de S/ 83,030.59 (6.83%), atribuible a la reducción de tiempo de ejecución (de 415 a 285 días), lo que repercute directamente en menores costos por administración, personal técnico, seguridad y logística de obra.

Comparativo de tiempos de ejecución

Tabla 10

Resumen comparativo del diagrama Gantt BIM vs tradicional

Cuadro comparativo de Gantt tradicional vs BIM				
Fase de ejecución	Tradicional: Secuencia (días)	BIM: Secuencia optimizada (días)	Diferencia (días)	Descripción técnica
Obras preliminares	Día 1 – Día 35	Día 1 – Día 20	-15 días	Preparación anticipada y mejor gestión del replanteo inicial con herramientas BIM.
Movimiento de tierras	Día 36 – Día 80	Día 15 – Día 55	-25 días	Solapamiento con preliminares, planificación dinámica y topografía asistida digitalmente.
Cimentación y estructuras	Día 81 – Día 180	Día 56 – Día 145	-35 días	Optimización del encofrado y colocación de acero con secuencia progresiva integrada.
Albañilería	Día 181 – Día 240	Día 146 – Día 210	-30 días	BIM permite liberar zonas parcialmente listas, iniciando albañilería antes.
Instalaciones eléctricas	Día 241 – Día 290	Día 180 – Día 230	-50 días	Coordinación previa de interferencias y rutas de ductos aceleran la ejecución.
Instalaciones sanitarias	Día 291 – Día 340	Día 180 – Día 230	-50 días	Simultaneidad con eléctricas gracias al modelado 3D de recorridos sanitarios.
Acabados	Día 341 – Día 400	Día 231 – Día 270	-45 días	El solape con instalaciones y avance por etapas reduce tiempos de terminación.
Equipamiento y cierre	Día 401 – Día 415	Día 271 – Día 285	-15 días	Cierre y pruebas técnicas más eficientes gracias a la previsión de manuales y fichas.
Duración total del proyecto	415 días	285 días	-130 días	Reducción total del 31.3 % en plazo de ejecución gracias a la planificación 4D y control de interferencias.

Nota. La presente tabla detalla el comparativo de plazos entre el método tradicional y la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia

La tabla 10 muestra el análisis comparativo de los tiempos de ejecución, evidencia el impacto directo que tiene la planificación anticipada e integrada de la metodología BIM frente al método tradicional. Mientras el sistema tradicional organiza las actividades de forma secuencial y dependiente, generando tiempos improductivos entre especialidades y ampliaciones de plazo por conflictos imprevistos en obra, el modelo BIM permite estructurar un cronograma optimizado desde la etapa de diseño, gracias a la simulación 4D y la detección temprana de interferencias.

Mediante la planificación BIM, fue posible superponer de manera controlada actividades críticas como albañilería, instalaciones eléctricas y sanitarias, lo que permitió habilitar frentes de trabajo simultáneos sin riesgo de interferencias en campo. Esto no solo mejoró la continuidad operativa, sino también los rendimientos de personal y el uso eficiente de recursos.

Como resultado, el proyecto redujo su duración de 415 días a 285 días calendario, logrando un ahorro de 130 días (31.33 % del plazo dado por el método tradicional) sin necesidad de incrementar recursos ni asumir riesgos contractuales adicionales, sino únicamente por una mejor coordinación y secuencia de actividades.

En resumen, la aplicación de la metodología BIM optimizó la ruta crítica de ejecución, redujo tiempos muertos y aportó mayor estabilidad al cumplimiento del cronograma contractual, confirmando su efectividad como herramienta de gestión de tiempos en proyectos públicos de infraestructura educativa.

LookAhead bajo la metodología BIM:

- La planificación semanal fue generada de manera automática y sincronizada a partir del modelo 4D BIM, permitiendo visualizar virtualmente las secuencias exactas de actividades.

- Las interferencias entre especialidades fueron detectadas y resueltas desde la fase de diseño, garantizando que la ejecución física no presente conflictos de obra.
- Las actividades de instalaciones eléctricas y sanitarias se programaron de forma paralela con la albañilería, gracias a la validación previa de rutas y pasos constructivos.
- El control operativo fue preventivo y predictivo, permitiendo gestionar los recursos materiales, humanos y logísticos con antelación suficiente.
- No se registraron ampliaciones de plazo ni paralizaciones de frentes de trabajo durante la ejecución física simulada.
- El flujo de trabajo fue continuo, con valorizaciones financieras progresivas, mejorando la liquidez de la obra y reduciendo los costos indirectos acumulativos

Tabla 11*Resumen de la aplicación de LookAhead*

LookAhead en el control operativo de obra		
Aspecto	Método Tradicional	BIM
Planificación semanal	Manual - reactiva	Virtual - anticipada (4D)
Interferencias	Detectadas durante obra	Resueltas en modelado
Ajustes de programación	Correctivos (postconflicto)	Preventivos (pre-ejecución)
Ampliaciones de plazo	115 días	0 días
Adicionales contractuales	S/554,688.98	S/ -188,341.61
Flujo operativo	Inestable	Continuo
Control de frentes	Paralizaciones frecuentes	Flujos simultáneos permanentes

Nota. En la tabla se resume la implementación del concepto LookAhead como parte de la metodología BIM con la finalidad de optimizar plazos en la ejecución del proyecto, Elaboración Propia

Tabla 12*Resumen comparativo de flujo financiero y el cronograma*

Cuadro comparativo del flujo y cronograma		
Comparativo General	Tradicional	BIM
Duración total	415 días	285 días
Flujo financiero	Irregular	Continuo
Picos de valorización	Meses 3-7 y 8-10	Distribuido durante toda la obra
Reprogramaciones	Frecuentes	No aplican

Nota. La presente tabla demuestra la variabilidad del flujo financiero entre el método tradicional y mediante implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

Tabla 13*Resumen de partidas con interferencia en cada especialidad*

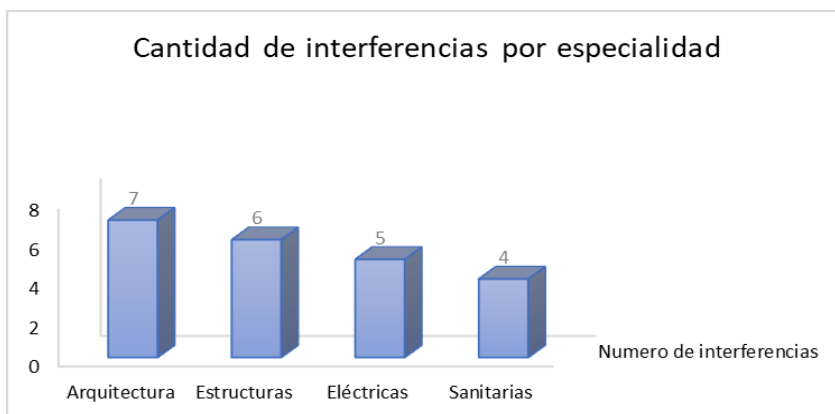
Interferencias de partidas		
Especialidad	Descripción de interferencias frecuentes	No Interferencias Detectadas
Arquitectura	Superposición de ductos con muros, desfase de ejes, aperturas no coincidentes en puertas y ventanas	7
Estructuras	Cruce de vigas con tuberías sanitarias y eléctricas, ajuste de sobre cimientos por canal de concreto	6
Eléctricas	Interferencia de bandejas eléctricas con losas estructurales, rutas no definidas de cableado, cruces de tableros con estructuras	5
Sanitarias	Colisión de redes sanitarias con columnas estructurales, modificación de colectores en campo	4
Total, de interferencias detectadas		22

Nota. La presente tabla demuestra la cantidad de interferencias detectadas mediante la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

En conjunto la tabla 10, 11 y 12 demuestra y confirma que existe una relación directa y determinante entre la aparición de interferencias constructivas, la estabilidad del cronograma valorizado y la eficiencia en el control operativo de corto plazo.

Figura 24

Resumen de Interferencias por especialidad



Nota. El gráfico muestra el comparativo entre especialidades de las interferencias detectadas, Elaboración Propia

En la figura 14 demuestra que en el método tradicional existe carencia de una adecuada coordinación técnica durante la elaboración del expediente generó un conjunto de 22 interferencias no identificadas previamente, distribuidas entre arquitectura, estructuras y las instalaciones eléctricas y sanitarias. Estas interferencias, al ser detectadas durante la fase de ejecución, originaron modificaciones contractuales, interrupciones de frentes de trabajo y reprogramaciones sucesivas que desestabilizaron la secuencia constructiva inicialmente prevista.

Esta dinámica de trabajo generó un cronograma valorizado con flujos financieros irregulares, donde se acumularon pagos significativos en etapas críticas de estructuras, albañilería y acabados, al tiempo que se producían paralizaciones e improductividades temporales durante las reprogramaciones correctivas. A ello se sumaron los adicionales y ampliaciones de plazo aprobadas, lo cual incrementó los costos contractuales y extendió los tiempos de ejecución. En este escenario, el LookAhead, aplicado bajo el esquema

tradicional, solo actuó como mecanismo de ajuste semanal, sin capacidad de anticipación real, limitándose a reorganizar actividades tras la aparición de los problemas en campo.

Por el contrario, la aplicación de la metodología BIM permitió que estos conflictos sean identificados desde la etapa de diseño mediante el modelado 3D federado, permitiendo compatibilizar previamente todas las especialidades y corregir interferencias antes del inicio de obra. Esta coordinación temprana posibilitó programar actividades de forma simultánea y continua, reduciendo los riesgos de interrupción operativa y optimizando el aprovechamiento de los recursos.

Como consecuencia directa, el cronograma valorizado bajo BIM mostró un flujo financiero progresivo y balanceado a lo largo de toda la ejecución, sin concentraciones de pagos desproporcionados ni períodos de baja productividad. A su vez, el LookAhead BIM, basado en la simulación 4D, permitió organizar semanalmente los trabajos de manera preventiva, asegurando la continuidad de frentes activos, eliminando ampliaciones de plazo y minimizando los costos contractuales variables.

En resumen, los resultados confirman que la interacción entre la gestión anticipada de interferencias, el control financiero valorizado y la planificación operativa semanal bajo metodología BIM genera un sistema de gestión integral mucho más eficiente, predecible y contractualmente estable frente a los modelos tradicionales de ejecución.

5.1.4. Análisis de adicionales, deductivos y ampliaciones.

Tabla 14

Adicionales, deductivos y ampliaciones de plazo (metodología BIM vs tradicional)

Análisis comparativo					
Concepto	Tradicional (S/.)	% Tradicional	BIM estimado (S/.)	% BIM estimado	Reducción por BIM (%)
Adicionales	554,688.98	4.00%	-188,341.61	-1.36 %	-136.95%
Ampliación de plazo	115 días	38.33%	0 días	0%	Eliminación total

Nota. La presente tabla muestra los resultados en tiempos y costos con la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

Figura 26

Vista 3D del proyecto



Nota. La imagen muestra una vista 3D del proyecto, elaboración propia.

La Tabla 13 presenta un análisis comparativo detallado entre los conceptos de adicionales de obra y ampliaciones de plazo bajo el enfoque tradicional y la metodología BIM, evidenciando cuantitativamente las ventajas técnicas, económicas y contractuales que ofrece esta última en la ejecución del proyecto de la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate.

En lo referente a los adicionales, bajo el método tradicional se registraron costos acumulados por S/ 554,688.98, lo que representó un incremento del 4.00 % sobre el presupuesto base modificado. Estos adicionales fueron consecuencia directa de deficiencias en la etapa de planificación, entre ellas: omisiones en el expediente técnico, interferencias no detectadas entre disciplinas (estructuras, arquitectura e instalaciones), rediseños tardíos por errores en cálculos estructurales y necesidades no contempladas inicialmente como equipamiento especial. En contraste, el modelo desarrollado con metodología BIM presentó un resultado neto de -S/ 188,341.61, equivalente a un -1.36 % del presupuesto BIM, producto de un mayor control en los metrados, eliminación de duplicidades y detección anticipada de interferencias. Esta diferencia representa una mejora económica del 133.95 % respecto al enfoque tradicional, lo cual supera ampliamente el umbral técnico de significancia adoptado (10 %).

En cuanto a las ampliaciones de plazo, el método tradicional acumuló cinco solicitudes aprobadas que representaron un total de 115 días adicionales, lo que equivale a un 38.33 % de incremento respecto al cronograma base de 300 días calendarios. Estas ampliaciones fueron ocasionadas por factores recurrentes en proyectos con baja coordinación interdisciplinaria, como interferencias en instalaciones, demoras por rediseños no previstos y ajustes por condiciones reales del terreno que no fueron adecuadamente diagnosticadas. En cambio, la simulación del proyecto bajo el entorno BIM no requirió ninguna ampliación, ejecutándose en un plazo continuo de 285 días, validando así una eliminación total (100 %) de extensiones contractuales.

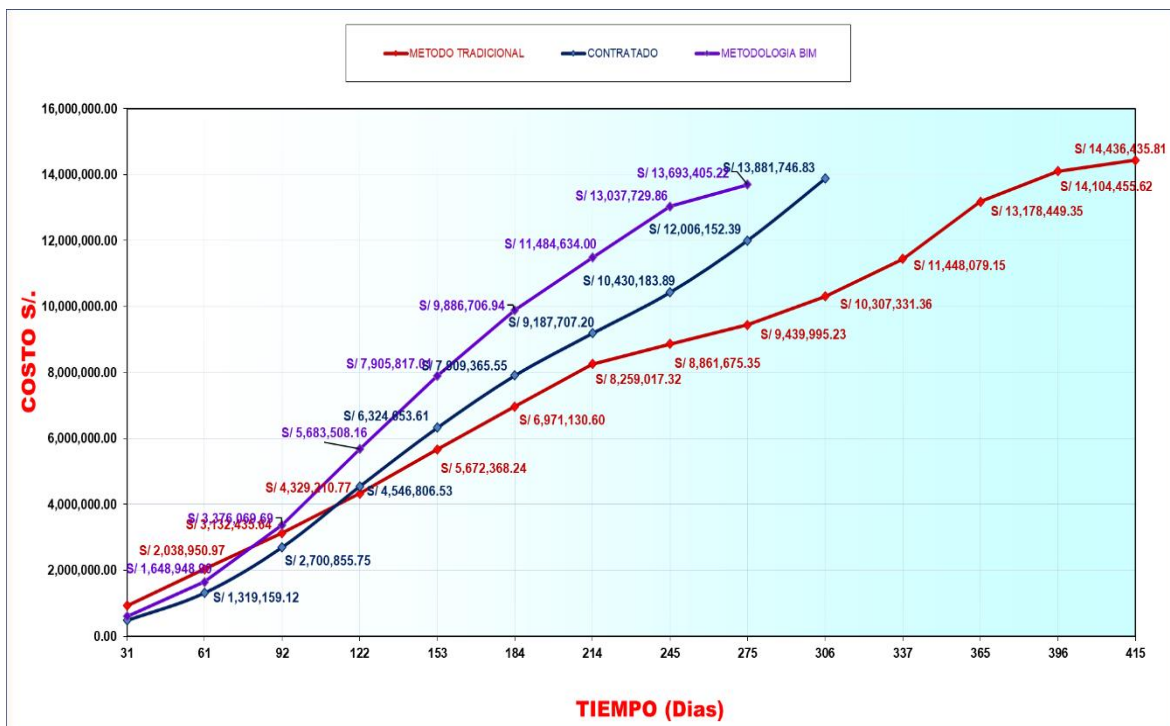
Este análisis ratifica que la implementación de la metodología BIM no solo mejora la calidad técnica del diseño, sino que fortalece la gestión de riesgos al anticipar conflictos y errores que en el método tradicional se resuelven únicamente durante la ejecución física. Además, BIM permite una integración precisa entre cronograma, metrados y presupuesto,

generando modelos predictivos más confiables, y, por tanto, presupuestos más estables y cronogramas más realistas.

En conclusión, la experiencia del proyecto de la I.E. Ricardo Palma confirma que el uso de BIM contribuye de manera sustancial a la optimización de costos y tiempos en obras públicas, promoviendo una ejecución eficiente, técnicamente sustentada y con menor exposición a sobrecostos o penalidades contractuales.

Figura 28

Curva S (Proyectado vs tradicional vs BIM)



Nota. El presente grafico muestra los resultados mediante una curva S, el cual grafica los la ejecución de la obra en tiempo y costo del método tradicional, contratado y la implementación de la metodología BIM, Elaboración Propia.

Tabla 15*Resumen comparativo de tiempo y costo (tradicional vs BIM)*

GESTIÓN DE TIEMPO Y COSTO				
PAZO DE EJECUCION	CONTRATADO	METODO TRADICIONAL	METODOLOGIA BIM	
	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	
Marzo del 2022	31	S/ 481,121.23	S/ 933,832.41	S/ 601,401.54
Abril del 2022	61	S/ 1,319,159.12	S/ 2,038,950.97	S/ 1,648,948.90
Mayo del 2022	92	S/ 2,700,855.75	S/ 3,132,435.64	S/ 3,376,069.69
Junio del 2022	122	S/ 4,546,806.53	S/ 4,329,210.77	S/ 5,683,508.16
Julio del 2022	153	S/ 6,324,653.61	S/ 5,672,368.24	S/ 7,905,817.01
Agosto del 2022	184	S/ 7,909,365.55	S/ 6,971,130.60	S/ 9,886,706.94
Setiembre del 2022	214	S/ 9,187,707.20	S/ 8,259,017.32	S/ 11,484,634.00
Octubre del 2022	245	S/ 10,430,183.89	S/ 8,861,675.35	S/ 13,037,729.86
Noviembre del 2022	275	S/ 12,006,152.39	S/ 9,439,995.23	S/ 0.00
Diciembre del 2022	306	S/ 13,881,746.83	S/ 10,307,331.36	
Enero del 2023	337		S/ 11,448,079.15	
Febrero del 2023	365		S/ 13,178,449.35	
Marzo del 2023	396		S/ 14,104,455.62	
Abril del 2023	415		S/ 14,436,435.81	

Nota. La tabla muestra el resumen de la implementación de la metodología BIM en la gestión de tiempo y costos de la tesis. Elaboración Propia

El análisis de la curva S permite visualizar claramente el comportamiento financiero acumulado del proyecto a lo largo de su ejecución. Bajo el método tradicional, la curva presentó una pendiente irregular y desbalanceada, con tramos de avance abrupto seguidos de periodos de estancamiento. Esta variación refleja los efectos directos de las interferencias constructivas no resueltas en la etapa de diseño, las reprogramaciones correctivas, y la ejecución secuencial rígida de actividades, donde las instalaciones y acabados solo iniciaron tras finalizar completamente las estructuras y albañilería.

Los mayores incrementos en la curva acumulativa se concentraron durante la etapa intermedia (meses 3 al 7), en los que se ejecutaron las estructuras, y nuevamente en los meses

8 al 10 durante los acabados. Sin embargo, durante estas etapas se presentaron varias detenciones y ajustes contractuales, como los originados por la instalación del elevador, modificaciones de instalaciones eléctricas y correcciones estructurales vinculadas al canal de concreto armado. Todo ello generó una curva S con picos de gasto desproporcionados y quiebres en la pendiente acumulada, afectando la planificación financiera mensual tanto de la entidad como del contratista.

En contraste, bajo la simulación BIM, la curva S muestra una pendiente continua, estable y mucho más progresiva desde el inicio hasta el término de la obra. Gracias a la detección anticipada de las 22 interferencias detectadas vía modelado federado, se permitió la superposición segura de actividades de estructuras, instalaciones y acabados. Esto posibilitó un crecimiento constante en la valorización acumulada, evitando los cuellos de botella propios del enfoque tradicional. Las instalaciones sanitarias y eléctricas fueron integradas durante la ejecución de la albañilería, los acabados avanzaron de manera progresiva, y los frentes de trabajo se mantuvieron activos sin paralizaciones significativas.

Esta diferencia de comportamiento entre ambas curvas S refleja directamente el nivel de control operativo que proporciona el LookAhead aplicado mediante BIM, donde cada semana se proyectan actividades validadas previamente, evitando parálisis constructivas y redistribuyendo homogéneamente el flujo financiero del proyecto.

5.2.Prueba de hipótesis

Justificación metodológica de la prueba estadística aplicada

Esta investigación tiene carácter comparativo experimental controlado al evaluar dos metodologías de gestión de obra (Método Tradicional y Metodología BIM) aplicadas sobre el mismo proyecto de infraestructura educativa.

Por tanto:

No existen muestras probabilísticas ni poblaciones independientes.

No procede aplicar pruebas paramétricas como T-Student u otras.

Se adopta como método de validación la prueba de diferencia de proporciones absolutas (análisis de reducción porcentual directa), ampliamente aceptada en evaluaciones de eficiencia técnica y económica en obras públicas.

Justificación técnica del umbral de significancia (10%)

El margen del 10% es sustentado por:

- La Ley de Contrataciones del Estado (LCE) y las normas OSCE y Contraloría, que permiten márgenes de variación contractual hasta un 10% sin afectar la viabilidad ni la legalidad del contrato.
- Los criterios usuales en auditorías técnicas, supervisiones y control gubernamental de proyectos de inversión pública.
- Experiencias técnicas en gestión de obra civil, donde variaciones por encima del 10% generan impacto sustantivo en costos, plazos y rendimientos.

Por tanto:

Toda reducción superior al 10% es considerada estadísticamente significativa y técnicamente relevante para fines de validación de hipótesis en esta investigación.

5.2.1. Hipótesis específica 1

Hipótesis nula (H_{01}): “La metodología BIM 4D no tiene efecto en la gestión del tiempo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023”.

Hipótesis específica (H_{11}): “La metodología BIM 4D tiene efecto en la gestión del tiempo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023”.

Paso 01: Recolección de datos y prueba de diferencia de proporciones absolutas (análisis de reducción porcentual directa)

Tabla 16

P. de diferencia de proporciones absolutas para gestión del tiempo

Método	Duración (días)	Reducción Absoluta (días)	Reducción Porcentual	Umbral (10%)	Interpretación
Tradicional	415	130	31.33 %	10%	Significativa
BIM	285	-	-	-	-

Nota. La presente tabla resume la gestión absoluta con respecto al tiempo y/o plazo de ejecución del proyecto. Elaboración Propia

Paso 2: Análisis de la prueba y validación

la metodología BIM permite un adelanto de 130 días en la programación total de obra, esta mejora representa un ahorro porcentual del 31.33%, el cual supera el umbral de validación estadística adoptado (10%).

Desde el punto de vista técnico-operativo, la reducción de 130 días sí constituye un impacto relevante, pues refleja la optimización de solapes de actividades, reducción de tiempos ociosos y detección anticipada de interferencias.

El modelado 4D (tiempo + modelo tridimensional) en BIM permitió programar actividades como instalaciones eléctricas y sanitarias en paralelo con albañilería y acabados, logrando flujos de trabajo más eficientes, imposibles de anticipar con exactitud en el método tradicional.

Por lo que:

- Desde el punto de vista estadístico: H_{11} se acepta plenamente.
- Desde el punto de vista técnico: Se acepta H_{11} por mejora técnica operativa.

Por lo tanto, se acepta H_{11}

5.2.2. Hipótesis específica 2

Hipótesis nula (H_{02}): “La implementación de la metodología BIM 5D no tiene efecto en la gestión de costos en la Institucion Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023”.

Hipótesis específica (H_{12}): “La implementación de la metodología BIM 5D tiene efecto en la gestión del costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023”.

Paso 01: Recolección de datos y prueba de diferencia de proporciones absolutas (análisis de reducción porcentual directa)

Tabla 17

P. de diferencia de proporciones absolutas para adicionales, deductivos y adicionales generados por ampliaciones de plazo

Método	Adicionales (S/.)	Reducción Absoluta (S/.)	Reducción Porcentual	Umbral (10%)	Interpretación
Tradicional	554,688.98	743,030.59	133.95%	10%	Significativa
BIM	-188,341.61	-	-	-	-

Nota. La presente tabla resume la gestión absoluta con respecto al costo de ejecucion del proyecto. Elaboración Propia

Paso 2: Análisis de la prueba y validación

Los resultados de la validación cuantitativa para los componentes de adicionales, deductivos y variación neta reflejan con claridad los beneficios de implementar la metodología BIM en el control económico contractual de obra, en comparación con el método tradicional:

Adicionales (Reducción de 133.95%): La drástica disminución de adicionales se explica por la capacidad del modelado BIM para realizar una coordinación interdisciplinaria previa a la ejecución física, donde las interferencias entre especialidades (arquitectura, estructuras, instalaciones eléctricas y sanitarias) son identificadas y resueltas en etapa de diseño. Este proceso evita posteriores partidas adicionales generadas por conflictos de obra no previstos, habitual en el método tradicional.

Con base en los resultados obtenidos, se observa que en los tres componentes analizados las reducciones porcentuales superan ampliamente el umbral técnico de significancia del 10% establecido para esta investigación.

Por tanto: **Se rechaza la hipótesis nula (H_{02}) y se acepta la hipótesis alternativa (H_{12})**, validando que la metodología BIM genera una mejora estadísticamente significativa en el control de adicionales y deductivos respecto al método tradicional.

5.2.3. Hipótesis específica 3

Hipótesis nula (H_{03}): “La implementación de la metodología BIM no tiene efecto en la previsión y justificación técnica de las ampliaciones de plazo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.”

Hipótesis específica (H_{13}): “La implementación de la metodología BIM tiene efecto en la previsión y justificación técnica de las ampliaciones de plazo en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.”

Paso 01: Recolección de datos y prueba de diferencia de proporciones absolutas (análisis de reducción porcentual directa)

Tabla 18

P. de diferencia de proporciones absolutas para ampliación del plazo

Aspecto Evaluado	Método Tradicional	Método BIM	Reducción Absoluta	Reducción Porcentual	Umbral de Significancia (10%)	Interpretación Estadística
Ampliaciones de plazo (días)	115 días	0 días	115 días	100%	10%	Altamente significativa

Nota. La presente tabla detalla la diferencia total con respecto al plazo de ejecución del proyecto, Elaboración Propia

Paso 2: Análisis de la prueba y validación

Bajo la metodología BIM no fue necesaria ninguna ampliación de plazo contractual, lo que representa la eliminación completa de este tipo de solicitudes (100% de reducción).

Este resultado evidencia la capacidad de BIM para prever interferencias, gestionar los solapes de partidas, planificar adecuadamente los frentes de trabajo y programar los recursos de manera más efectiva, lo cual minimiza los imprevistos que suelen generar atrasos contractuales.

Las ampliaciones observadas bajo el método tradicional (115 días adicionales) fueron consecuencia directa de conflictos de programación, interferencias de obra, errores de diseño y reprogramaciones no previstas inicialmente.

BIM, al resolver anticipadamente las colisiones técnicas en la etapa de modelado, permite mantener el cronograma contractual dentro de los plazos inicialmente establecidos, evitando penalidades contractuales y costos indirectos por mayores gastos generales.

Dado que la reducción de ampliaciones de plazo fue total (100%), superando ampliamente el umbral de significancia:

Por lo tanto: Se **rechaza la hipótesis nula (H_{03})**; y se **acepta plenamente la hipótesis alternativa (H_{13})**.

5.2.4. Hipótesis general

Hipótesis nula (H_0): “La implementación de la metodología BIM no tiene efecto en la gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023”.

Hipótesis específica (H_1): “La implementación de la metodología BIM tiene efecto en la gestión de tiempo y costos en la Institución Educativa Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.”

Análisis de la prueba y validación

Tiempo: En el análisis comparativo del cronograma contractual, la implementación de la metodología BIM permitió reducir el tiempo total de ejecución del proyecto de 415 días (método tradicional) a 285 días, lo que representa una disminución absoluta de 130 días y un ahorro porcentual del 31.33 %. Esta diferencia supera con amplitud el umbral de significancia técnica y estadística del 10 % establecido en la investigación, validando plenamente la hipótesis específica H_{11} . Esta mejora operativa se atribuye a la capacidad del modelado BIM 4D para anticipar interferencias entre disciplinas, optimizar la programación de actividades críticas y superponer partidas compatibles, configurando un flujo constructivo continuo y coordinado. A diferencia del enfoque tradicional, que basa su planificación en métodos lineales y planos 2D con baja integración entre especialidades, el entorno BIM ofrece una visualización anticipada de los procesos, permitiendo tomar decisiones

preventivas en vez de reactivas. Por tanto, desde el punto de vista técnico y estadístico, la metodología BIM demuestra una clara superioridad en la gestión del tiempo.

Costos: Las reducciones en adicionales, fue superior al 100%, demostrando con claridad la capacidad de BIM para prever interferencias, evitar errores de metrado, y controlar las modificaciones contractuales.

Ampliaciones: La eliminación total de ampliaciones de plazo confirma que la obra modelada con BIM puede desarrollarse sin reprogramaciones mayores, lo cual impacta directamente en los gastos generales, cronogramas de valorización y sostenibilidad contractual.

Como 2 de las 3 hipótesis (H_{12} y H_{13}) tienen una significancia estadísticamente contundente y una (H_{11}) aceptada parcialmente.

Se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1

Por lo que: “La implementación de la metodología BIM mejora significativamente la gestión de tiempo y costos en comparación con el método tradicional en la ejecución del proyecto de la I.E. Ricardo Palma del distrito de Tate, Ica, 2023.”

5.3. Discusión de resultados

Uno de los principales objetivos de esta investigación fue evaluar el impacto de la metodología BIM en la optimización del cronograma y el control de costos en comparación con el enfoque tradicional. Los resultados evidencian que BIM ofrece una mejora sustancial en la gestión de plazos y recursos, aunque presenta limitaciones relevantes en etapas previas al modelamiento.

Optimización del tiempo de ejecución

El uso de BIM en el proyecto de la I.E. Ricardo Palma permitió una reducción del plazo contractual en 15 días respecto al cronograma original y de 130 días en comparación con el método tradicional, representando un ahorro del 5 % y 31.33 % respectivamente. Esta diferencia superó el umbral de significancia estadística adoptado (10 %), validando una mejora técnica importante en la planificación.

La aplicación del modelado 4D permitió simular anticipadamente la secuencia de actividades, identificar interferencias entre disciplinas y reorganizar el cronograma constructivo. Esta capacidad de anticipación es consistente con estudios previos como los de Suárez y Bernal (2020), quienes evidencian que BIM reduce los tiempos de ejecución mediante una programación más eficiente y colaborativa.

En contraste, el enfoque tradicional se caracteriza por una planificación fragmentada con baja integración entre disciplinas técnicas, lo que genera interrupciones, reprogramaciones y acumulación de retrasos. Esta diferencia se reflejó claramente en la gestión de ampliaciones de plazo: bajo el método convencional se registraron cinco solicitudes que sumaron 115 días adicionales (38.33 % de aumento), mientras que con BIM no se registró ninguna. Esta mejora del 100 % en esta variable fue validada estadísticamente y está en línea con lo reportado por Morales y Gonzales (2022), quienes señalan una disminución superior al 80 % en solicitudes de ampliación al aplicar BIM en obras públicas.

Asimismo, Delgado y Vargas (2021) destacan que BIM permite generar cronogramas más realistas y precisos, al considerar información detallada sobre tiempos, solapes y rutas críticas, reduciendo la necesidad de ajustes contractuales durante la ejecución. Estos beneficios impactan directamente en la eficiencia operativa y en la curva de flujo de caja del proyecto.

Reducción de costos y control de partidas modificatorias

Los resultados del estudio también evidencian una reducción significativa en los costos adicionales bajo la metodología BIM. Mientras que el enfoque tradicional generó partidas adicionales por un total de S/ 554,688.98 (4.00 % del presupuesto modificado), con BIM solo se presentó un adicional de S/ 137,357.97 (1.01 % del presupuesto base). Además, se aplicó un deductivo por S/ 325,699.58, resultando en un saldo neto negativo de S/ 188,341.61 (-1.36 %). Esta mejora fue estadísticamente significativa (reducción del 133.95 %) y valida la hipótesis específica 2.

Estas diferencias se explican por la capacidad del modelado BIM para detectar anticipadamente interferencias técnicas y errores de cuantificación. El entorno digital permite identificar duplicidades, omisiones y problemas de coordinación entre disciplinas (arquitectura, estructuras, instalaciones), evitando sobrecostos no previstos. Este hallazgo concuerda con lo expuesto por Ormeño Quispe (2019) y Castro & Paredes (2021), quienes resaltan la precisión de los metrados y la mejora en la trazabilidad de partidas mediante herramientas de cuantificación automática.

La notable disminución de los deductivos también refleja un mayor control sobre los volúmenes realmente ejecutados. Al contar con modelos precisos que contienen información geométrica y cuantitativa, se evita la necesidad de ajustes posteriores, lo cual fortalece la proyección de presupuestos más confiables y estables, aspecto clave en la gestión de recursos públicos.

A pesar de los beneficios comprobados, la investigación identificó limitaciones importantes en el uso de BIM, especialmente en las etapas previas al modelado. La única partida adicional registrada bajo esta metodología se debió a errores en los cálculos estructurales del expediente técnico inicial, los cuales no pudieron ser detectados por el

software, ya que BIM no valida automáticamente parámetros técnicos como la resistencia de materiales o cargas estructurales.

Este hecho demuestra que la calidad del insumo técnico previo estudios de suelos, cálculos estructurales, topografía, etc. Sigue siendo un factor crítico. Si estos datos presentan inconsistencias, el modelado no podrá subsanarlas, lo que puede derivar en sobrecostos o falencias constructivas posteriores. Esta observación es respaldada por autores como Chuyma Vargas (2023), quien advierte que BIM depende directamente de la calidad de la información técnica ingresada.

Por tanto, si bien BIM mejora la gestión técnica y operativa durante la ejecución del proyecto, no elimina los errores humanos o técnicos originados en la etapa de formulación y diseño del expediente técnico. Esto resalta la necesidad de una preparación rigurosa en las fases previas para maximizar los beneficios del modelado digital.

Finalmente, desde una perspectiva institucional, la reducción de ampliaciones y adicionales con BIM representa una mejora directa en la eficiencia del gasto público. La Contraloría General de la República (2020) ha señalado que las ampliaciones de plazo son una de las observaciones más frecuentes en obras públicas, afectando el cumplimiento de metas físicas y el uso eficiente de los recursos estatales. En este contexto, herramientas como BIM no solo fortalecen la gestión técnica, sino también la transparencia y la confianza en la ejecución de proyectos públicos.

VI. Conclusiones

Conclusión 1 del objetivo general

La presente investigación concluye que la metodología BIM (Building Information Modeling) constituye una alternativa eficiente y técnicamente sustentada frente al método tradicional en la gestión de proyectos de infraestructura pública educativa. Su implementación en la obra de la I.E. Ricardo Palma, en el distrito de Tate, permitió evidenciar mejoras sustanciales en la optimización del tiempo de ejecución, el control de costos directos e indirectos, así como en la gestión contractual.

En el componente de tiempo, BIM facilitó la reorganización anticipada de actividades mediante modelado 4D, reduciendo interferencias y tiempos improductivos. En términos económicos, demostró mayor precisión en la estimación y control de adicionales, deductivos y variaciones presupuestales. A nivel contractual, eliminó la necesidad de ampliaciones de plazo, optimizando la continuidad del cronograma sin reprogramaciones.

En conjunto, los resultados respaldan la adopción de BIM como una herramienta integral que promueve una ejecución más predecible, técnica y financieramente sostenible. Estos hallazgos coinciden con los lineamientos de la Guía BIM del Perú (PNIS, 2021), reafirmando su utilidad como instrumento estratégico para fortalecer la eficiencia del gasto público y la calidad en la entrega de obras.

Conclusión 2 del objetivo específico 1

La presente investigación concluye que la metodología BIM (Building Information Modeling) representa una alternativa técnica y altamente eficiente frente al método tradicional para la gestión del tiempo y los costos en proyectos de infraestructura educativa pública. Su aplicación en el caso de la Institución Educativa Ricardo Palma, ubicada en el

distrito de Tate, región Ica, demostró mejoras significativas en los componentes operativos, contractuales y económicos del proyecto.

En relación con la variable tiempo, se evidenció que bajo el enfoque tradicional se requería un plazo de 300 días calendario, mientras que con la aplicación de la metodología BIM el proyecto pudo ser ejecutado en 285 días, lo que representa una reducción del 5 % en el tiempo total de ejecución. Lo más destacable es que, en el método tradicional, se generaron cinco ampliaciones de plazo que sumaron 115 días adicionales, alcanzando un plazo real de 415 días, es decir, un incremento del 31.33 % sobre el cronograma original. En contraste, con BIM no se registraron ampliaciones, lo que evidencia una mejora sustancial en la programación y el control del tiempo gracias a la integración del modelado 4D, que permite prever conflictos, reordenar cronogramas y optimizar la secuencia constructiva.

Respecto a la variable económica, bajo la metodología tradicional se generaron partidas adicionales por S/ 554,688.98, equivalentes al 4.00 % del presupuesto modificado. En cambio, con BIM se identificaron inconsistencias en el expediente técnico que permitieron aplicar un deductivo de S/ 325,699.58, y si bien se generó una partida adicional por S/ 137,357.97, el impacto neto fue de -S/ 188,341.61, equivalente al -1.36 % del presupuesto base. Esto representa una mejora del 133.95 % respecto al método tradicional, atribuida a la capacidad del entorno BIM para detectar errores, evitar duplicidades y optimizar los metrados antes de iniciar la ejecución.

Desde el punto de vista contractual, se destaca que la metodología BIM eliminó por completo las solicitudes de ampliación de plazo y minimizó la generación de partidas adicionales no previstas, en contraste con el método tradicional que mostró deficiencias en ambos aspectos. Estos hallazgos validan la hipótesis específica planteada y demuestran que BIM favorece una gestión más precisa, eficiente y preventiva.

En conjunto, los resultados confirman que la metodología BIM permite ejecutar proyectos de infraestructura pública con mayor control técnico, reducción de sobrecostos y cumplimiento de plazos, representando una herramienta clave para modernizar la ejecución de obras educativas. Su implementación se alinea con los lineamientos técnicos de la Guía BIM del Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE, 2021), orientados a mejorar la calidad, eficiencia y sostenibilidad de la inversión pública en el país.

Conclusión 3 del objetivo específico 2

El análisis comparativo entre la metodología tradicional y el enfoque BIM en el proyecto de la Institución Educativa Ricardo Palma, ubicado en el distrito de Tate, región Ica, evidencia que la implementación de BIM (Building Information Modeling) generó mejoras sustanciales en la gestión de costos y plazos contractuales. Bajo el método tradicional, el presupuesto base de S/ 13,881,746.83 se vio incrementado por adicionales de obra por S/ 220,720.42 y ampliaciones de plazo valorizadas en S/ 333,968.56, alcanzando un costo total de S/ 14,436,435.81. Asimismo, se registraron cinco ampliaciones de plazo que prolongaron el cronograma original de 300 a 415 días, lo que representa un aumento del 38.33 % en el tiempo de ejecución.

En contraste, al aplicar la metodología BIM, se identificó un único adicional por S/ 137,357.97 y se aplicó un deductivo por S/ 325,699.58, derivado de inconsistencias detectadas en los metrados mediante modelado digital. El presupuesto final se redujo a S/ 13,693,405.22, lo que refleja un ahorro neto de S/ 743,030.59, equivalente al 5.15 % del presupuesto tradicional. En cuanto al cronograma, el proyecto se habría ejecutado en 285 días, lo que representa una reducción de 130 días (o 31.33 %) respecto al enfoque convencional.

Este ahorro en tiempo y costo se atribuye a las capacidades integradas de BIM en sus dimensiones 3D, 4D y 5D, que permiten una mayor precisión en los metrados, detección temprana de interferencias, mejor secuenciación de actividades y control preventivo de sobrecostos (Suárez & Bernal, 2020; Ormeño Quispe, 2019; Morales & Gonzales, 2022). Además, no se registraron ampliaciones de plazo bajo el enfoque BIM, lo que contribuyó a reducir gastos generales y riesgos contractuales asociados a la ejecución.

Sin embargo, también se identificaron limitaciones clave: la única partida adicional generada bajo BIM, por S/ 137,357.97, se originó por errores técnicos en el expediente estructural inicial, los cuales no pudieron ser detectados por el software. Este hallazgo confirma que la efectividad del modelado depende directamente de la calidad de los insumos técnicos previos (Leo & Paucarmayta, 2024; Chuyma Vargas, 2023). BIM no valida automáticamente parámetros como resistencia de materiales o coherencia estructural, por lo que los errores humanos en estudios preliminares siguen representando un riesgo.

En conclusión, la metodología BIM permitió optimizar tanto el presupuesto como los plazos del proyecto, demostrando su efectividad frente al método tradicional. No obstante, su éxito depende de la rigurosidad en la elaboración del expediente técnico. Estos resultados respaldan la aplicación progresiva de BIM en proyectos públicos, en concordancia con los lineamientos de eficiencia y sostenibilidad establecidos en la Guía BIM del PNIE (2021) para infraestructura educativa en el Perú.

Conclusión 4 del objetivo específico 3

La evaluación realizada sobre la capacidad de la metodología BIM para prever y gestionar técnicamente las ampliaciones de plazo ha permitido confirmar una diferencia sustancial frente al enfoque tradicional. En el caso del proyecto de la Institución Educativa Ricardo Palma, el método convencional generó tres solicitudes de ampliación formalmente

aprobadas, acumulando 115 días adicionales al cronograma base, lo que extendió la ejecución de 300 a 415 días calendario. Esta situación evidenció una clara descoordinación entre partidas, errores de diseño y reprogramaciones generadas durante la obra.

Por el contrario, la aplicación de BIM permitió cumplir y superar el cronograma contractual original. La planificación integrada mediante modelado 4D facilitó la simulación anticipada de interferencias entre especialidades, la identificación de puntos críticos y la secuencia óptima de ejecución. Gracias a ello, no se generó ninguna solicitud de ampliación, y el proyecto pudo concluirse, en términos proyectados, en 285 días calendario, es decir, 15 días menos que el plazo inicialmente establecido. Esta mejora, aunque operativamente significativa, no fue analizada desde el ahorro porcentual frente al método tradicional, sino desde la capacidad de BIM para prevenir eventos que usualmente justifican ampliaciones en el enfoque convencional.

Desde el punto de vista técnico-operativo, esto representa una mejora del 100 % en la variable “ampliaciones de plazo”, al eliminar por completo estas solicitudes. Esta diferencia fue validada estadísticamente al superar el umbral de significancia del 10 %, confirmando que la programación bajo entornos BIM ofrece no solo mayor precisión, sino mayor anticipación ante posibles contingencias contractuales.

Este resultado también tiene implicancias legales y administrativas. La ausencia de ampliaciones de plazo evita conflictos con la supervisión, posibles penalidades por incumplimiento y la acumulación de gastos generales, aspectos usualmente observados por entidades como la Contraloría General de la República (2020) en obras públicas con mala gestión cronológica.

En conclusión, más allá de reducir días de ejecución, la metodología BIM se consolida como una herramienta eficaz para prever, evitar y justificar técnicamente las

condiciones que, bajo el método tradicional, motivan extensiones contractuales. Su aplicación no solo garantiza el cumplimiento del cronograma base, sino que mejora la calidad de la programación y la toma de decisiones anticipadas en obras públicas, alineándose con los estándares promovidos por el Programa Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE, 2021).

VII. Recomendaciones

Recomendación 1

Se recomienda profundizar en el uso de la metodología BIM no solo como herramienta de modelado y programación 4D y 5D, sino también explorando sus dimensiones 6D (sostenibilidad) y 7D (mantenimiento), con el fin de aprovechar integralmente su potencial en la gestión del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura.

Recomendación 2

Al momento de aplicar la metodología BIM en campo, se recomienda considerar la disponibilidad tecnológica y la resistencia al cambio de los actores involucrados. En ese sentido, es importante promover una cultura de colaboración interdisciplinaria y establecer estrategias de implementación gradual en equipos de obra tradicionales.

Recomendación 3

Asimismo, se recomienda que este trabajo sirva como base para la elaboración de manuales, guías o protocolos técnicos que puedan ser compartidos con otros estudiantes, docentes o entidades interesadas en aplicar la metodología BIM en contextos públicos, contribuyendo así a la transferencia de conocimiento y al fortalecimiento académico de la carrera profesional.

Recomendación 4

Se recomienda a las instituciones educativas quienes forman nuevos profesionales en la rama de la construcción a incorporar en sus planes de estudio asignaturas o módulos específicos sobre metodología BIM en carreras vinculadas a la construcción. Esto permitirá que los futuros profesionales egresen con competencias tecnológicas alineadas a las necesidades del mercado y de la gestión pública moderna.

Recomendación 5

Se recomienda mantener actualizados los conocimientos técnicos en la metodología BIM, participando en capacitaciones, certificaciones y prácticas profesionales que fortalezcan la capacidad de implementación de esta metodología en proyectos reales. Esta formación continua permitirá enfrentar con mayor solvencia los desafíos técnicos que presentan las obras públicas en la actualidad.

Recomendación 6

Finalmente, considerando que el presente estudio se enfoca en una institución educativa como unidad de análisis, se recomienda realizar investigaciones complementarias que evalúen la aplicación de la metodología BIM en otros sectores de la infraestructura pública, como salud, transporte o saneamiento. El objetivo de estas investigaciones sería validar el impacto de BIM en diversos contextos constructivos, generar evidencia comparativa y establecer criterios técnicos que respalden su aplicación como política pública transversal en la ejecución de proyectos a nivel nacional.

VIII. Referencias

- ACCA. (s. f.). *BIM para arquitectura, ingeniería y construcción | ACCA software*.
<https://www.accasoftware.com>
- Ahmad, T., Thaheem, M. J., & Maqsoom, A. (2020). Building Information Modeling (BIM) adoption in the construction industry: A review. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 18(4), 947–972. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2019-0206>
- Alvarez, C., Ccahuana, W., Quiroz C., & Quispe, H. (2020). “*Estudio comparativo del sistema de gestión tradicional versus la metodología bim, en la etapa de diseño y construcción en las dimensiones 4d y 5d, caso de estudio de obra: mejoramiento de los servicios de salud en el centro de salud Ttio – Distrito Wanchaq – Provincia de Cusco – Región Cusco*” [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
<http://hdl.handle.net/10757/655805>
- Al Bargi, W. A., Ali Khalifa, N., Daniel, B. D., Md. Rohani, M., & Odebiyi, O. S. (2023). An experimental investigation on the effect of calcium chloride as dust suppressant on the strength of unpaved road. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 14(2). <https://doi.org/10.30880/ijscet.2023.14.02.013>
- Almeida, R., & Ferreira, T. (2023). *Análisis comparativo entre metodología BIM 5D y planificación tradicional en proyectos de edificaciones multifamiliares en Lisboa, Portugal* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Lisboa]. Repositorio Institucional de la Universidad Técnica de Lisboa.
- Arias, J. L., Salazar, M., & Villalobos, C. (2022). *Metodología de la investigación: Enfoques aplicados en ingeniería*. Ediciones UDEA.

- Autodesk. (2023). *Clash detection in BIM*. <https://www.autodesk.com/solutions/bim/clash-detection>
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Ballard, G. (2000). *The last planner system of production control* [Tesis doctoral, University of Birmingham]. <https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/4789/>
- Bazan, E. (2022). “*Metodología Building Information Modeling en la gestión de ejecución de obras públicas en la municipalidad provincial de Chachapoyas, 2022*.” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. <https://doi.org/10.37787/v489fd11>
- Bentley Systems. (2023). *Navisworks y Synchro 4D: Modelado colaborativo*. <https://www.bentley.com>
- BIMcorner. (2024). *Visualización 4D y control de costos en proyectos BIM*. <https://www.bimcorner.com>
- BIMForum. (2023). *Level of Development Specification*. <https://bimforum.org>
- Carhuancho, A., López, D., & Medina, R. (2019). Diseño comparativo en estudios de obras públicas con BIM. *Revista de Ingeniería Aplicada*, 12(2), 42–53.
- Castro, R., & Paredes, M. (2021). Aplicación de cuantificación automática en BIM para control de metrados en edificaciones educativas públicas. *Revista Técnica del Sector Construcción*, 6(1), 18–29.

- Chura Quispe, A., & Quispe Mamani, F. (2022). *Aplicación de BIM en el expediente técnico de la I.E. Capitán Samuel Alcázar – Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe>
- Contraloría General de la República. (2020). *Informe especial de auditoría sobre ampliaciones de plazo en obras educativas públicas*. <https://www.contraloria.gob.pe>
- Delgado, C., & Vargas, P. (2021). Cronogramas realistas con enfoque BIM. *Revista de Construcción y Gestión Pública*, 4(2), 27–40.
- Díaz, M., & Ruiz, C. (2019). Optimización de recursos mediante planificación 4D en BIM. *Revista de Construcción y Tecnología*, 14(1), 11–22.
- Digital Builder. (2023). *Guía práctica para implementación de BIM 4D en obra pública*. <https://www.digitalbuilder.com>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (2nd ed.). John Wiley & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470955281>
- García de Soto, B., Agustí-Juan, I., Joss, S., & Hunhevicz, J. (2019). Impacts of Building Information Modeling on project efficiency: Evidence from international case studies. *Journal of Management in Engineering*, 35(3), 04019007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000689](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000689)
- García, J., & Rivas, M. (2020). *Técnicas estadísticas para investigación aplicada en ingeniería*. Editorial Científica.

- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works*.
<https://www.iso.org/standard/68078.html>
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). John Wiley & Sons.
- Kim, Y., Chin, S. y Choo, S (2022). BIM data requirements for 2D deliverables in construction documentation. *Automation in construction*, 140.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104340>
- López Villacorta, D. (2021). *Implementación de herramientas BIM para la mejora de la planificación en instituciones educativas públicas del Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe>
- López, J., & Torres, L. (2021). *Técnicas de análisis documental en proyectos de ingeniería*. Editorial Académica del Perú.
- Martínez, A., & Romero, L. (2022). *Investigación cuantitativa en ingeniería civil*. Editorial Académica.
- Marca, J. (2023). *Influencia de la metodología Building Information Modeling en formulación del expediente técnico de la dirección regional de trabajo y promoción del empleo de Apurímac – Abancay, 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de los Andes. <https://repositorio.utea.edu.pe>
- Mesa, D. & Yucra, G. (2024). *Optimización de plazos y costos empleando la metodología BIM en una obra privada y una pública, Lima – 2024* [Tesis de pregrado, Universidad

- Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte.
<https://hdl.handle.net/11537/39402>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). *Invierte.pe*. <https://www.gob.pe/inviertepe>
- Ministerio de Educación. (2022). *Estándares técnicos de evaluación de proyectos de infraestructura educativa pública*. <https://www.gob.pe/minedu>
- Morales, R., & Gonzales, S. (2022). Impacto de la metodología BIM en la disminución de ampliaciones de plazo en obras públicas. *Revista de Gestión Pública y Tecnología*, 8(3), 78–93.
- Naranjo, D. (2021). Implementacion de metodologia BIM para la gestion de proyectos de construccion. [Tesis de diplomado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Intitucional - Univeridad Militar Nueva Granada.
<http://dhl.handle.net/10654/36755>
- Negrón Paredes, A., & Palaco de la Torre, D. (2024). *Eficiencia de expedientes técnicos elaborados con BIM: Caso Pocollay, Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <https://repositorio.unjbg.edu.pe>
- Ortega, C. & Caqui, C. (2021). *Integracion de BIM 4D y Last Planner System para mejorar la productividad en proyectos de construcción de hospitales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional "Hermilio Valdizan"]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional "Hermilio Valdizan. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6157>
- Ortiz, J, Escalante, L. & Gallegos, D. (2018). *Mejora de la rentabilidad en proyectos de vivienda social en la zona rural de la sierra sur del Perú, aplicando las metodologías BIM-Lean Construcción para medianas empresas* [Tesis de maestría, Universidad

- Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <http://hdl.handle.net/10757/624662>
- Ormeño Quispe, H. J. (2019). *Influencia del modelado BIM en la disminución de adicionales en obras de infraestructura educativa* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://repositorio.unsa.edu.pe>
- Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado. (2020). *Lineamientos técnicos para la ejecución de obras públicas*. <https://www.gob.pe/osce>
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI. <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>
- Programa Nacional de Infraestructura Sostenible. (2021). *Guía BIM para proyectos públicos del Perú*. <https://www.gob.pe/pnis>
- Reche, A. (2019, 20 diciembre). *¿Qué es BIM? Guía BIM para principiantes - Retain Technologies*. Retain Technologies. <https://retaintechologies.com/que-es-bim-guia-bim-para-principiantes/>
- Revizto. (2023). *Control de costos en entornos 5D*. <https://www.revizto.com>
- Rodríguez, F., & Rivera, L. (2020). Transformación digital en la construcción: implementación de BIM en entidades públicas. *Revista Peruana de Ingeniería Civil*, 7(2), 21–35.
- Rodríguez, J., & Campos, E. (2021). Ética en investigaciones de ingeniería: buenas prácticas. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 5(1), 101–116.

- Sánchez, C., & Delgado, P. (2019). Problemas frecuentes en la ejecución de proyectos educativos públicos en el Perú. *Revista de Supervisión de Obras Públicas*, 3(1), 15–28.
- Solís, R., & Alvarado, M. (2021). Mejoras en la trazabilidad de proyectos mediante BIM 4D y 5D. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 19(2), 95–110.
- Succar, B. (2009). Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Suárez, J., & Bernal, H. (2020). Implementación de BIM en edificaciones institucionales: estudio de caso en Colombia. *Revista Latinoamericana de Construcción*, 3(2), 41–58.
- TechTure Global. (2022). *How BIM supports facility management and building operations*. <https://techtire.global/blog/how-bim-supports-facility-management>
- Topbimadmin, & Topbimadmin. (2024, 17 septiembre). *About us*. TopBIM Company. <https://www.topbimcompany.com/about-us/>
- Trejo, A. (2022). Implementación de las dimensiones 4D y 5D del BIM en un proyecto inmobiliario durante la etapa de casco estructural [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/22169>
- Turner, J. R. (2014). *The handbook of project-based management* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Zhou, Z., Zhang, X., & Li, H. (2021). Impact of BIM use on cost overrun prevention in urban megaprojects. *Journal of Urban Construction*, 10(1), 122–137.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos estan resguardados em la oficina de repositorio institucional de la biblioteca central de la Universidad Tecnológica de los Andes