

**Análisis de herramientas digitales para la gestión de proyectos de ingeniería civil
según el PMBOK abordando las áreas de gestión del PMI**

Diego Armando Pérez

Monografía presentada por el título de Ingeniería Civil

Director

Víctor Hugo Verjel Tarazona

Ingeniero

Universidad de Pamplona Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Civil, Ambiental y Química

Pamplona, Norte Santander, Colombia

2025

Dedicatoria

Empezar por agradecer al Rey de Reyes, al Todopoderoso Dios. Sin Él, nada es posible. Sin Él, no hubiese sido posible recorrer este camino tan largo, lleno de sacrificios, alegrías, tristezas, felicidad, frustraciones, amigos y, ante todo, mucho aprendizaje.

Agradezco a mi familia por su apoyo, paciencia, consejos y cada una de las palabras de aliento a lo largo de este camino en esta profesión tan linda que Dios me permitió elegir.

Quiero agradecer al amor más grande del planeta: mi madre, quien desde el primer día ha estado en mi proceso de formación académica. En medio de tantas dificultades, sus abrazos fueron píldoras de amor infinito.

Agradezco a la mujer que me trajo al mundo y fijó en mí el propósito de ser un gran ser humano. Agradezco a mi padre, que con su carácter y pujanza contribuyó de gran manera a este logro. A mis abuelos, quienes siempre me regalaron palabras llenas de experiencia y paciencia, y me enseñaron que nunca es tarde para lograr los sueños.

Agradezco a una de las mujeres que más amo: mi hermana, por su amor y apoyo incondicional. Agradezco también a mis verdaderos amigos, quienes me exigieron llegar a la meta.

Pero, en especial, quiero agradecer al Master de la ingeniería: un ángel, de los tantos que me empujaron en este camino. Le dedico este logro por darme su mano, por creer en mí cuando no existía claridad al comienzo de esta profesión que nunca imaginé estudiar, pero que fue el sueño de mi niñez. Sé que, donde esté, estará feliz de saber que logré culminar este camino. Gracias, Master, porque fuiste mi amigo; la mano que me brindaste sigue siendo un motor de superación. Gracias por cada regaño, por cada exigencia... pero, sobre todo, gracias porque fuiste el motivo para comenzar esta carrera.

Agradezco a otro ángel que siempre creyó en mí. Cuando pensé que el mundo se me venía abajo, apareciste con tu apoyo fundamental. Fuiste mi amigo, mi padre, mi hermano... gracias por ser mi gran apoyo.

Gracias a mis tíos por su paciencia y su amor infinito. Agradezco también a cada una de las personas que, aunque hoy no estén a mi lado, quiero decirles que estoy dando un paso más hacia los anhelos de mi corazón.

Agradezco a las tantas “madres” que la vida me ha regalado y que he tenido el privilegio de tener en mi historia.

Gracias a todos por sus palabras de aliento, por hacerme escuchar frases como: “¡Vas a cumplir tus sueños, hijito!” (Sra. Luz Dary). Este es el mayor sueño, y aunque pasó el tiempo, nunca fue tarde para alcanzar aquello que soñé, que anhelé, y que hoy por fin se ha cumplido.

Agradezco a cada uno de mis maestros por sus aportes, motivaciones, enseñanzas, por compartir su conocimiento y por su entrega hacia nosotros, sus estudiantes.

Gracias a mi alma máter, que me permitió iniciar esta gran carrera. Gracias a la fría y bella Pamplona, por enseñarme el verdadero sacrificio de la vida, por convertirse en mi sueño y en mi otra ciudad. Gracias por sus verdaderas lecciones de vida.

Gracias, Dios, por darme la fortaleza de levantarme, sacudirme y continuar tras cada caída.

Mucho por agradecer... A cada uno de mis compañeros de universidad, con quienes compartimos conocimientos, risas, lágrimas, emociones, virtudes, problemas y mucho aprendizaje. Gracias a las mejores herencias que me deja esta ciudad y esta universidad: mis amigos. Gracias por su apoyo, por cada palabra que no era otra cosa que un impulso para lograr lo que hoy he conseguido.

A mi madre, mi mayor agradecimiento. A mi padre, a mis familiares, a mis amigos y, en especial, a esos tantos ángeles que creyeron en mí. Donde sea que estén, quiero que se sientan orgullosos. Les extraño y los amo con el corazón.

Gracias, Dios. Gracias, Virgen del Carmen, por no soltarme de la mano y mantenerme firme. Gracias, y muchas gracias, porque en tantas tormentas, siempre me sostuvo el amor infinito de Dios.

También quiero agradecer a quienes no creyeron en mí, a los que me cerraron las puertas. Gracias, porque de ustedes también tomé fuerza, impulso y gallardía para alcanzar esta meta. Incluso sin ustedes, nada hubiese sido posible.

Para terminar, quiero que recuerden que:

"Yo soy historia. Yo nunca seré solo un momento, porque cada día sigo escribiendo mi propia historia."

Gracias, de veras... ¡muchas gracias por esperarme tanto!

Están más que bien correspondidos.

Tabla de contenido

Introducción	12
Objetivos	13
1. Objetivo general	13
2. Objetivos específicos	13
Capítulo 1. Contextualización, antecedentes y justificación de la gestión de proyectos con enfoque PMBOK® en ingeniería civil.....	14
1.1 Antecedentes regionales - Norte de Santander	14
1.2 Antecedentes nacionales – Colombia	16
1.3 Antecedentes internacionales	18
1.4 Planteamiento del problema	20
Capítulo 2. Digitalización y herramientas tecnológicas en la ingeniería civil.....	20
2.1Introducción al concepto de transformación digital en el sector de la construcción	20
2.2 Tendencias Modernas en procesos automatizados de gestión	22
2.3 Softwares más empleados en el sector (clasificación general)	23
2.4 Herramientas digitales, su importancia en las fases de los proyectos: desde el inicio hasta el cierre	24
Capítulo 3. Enfoque del PMBOK y áreas del conocimiento del PMI aplicadas en la ingeniería Civil.....	28

3.1 Descripción de la estructura metodológica del PMBOK® (última edición)	28
3.2 Las 10 áreas de conocimiento del PMI y su aplicación en proyectos de infraestructura	30
3.3 Importancia de la gestión estructurada basada en estándares internacionales	35
Capítulo 4. Caracterización funcional de las herramientas digitales	38
4.1 Descripción técnica de funcionalidades de software como MS Project, Primavera P6, Revit, AutoCAD, Civil 3D, BIM 360, Trello, Presto, entre otros.	38
4.2 Comparativas entre herramientas por área del PMBOK: fortalezas, debilidades, interoperabilidad	41
4.3 Evaluación de factores como accesibilidad, curva de aprendizaje, integración con BIM y compatibilidad con entornos colaborativos	45
4.4 Análisis de casos de uso en Colombia	48
Capítulo 5. Recomendaciones para la adopción estratégica de herramientas digitales en Colombia.....	50
5.1 Barreras comunes para la implementación en el contexto colombiano (infraestructura tecnológica, cultura organizacional, normativa)	50
5.2 Lineamientos para la selección de software en proyecto de obra pública y privada	51
5.3 Recomendaciones según tipo de proyecto, tamaño de la empresa o entidad contratante	54

5.4 Propuesta de ruta metodológica para la adopción gradual de herramientas digitales	57
Capítulo 5. Análisis y Discusión.....	59
Resultados	60
Conclusiones y recomendaciones	61
• Capítulo 1. Digitalización y herramientas tecnológicas en la ingeniería civil.....	61
Conclusión:	61
Recomendación	61
• Capítulo 2. Enfoque del PMBOK y áreas del conocimiento del PMI aplicadas en la ingeniería civil.	62
Conclusión	62
Recomendación	62
• Capítulo 3. Caracterización funcional de las herramientas digitales	62
Conclusión	62
Recomendación	62
• Capítulo 4. Recomendaciones para la adopción estratégica de herramientas digitales en Colombia	63
Conclusión	63
Recomendación	63
• Conclusión integradora final.....	63

Referencia	64
------------------	----

Tabla de Figuras

Figura1 Herramientas digitales en el ciclo de vida de los proyectos: desde la concepción hasta el cierre-----	27
--	----

Tabla de Ilustraciones

Ilustración1	Gestión de Proyectos PMI -----	34
---------------------	--------------------------------	----

Índice de Tablas

Tabla1 Comparación entre estándares internacionales de gestión de proyectos -----	37
Tabla2 Comparativa entre herramienta digital por área del PMBOK, analizando fortalezas, debilidades, interoperabilidad -----	42
Tabla3 Evaluación de software según parámetros -----	46
Tabla4 Lineamientos clave para la selección de software en obra pública y privada ----	53
Tabla5 Según el tipo de proyecto -----	55
Tabla6 Según el tamaño de la empresa o entidad contratante -----	56

Introducción

En la ingeniería civil actual, la gestión de proyectos presenta un alto nivel de complejidad debido a las crecientes exigencias técnicas, ambientales, económicas y sociales. Las formas de gestionar proyectos de construcción han cambiado con el tiempo. Hoy en día, es cada vez más importante usar herramientas digitales para hacer más eficientes los procesos y tomar mejores decisiones (Zhao et al., 2021). El Project Management Institute (PMI) propone en su guía PMBOK un conjunto de áreas de conocimiento que sirven como base para una gestión completa de los proyectos (PMI, 2021). Siguiendo esta estructura, este análisis examina diferentes herramientas digitales utilizadas en la ingeniería civil, considerando cómo se relacionan con esas áreas y qué tan útiles pueden ser en el contexto Colombia. Las herramientas se agrupan según el momento del proyecto en que se usan: planificación, ejecución o control.

Además, se revisan sus beneficios, límites y cómo se ajustan a los proyectos de infraestructura en nuestro país.

Objetivos

1. Objetivo general

Analizar las herramientas digitales utilizadas en la gestión de proyectos de ingeniería civil, vinculándolas con las áreas de conocimiento del PMBOK del Project Management Institute (PMI), con el propósito de determinar su aplicabilidad y pertinencia en el contexto colombiano.

2. Objetivos específicos

- Identificar las principales herramientas digitales más utilizadas en la gestión de proyectos de ingeniería civil, según su función en las distintas fases del ciclo de vida del proyecto.
- Clasificar dichas herramientas en relación con las áreas de conocimiento del PMBOK, destacando su contribución en la planificación, ejecución y control del proyecto.
- Analizar las funcionalidades, ventajas y limitaciones de cada herramienta digital respecto a su integración en proyectos de infraestructura en Colombia.

Capítulo 1. Contextualización, antecedentes y justificación de la gestión de proyectos con enfoque PMBOK® en ingeniería civil

En la ingeniería civil moderna, sacar adelante un proyecto no solo depende del diseño o la construcción, sino de cómo se planea, organiza y controla cada paso. Hoy más que nunca, se necesitan métodos que realmente ayuden a evitar retrasos, sobrecostos o errores por falta de coordinación.

El enfoque del PMBOK®, es una de esas herramientas que puede marcar la diferencia. Por eso, en este capítulo se recoge un marco contextual y comparativo de diferentes experiencias reales donde se ha aplicado esta metodología, tanto en Norte de Santander, como en otras partes del país y del mundo. A través de esos antecedentes se puede ver por qué este enfoque sí funciona y cómo usarlo trae ventajas frente a quienes aún gestionan proyectos sin una guía clara.

1.1 Antecedentes regionales - Norte de Santander

- Electrificación rural en CENS S.A. E.S.P

Martínez Ibarra y Solano Quintero (2015) diseñaron un plan integral para electrificación rural en zonas como Tibú y Ocaña, utilizando las áreas de Alcance, Tiempo y Costos del PMBOK®. Este enfoque estructurado permitió identificar tareas críticas, calendarizar actividades y controlar presupuesto, logrando una ejecución más eficiente en comparación con proyectos anteriores sin esta base metodológica.

- Gestión de riesgos en infraestructura vial

Herrera Peinado (2014) aplicó el enfoque PMBOK en Gestión de Riesgos en proyectos viales remotos, empleando clasificación, análisis cualitativo y respuestas planificadas.

El uso sistemático de estos procesos redujo en más del 25% los incidentes operativos, frente a obras similares de otras entidades que no los implementaron.

- Proyecto VIS “Ciudad Verde” en Los Patios

Peña Padilla (2023) implementó los procesos de integración, alcance, tiempo y costo del PMBOK en un proyecto habitacional. Gracias a esta base, pudieron anticipar retrasos en permisos y ajustar cronogramas, lo que evitó sobre costos del 7% comparado con proyectos sin esta planeación.

- Riesgos en Conjunto Venneto (Villa del Rosario)

En 2021, Pérez Pérez e Infante Cano aplicaron la sexta edición del PMBOK para la gestión de riesgos, utilizando mapas de calor y planes de respuesta. Se mitigaron el 67% de los riesgos críticos, evitando atrasos comparados con proyectos previos sin metodología PMBOK.

- Evaluación ex post en VIS Túpac Amaru

Páez Mateus (2023) evaluó un proyecto de vivienda usando las diez áreas del PMBOK. Este análisis integral permitió identificar y documentar lecciones clave estableciendo una práctica continua de mejora, mientras que proyectos anteriores carecían de sistematización post-obra.

En estos casos se observa que la implementación sistemática del PMBOK permitió superar deficiencias típicas (falta de planificación, control, presupuesto, entre otras) presentes en procesos sin esta guía. Estas diferencias se tradujeron en:

- ✓ Menos demoras y sobrecostos (hasta 7% o 25% en resultados)
- ✓ Mayor control de riesgos y documentación técnica.
- ✓ Mejora en credibilidad y gobernanza, frente a entidades que no aplicaron PMBOK®.

Esto demuestra que utilizar PMBOK® no es opcional, sino una ventaja competitiva y un requerimiento básico para profesionales y empresas en ingeniería civil en la región.

1.2 Antecedentes nacionales – Colombia

- Viviendas ecológicas en Palmira (UNAD, 2017)

Montoya, Sanclemente y Silva (2017) propusieron la aplicación completa del PMBOK en la construcción de 20 viviendas ecológicas en Palmira, estructurando procesos como acta de constitución, alcance, interesados, ejecución y cierre. Su enfoque permitió una mayor claridad en roles y procesos en comparación con proyectos con gestión informal, demostrando que PMBOK® aporta rigor y control desde la fase inicial.

- Pymes de construcción en Bogotá (Diagnóstico, 2019)

Un estudio en Bogotá diagnosticó que pocas pymes constructoras aplican las prácticas de iniciación y planificación del PMBOK® (Vargas, 2016). Las que lo adoptaron demostraron mayor estandarización en cronogramas y alcance, mientras que las que no

lo aplicaron tendían a desorden y desviaciones en tiempo y costo, subrayando cómo la adopción del PMBOK® mejora significativamente los resultados.

- Triada PMBOK® + BIM en construcción (Vargas, 2016)

Vargas (2016) demostró que integrar PMBOK® con tecnología BIM en excavaciones y estructuras en Colombia redujo riesgos y mejoró coordinación interdisciplinaria frente a proyectos tradicionales. Este estudio revela que el uso de PMBOK® permite identificar errores de diseño antes de la ejecución. Superando las prácticas rígidas de otras compañías.

- Administración en MIPYMES constructoras (Useche, 2022)

Useche Valderrama (2022) evaluó el uso del PMBOK® en micro y medianas constructoras en Colombia. Las que implementaron adecuadamente seguimiento y control mostraron mejoras en productividad y capacidad de decisión, mientras que las que no tenían seguimiento formal sufrieron inconsistencias y bajos niveles de madurez.

- Infraestructura pública en Boyacá (Cuervo & Gómez, 2021)

Cuervo y Gómez (2021) desarrollaron un método para mejorar planificación de tiempo y costo en obras públicas usando procesos del PMBOK®. La aplicación rigurosa de estas áreas redujo desviaciones durante ejecución, mostrando superioridad en comparación con proyectos comunes en Colombia que no siguen metodologías estandarizadas.

En todos los casos, se observa que la aplicación del PMBOK® en una o varias de sus áreas ha sido determinante para superar problemas frecuentes en proyectos colombianos: falta de planificación, riesgos imprevistos, descoordinación operativa y costos elevados. Las entidades que aplicaron el PMBOK de forma integral o parcial mostraron mejoras notables en control de tiempos, presupuestos y calidad, comparadas con proyectos que no lo implementaron.

Por el contrario, en empresas o proyectos donde el PMBOK® no se integró formalmente, se reportaron resultados menos predecibles, con mayores retrasos y discrepancias en cumplimiento de objetivos.

1.3 Antecedentes internacionales

- Puentes sobre el Río Saigón (Vietnam, 2020)

Bui (2019) documentó la adopción de BIM en un proyecto de puente en Ho Chi Minh, combinándolo con mecanismos de control institucional alineados al PMBOK®. La formalización de entregables y planificación, basada en procesos de integración y control, permitió cumplir tiempos y requisitos contractuales, superando proyectos anteriores sin esta estructura.

- Sydney Metro (Australia, 2022)

Resentech (2022) reporta que el Metro de Sídney usó BIM integrado con la gestión de proyecto (cronograma, control de calidad), evidenciando reducciones de tiempo y mejor coordinación frente a sistemas tradicionales.

- Sydney Opera House (Australia, 2019)

IntechOpen (2023) describe la implementación integral del BIM para mantenimiento, integrando activos al FM con planificación basada en procesos del PMBOK®, logrando mejoras de eficiencia operativa del 15% frente a métodos manuales.

- Aeropuerto Internacional de Bangalore (India, 2023)

Pinnacler IIT (2023) documenta cómo el BIM permitió coordinar diseño, programación y control de costos en la terminal 2, evitando interferencias y reduciendo sobrecostos hasta en un 10% respecto a proyectos previos sin PMBOK/BIM.

- Puerto de Mombasa (Kenia, 2022)

El análisis de MM por MDPI (2022) reflejó que BIM, integrado con PMBOK en gestión de costos y decisiones colaborativas, mejoró la transparencia y la asignación eficiente de recursos en un proyecto de infraestructura portuaria.

Los cinco casos muestran una constante: el uso combinado del PMBOK® y BIM o un enfoque PMBOK® aplicado a BIM generó resultados superiores en términos de coordinación, control, reducción de riesgos y costos. En comparación, proyectos sin coordinación, control, reducción de riesgos y costos. En comparación, proyectos sin este marco perdieron eficiencia, presentaron más interferencias y desviaciones.

Esto demuestra que la estructura metodológica del PMBOK + tecnología BIM es una práctica internacionalmente probada que apoya las buenas prácticas propuestas en esta

investigación. Servirá como referencia global para sustentar tus recomendaciones y aplicar un esquema similar en Colombia, especialmente en Norte de Santander.

1.4 Planteamiento del problema

¿Por qué la aplicación del enfoque del PMBOK como guía de buenas prácticas es fundamental para mejorar la eficiencia, el control y la calidad en la gestión de proyectos de ingeniería civil, especialmente en contextos donde persisten deficiencias en la planificación y ejecución estructurada?

Capítulo 2. Digitalización y herramientas tecnológicas en la ingeniería civil

2.1 Introducción al concepto de transformación digital en el sector de la construcción

Históricamente, los proyectos de ingeniería civil fueron gestionados de manera empírica por arquitectos, ingenieros y maestros de obra destacados como Vitruvio, Wren, Telford y Brunel. No fue sino hasta mediados del siglo XX que se comenzó a aplicar sistemáticamente la administración de proyectos a través de herramientas y técnicas estandarizadas, dando lugar a una nueva era en la ingeniería civil (Díaz, 2025).

Entre los pioneros se encuentra Henry Gantt, conocido por la creación del diagrama que lleva su nombre, herramienta clave en la planificación de proyectos, y Karol Adamiecki, quien propuso el harmonograma (Morris, 1994). Ambos sentaron las bases de las técnicas modernas de gestión de proyectos (Cleland & Gareis, 2006). También es destacable la influencia de Henri

Fayol, cuyos principios organizativos contribuyeron al desarrollo del cuerpo teórico de la disciplina (Marsh, 1975, p. 3).

Durante los años 50, se consolidaron herramientas analíticas como el método de la Ruta Crítica (CPM) y la Técnica de Evaluación y Revisión de Programas (PERT), desarrolladas en Estados Unidos para gestionar proyectos complejos. Estas técnicas se extendieron rápidamente en distintos sectores, incluida la ingeniería civil (Booz Allen Hamilton, s. f.)

De manera paralela, se desarrollan modelos de gestión de costos como resultado del trabajo de expertos como Hans Lang, lo que llevó a la formación de organizaciones especializadas como la AACE International en 1956, Esta asociación publicó en 2006 el primer marco integrado de gestión de portafolios, programas y proyectos conocido como gestión de costo total (Cleland & Gareis, 2006)

En Europa, la International Project Management Association (IPMA) fue fundada en 1967 como una federación de asociaciones nacionales. IPMA se distingue por su modelo de certificación de cuatro niveles basado en competencias técnicas, contextuales y comportamentales (IPMA, 2025)

Para 1969, nació el Project Management Institute (PMI) en Estados Unidos, el cual ha tenido un impacto significativo en la estandarización de las buenas prácticas a través de la publicación de la Guía del PMBOK (PMI, 2021).

La era digital permitió que la sociedad redujera procesos, a través de plataformas digitales, los usuarios de todo el mundo pueden mantener una comunicación activa que brinda interacción y fortalece la gestión de proyectos de ingeniería civil (Gestión de proyectos, 2021)

En el ambiente laboral, la digitalización ha traído mejoras en el sector de la construcción, en la gestión de proyectos con guía estructurada del PMBOK y herramientas que se siguen esa línea de las áreas de conocimiento del PMI (PMI,2021).

Los procesos se automatizan, se facilitan, se gestionan y se proyectan en tiempo real, lo que logra que funcione de forma organizada y optima el rendimiento de proyectos en sus fases de planificación, ejecución y control. Estas aplicaciones conocidas son Primavera P6, BIM 360, Microsoft Project, Navisworks, entre otras.

2.2 Tendencias Modernas en procesos automatizados de gestión

Por 20 años, hemos visto una revolución digital en sectores de la industria y de la ingeniería, logrando la transformación de muchos procesos (Marnewick & Marnewick, 2022). La automatización a través de modelado de información de construcción (BIM), trabajo de plataformas en la nube y sensores IoT se integren en la gestión de proyectos.

La cantidad de avances son sorprendentes, por ejemplo, se observan que tareas repetitivas se pueden automatizar, también se detectan riesgos con mucha más precisión y se optimiza la toma de decisiones gracias a datos precisos (Marnewick & Marnewick, 2022).

2.3 Softwares más empleados en el sector (clasificación general)

Como herramienta útil los softwares tienen su implicación en los proyectos de ingeniería civil y por ello es importante conocer cuáles son por qué resultan funcionales en determinada fase:

- Desarrollo planeado y control: Smartsheet (Smartsheet, 2025), Primavera (Oracle, 2025), Gantt Project (S.R.O, 2025) y Microsoft Project (Microsoft, 2025).
- Modelado y diseño: AutoCAD (Autodesk, 2025a), Civil 3D (Autodesk, 2025b), Revit (Autodesk, 2025d), Tekla Structures (Trimble, 2025).
- Presupuestación y costos: S10, Neodata (Neodata, 2025), Presto, APUcons (Apucons, 2025b).
- Gestión documental y colaborativa: Procore (Procore, 2025), PlanRadar (PlanRadar, 2025), Buildertrend , BIM 360 (Autodesk, 2025d).
- Dirección de la obra: Drones de fotogrametría (DroneDeploy, 2025), con integración de cámaras 360° y OpenSpace (OpenSpace, 2025) como plataforma, también puede ser necesario realidad aumentada como Visual Live (Índex of, 2025).

Estas plataformas digitales representan el ecosistema tecnológico predominante en la industria actual. Su adecuada selección e implementación permite aumentar la eficiencia, mejorar la colaboración y optimizar la toma de decisiones en los proyectos de ingeniería civil.

2.4 Herramientas digitales, su importancia en las fases de los proyectos: desde el inicio hasta el cierre

Las fases de los proyectos son indispensables y sus herramientas para cada una hace que se lleve a cabo una mejor solución y apoyo, el uso conocido de ellas hará que los procesos que se ejecuten mejoren la calidad y eficiencia.



a) Fase de inicio y planificación técnica

Las siguientes herramientas digitales se manejan al planificar de manera técnica y precisa las actividades de esta fase:

- Microsoft Project y Primavera P6: Con estas herramientas se estructura mejor el cronograma de actividades y sirve para prever posibles restricciones (Oracle, 2025).
- AutoCAD, Civil 3D y software CAD: Se usan en planos de topografía, diseños geométricos de vías, redes de hidráulica, entre otras. Permite ajustar en la obra las cantidades que serán tomadas en cuenta (Autodesk, 2025c).



b) Fase licitación

En esta fase será necesario herramientas que establecen los parámetros técnicos y económicos del proyecto:

- Documentos de contratación y especificaciones técnicas:

Estos Documentos permiten definir el marco legal del proyecto. Sirven para la contratación y evaluación de propuestas (PaduaMateriales, 2010).

- Matriz de análisis de precios unitarios (APU):

Permite estructurar el costo real de cada ítem del proyecto en función de insumos, mano de obra, maquinaria y rendimiento (Apucons, 2025a).



c) Fase de ejecución y control de obra

En esta etapa se ejecutan las actividades constructivas, y el control se vuelve crítico:

- Neodata, Presto, S10 y APUcons: Aplicados para presupuestación y control de costos (Neodata, 2025).
- Power BI: Aporta visualización de métricas en tiempo real sobre avance físico, financiero y productividad.
- Bitácoras digitales y drones con fotogrametría:
Apoyan el seguimiento de obra, control de calidad y documentación visual (Ludus, 2025).
- Software de gestión documental (PlanRadar, Buildertrend): Garantiza trazabilidad, comunicación entre frentes y gestión de cambios (PlanRadar, 2025).



d) Fase de cierre técnico

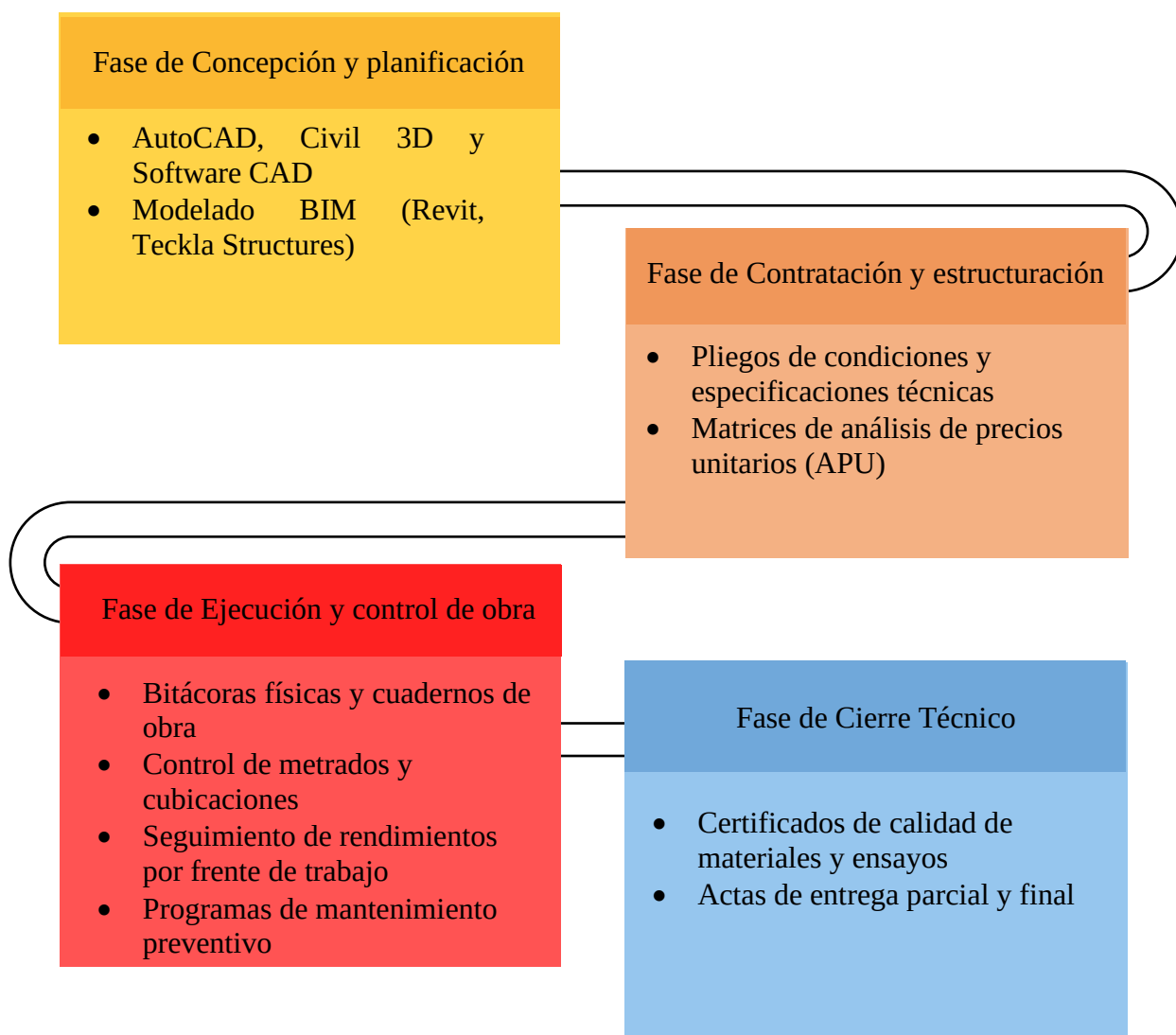
Finalmente, se documenta el cumplimiento del contrato y la calidad del proyecto:

- BIM 360 y plataformas colaborativas: Centralizan certificados de calidad, planos finales y actas de entrega (Giraldo, 2006).
- Power BI: Genera informes finales automatizados con análisis comparativo entre lo planeado y lo ejecutado (SCRIBD, 2024).
- Synchro y BIM 5D: Permiten dejar simulaciones documentadas para el cliente y visualizar mantenimientos futuros (Autodesk, s. f.).

En la **Figura1** se resumen las herramientas más relevantes utilizadas durante las diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto de ingeniería civil. A continuación, se presenta su organización y agrupación de manera más clara y coherente:

Figura1

Herramientas digitales en el ciclo de vida de los proyectos: desde la concepción hasta el cierre



Nota: Basado en la exposición de las herramientas digitales según el actual documento y material técnico y académico de Microsoft (2025), Autodesk (2025), Oracle (2025), Apucons (2025), BIM (2025).

Esta organización permite visualizar claramente el papel estratégico de cada herramienta en cada etapa del proyecto.

Capítulo 3. Enfoque del PMBOK y áreas del conocimiento del PMI aplicadas en la ingeniería Civil

3.1 Descripción de la estructura metodológica del PMBOK® (última edición)

La séptima edición del PMBOK®, publicada en 2021 por el Project Management Institute (PMI), representa un cambio significativo respecto a las ediciones anteriores (PMI, 2021). Se enfoca en principios y dominios de desempeño en lugar de procesos y áreas de conocimiento. La estructura se compone de:

- 12 principios de Gestión de Proyectos
 1. Ser diligente, respetuoso y cuidadoso: Actuar con integridad y responsabilidad en todas las actividades del proyecto.
 2. Crear un entorno colaborativo para el equipo: Fomentar la confianza y la comunicación abierta para lograr objetivos compartidos.
 3. Involucrar eficazmente a los interesados: Identificar y comprometer a todas las partes interesadas para asegurar su apoyo y satisfacción.
 4. Enfoque del valor: Priorizar la entrega de valor y beneficios reales para las partes interesadas.
 5. Reconocer, evaluar y responder al sistema: Comprende cómo los elementos del proyecto se pueden afectar si alguno falla.

6. Comportamientos de liderazgo: Se guía al equipo con visión, motivación y se promueve un ambiente positivo.
7. Adaptación según circunstancias: Se ajusta la práctica y se enfoca el proyecto según las circunstancias específicas.
8. Incorporar la calidad en los procesos y entregables: Asegurar que la calidad sea una prioridad desde el inicio hasta la finalización del proyecto.
9. Navegar por la complejidad: Identificar y gestionar los elementos complejos del proyecto de manera proactiva.
10. Responder las respuestas al riesgo: Si se anticipa e identifica los riesgos se puede minimizar su impacto.
11. Adaptabilidad y la resiliencia: Tener la capacidad de ser flexible y recuperarse ante cambios o desafíos inesperados.
12. Aceptar el cambio que logra el estado a futuro previsto: Aceptación y gestión del cambio como una constante para alcanzar los objetivos deseados.

- 8 dominios de Desempeño del Proyecto

Estos dominios representan áreas clave que se deben gestionar de forma óptima para el éxito del proyecto:

1. Interesados: Las relaciones se gestionan con todas las partes interesadas para asegurar su compromiso y satisfacción.
2. Equipo: Desarrollo y liderazgo de un equipo que trabaje hacia objetivos comunes.

3. Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida: Seleccionar y adaptar el enfoque de desarrollo más adecuado (predictivo, ágil o híbrido) según las necesidades del proyecto.
4. Planificación: Generar planes efectivos que guíen la ejecución y el control del proyecto.
5. Trabajo del Proyecto: Actividades que cumplen con los objetivos del proyecto, gestionando recursos y procesos.
6. Entrega: Dar los entregables del proyecto y verificar que cumplan con los requisitos y proporcionen valor a los interesados.
7. Medición: Monitoreo continuo y evaluación del desempeño del proyecto para informar la toma de decisiones.
8. Incertidumbre: Identificación y control de incertidumbre y riesgos para minimizar su impacto en el proyecto.

Estas guías y áreas de enfoque son muy útiles para proyectos de ingeniería civil, asegurando que se cumplan los objetivos y se entregue valor a todas las partes interesadas (PMI, 2021).

3.2 Las 10 áreas de conocimiento del PMI y su aplicación en proyectos de infraestructura

El Project Management Institute (PMI) define diez áreas de conocimiento que conforman el marco integral para la gestión de proyectos. Su aplicación resulta fundamental para coordinar

equipos multidisciplinarios, controlar recursos y asegurar el cumplimiento de objetivos técnicos y financieros. A continuación, se describen brevemente:

1. Gestión de la integración del Proyecto

Objetivo: Ir en una misma dirección para que todos los elementos del proyecto trabajen juntos como un solo sistema.

Aplicación: Coordinar diseño, licencias, cronogramas, contratistas y supervisores en una misma hoja de ruta. A continuación, los cronogramas y la matriz de decisiones resultan beneficiosos (PMI, 2021).

2. Gestión del alcance

Objetivo: Definir qué la envergadura de lo que se va a llevar a cabo, y se evitan desviaciones o “crecimientos” sin control.

Aplicación: Delimitación de los ítems del contrato, como longitud de una vía, número de estructuras, calidad de los materiales. Se controla con listas de entregables, planos y APU (PMI, 2021).

3. Gestión del Tiempo (cronograma)

Objetivo: Planear y controlar cuándo se harán las actividades del proyecto.

Aplicación: En obras, cada día cuenta. Se usan diagramas de Gantt, caminos críticos (CPM) y líneas base para evitar retrasos. Microsoft Project y Primavera son vitales aquí (PMI, 2021).

4. Gestión de los costos

Objetivo: Estimar, presupuestar y controlar el gasto total del proyecto.

Aplicación: Se gestionan los APU, presupuestos referenciales, pagos por avance físico y se hacen proyecciones. S10, Neodata o Presto, ayudan a evitar desfases financieros (PMI, 2021).

5. Gestión de la Calidad

Objetivo: Asegurar que el producto final cumpla con los requisitos técnicos y normativos.

Aplicación: Ensayos de laboratorio, protocolos de compactación, pruebas de resistencia. Todo se registra en actas de calidad y certificados de conformidad (PMI, 2021).

6. Gestión de los Recursos

Objetivo: Obtener y administrar el equipo humano, maquinaria y materiales.

Aplicación: Control de cuadrillas, disponibilidad de maquinaria, rutas logísticas de materiales. Se planifica por frentes de trabajo y se monitorean los rendimientos (PMI, 2021).

7. Gestión de las comunicaciones

Objetivo: Asegurar que la información fluya de manera eficaz entre todos los actores.

Aplicación: Reuniones técnicas, bitácoras digitales, informes semanales, y canales de comunicación entre interventoría, contratistas y residentes (PMI, 2021).

8. Gestión de los riesgos

Objetivo: Identificar, analizar y responder a los posibles problemas antes de que ocurran.

Aplicación: Lluvias imprevistas, fallas geotécnicas, retrasos en permisos. Se hace un registro de riesgos, con planes de mitigación y monitoreo (PMI, 2021).

9. Gestión de las Adquisiciones

Objetivo: Comprar o contratar lo necesario desde terceros.

Aplicación: Licitaciones de materiales, contratos de obra, subcontratistas. Se aplican los pliegos de condiciones, matrices comparativas y seguimiento a contratos (PMI, 2021).

10. Gestión de los Interesados (Stakeholders)

Objetivo: Identificar a todos los involucrados y manejar sus expectativas e impacto.

Aplicación: Comunidades cercanas, antes gubernamentales, propietarios de predios. Se hacen planes de relacionamiento, consultas previas y mesas de trabajo (PMI, 2021).

Estas áreas no operan de forma aislada, sino que interrelacionan continuamente durante el ciclo de vida del proyecto. Comprender su aplicación práctica facilita una gestión más eficaz, especialmente en obras de infraestructura complejas.

Ilustración1*Gestión de Proyectos PMI*

Nota: Basado en las 10 áreas de conocimiento del PMI que se tratan en este documento.

Elaboración propia en OpenAI (2025) y PMI (2021).

3.3 Importancia de la gestión estructurada basada en estándares internacionales

En el contexto de los proyectos de ingeniería civil, la adopción de estándares internacionales en la gestión no es solo una buena práctica, sino una necesidad estratégica. Normas como el PMBOK® del Project Management Institute (PMI), la ISO 21500, y la ICB 4.0 de IPMA proporcionan un lenguaje común, metodologías estandarizadas y criterios objetivos para asegurar la eficiencia, la trazabilidad y la calidad en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (PMI,2021; ISO,2021; IPMA, 2015).

Una gestión estructurada basada en estos marcos permite:

- Reducir riesgos y ambigüedades en la toma de decisiones técnicas, financieras y contractuales.
- Mejorar la coordinación entre actores (contratistas, interventores, entidades públicas y privadas) al establecer procesos y roles claros.
- Facilitar la integración tecnológica, especialmente en entornos donde convergen herramientas como BIM, softwares de planificación y plataformas colaborativas.
- Asegurar la alineación con estándares globales, lo que incrementa la competitividad de los proyectos ante organismos internacionales, entidades multilaterales o licitaciones extranjeras.

Además, estos estándares evolucionan con el sector: la séptima edición del PMBOK ® (PMI, 2021), por ejemplo, integra enfoques ágiles e híbridos que se adaptan mejor a los entornos volátiles y de innovación, como los megaproyectos urbanos o la infraestructura sostenible.

La comparación entre estándares internacionales de gestión de proyectos permite entender las similitudes y diferencias metodológicas entre los enfoques más utilizados a nivel global. Esta comparación es útil para seleccionar el marco más adecuado según el tipo de proyecto. Vea la

Tabla1

Comparación entre estándares internacionales de gestión de proyectos **Tabla1**.

Tabla1

Comparación entre estándares internacionales de gestión de proyectos

(DNP, 2021)	Organización	Enfoque	Ámbitos de	Fortalezas
Estándar	responsable		aplicación	principales
PMBOK (7ª edición)	Project Management Institute (PMI)	Basado en principios y dominios de desempeño	Proyectos de infraestructura, tecnología, servicios y más	Amplia aceptación global, adaptable a diferentes industrias, integra buenas prácticas evolutivas
ISO 21500:2021	Organización Internacional de Normalización (ISO)	Guía de alto nivel para la gestión de proyectos	Proyectos públicos, privados y ONG	Marco neutral, compatible con otros estándares, enfoque genérico pero estructurado
PRINCE2 (Projects IN Controlled Environments)	Axelos (Reino Unido)	Basado en procesos y gestión por etapas	Principalmente en Europa, sector público y privado	Alta orientación a control y documentación, claridad en roles y responsabilidades, flexible en escala

Nota: Basado Project Management Institute (3032), International Organization for Standardization (2021), AXELOS (2020) y Kerzner (2022).

Al observar esta tabla, se evidencia que todos los estándares coinciden en promover una estructura metodológica clara, pero difieren en su nivel de flexibilidad, orientación técnica y compatibilidad con marcos híbridos. Esta información permite a los gestores de proyectos tomar decisiones informadas sobre la adopción de estándares.

Capítulo 4. Caracterización funcional de las herramientas digitales

4.1 Descripción técnica de funcionalidades de software como MS Project, Primavera P6, Revit, AutoCAD, Civil 3D, BIM 360, Trello, Presto, entre otros.

En la gestión moderna de proyectos de ingeniería civil, el uso de software especializado se ha convertido en un pilar técnico fundamental. Estos programas optimizan el diseño, la planificación en entornos colaborativos, mejorando la eficiencia, la trazabilidad y la calidad de los resultados.

1. BOM 360 es una plataforma en la nube desarrollada por Autodesk que permite la colaboración en tiempo real, la gestión documental centralizada y la integración de modelos BIM para coordinación de disciplinas en proyectos complejos (Autodesk, s. f.). Su interfaz mejora la trazabilidad de decisiones técnicas y facilita la detección de interferencias en la obra.
2. PlanRadar, por su parte, ofrece gestión de planos, informes y seguimiento de incidencias directamente desde la obra, lo que permite mantener actualizado el progreso constructivo y minimizar errores de comunicación (PlanRadar, 2025)

3. Buildertrend está orientado al seguimiento de proyectos residenciales y comerciales, integrando la programación, estimaciones de costos y relación con clientes en una sola plataforma, lo cual fortalece la gestión integral del proyecto (Buildertrend, 2025).
4. En cuanto al análisis de datos, Power BI de Microsoft permite crear paneles interactivos a partir de grandes volúmenes de información. Esta herramienta facilita la toma de decisiones basada en datos en tiempo real mediante visualizaciones dinámicas y modelado de indicadores clave (Microsoft, 2025)
5. Synchro, desarrollado por Bentley, permite combinar modelos BIM con planificación 4D y 5D, generando simulaciones de ejecución constructiva que mejoran la previsión de recursos y tiempo (Autodesk, 2025b)
6. Revit se especializa en modelado BIM tridimensional con enfoque multidisciplinario (arquitectura, estructuras e instalaciones), integrando diseño, documentación técnica y análisis energético en un entorno paramétrico (Autodesk, 2025d)
7. Teckla Structures, en cambio, es una herramienta enfocada en el modelo estructural de alto nivel de detalle, especialmente útil para estructuras metálicas y de concreto armado, generando planos constructivos y listas de corte automatizadas (Trimble, 2025).

8. En el área de presupuestos y control de costos, Neodata es un ERP que gestiona compras, contabilidad y ejecución de obra, proporcionando una visión global del proyecto (Neodata, 2025)
9. Presto se enfoca en la gestión detallada de costes y tiempos desde la fase de anteproyecto hasta la ejecución.
10. Mientras que S10, ampliamente usado en Perú, permite la integración modular de presupuesto, planeación, compras y contabilidad
11. APUcons complementa estas funciones al facilitar el análisis de precios unitarios con alto nivel técnico (Apucons, 2025a).
12. En cuanto a herramientas de planificación, Microsoft Project y Primavera P6 son líderes. MS Project permite el uso de diagramas de Gantt, control de recursos y análisis de carga de trabajo, integrándose con el entorno Office (Microsoft, 2025)
13. Primavera P6, de Oracle, es más robusto para proyectos de gran escala, incluyendo estructuras de desglose de trabajo (EDT), análisis de valor ganado y múltiples calendarios (Oracle, 2025)

14. Gantt Project ofrece una alternativa gratuita y funcional para planificaciones sencillas con tareas, hitos y dependencias (S.R.O, 2025)

15. Trello, aunque no es específico para ingeniería, permite una gestión ágil tipo Kanban útil para actividades administrativas y coordinación de equipos en tareas transversales

4.2 Comparativas entre herramientas por área del PMBOK: fortalezas, debilidades, interoperabilidad

Las **Tabla2** y **Tabla3** presentan un análisis comparativo entre herramientas digitales utilizadas en las áreas PMBOK y su desempeño técnico. A continuación, se incluye una breve contextualización:

Antes de aplicar una herramienta en el proyecto, es esencial conocer sus fortalezas, debilidades, costos y nivel de integración con otras plataformas. Esta comparación permite seleccionar las herramientas más convenientes en función del dominio de desempeño.

Tabla2

Comparativa entre herramienta digital por área del PMBOK, analizando fortalezas, debilidades, interoperabilidad

Dominio	de	Herramientas Digitales Asociadas	Fortalezas Técnicas	Debilidades	Interoperabilidad	Costos
Equipo		Trello, Buildertrend, BIM 360, PlanRadar	-Gestión colaborativa -Asignación de tareas -Visibilidad en tiempo real	-Análisis técnico limitado -Requiere capacitación para generar informes complejos	Alta integración con plataformas móviles y BIM	Trello: Freemium (hasta 10 tableros) Buildertrend/ BIM 360 / PlanRadar: Desde USD 99/mes por usuario
Interesados		Procore, Power BI, Trello	-Informes personalizados -Dashboards dinámicos -Trazabilidad de comunicaciones	-Curva de aprendizaje alta en Primavera P6 -Limitada flexibilidad en GanttProject	Compatible con MS Project, Excel, plataformas web	Procore: Cotización directa Power BI: Desde USD 10/mes por usuario
Ciclo de Vida del Proyecto		Primavera P6, Microsoft Project, GanttProject	-Planificación detallada -Análisis de rutas críticas -Líneas base	-Interfaz amigable para usuarios nuevos -Requiere licencias costosa sen algunos casos	Integración directa con Revit, Power BI, y herramientas de control de avance	Primavera P6: Desde USD 3.000 (licencia perpetua o suscripción)

Planificación	S10, APUcons, Neodata, Presto, MS Project	-Modelado de presupuesto -Programación técnica -Costos directos/indirectos	-Baja interacción visual -Interfaces desactualizadas	Exportación en Excel, interoperables con bases de datos financieras	MS Project: Desde USD 10-30/mes GanttProject: Gratuito (open source) S10/Neodata/ Presto: Licencias desde USD 500-1.500 APUcons: Freemium o pago anual
	S10, APUcons, Neodata, Presto, MS Project	-Modelado de presupuesto -Programación técnica -Costos directos/indirectos	-Baja interacción visual -Interfaces desactualizadas	Exportación en Excel, interoperables con bases de datos financieras	
	Power BI, Synchro, BIM 5D, Presto	-Seguimiento visual -Análisis de desempeño físico- financiero	-Requiere buena configuración inicial para precisión	Alta conexión con Revit, MS Project, Excel, y plataformas de control de calidad	Synchro (Bentley): Desde USD 250/mes BIM 5D: Desde USD 1.200
	Power BI, Primavera P6, Plan Radar	-Análisis de variaciones -Reportes georreferenciados -Evaluación de riesgos	-Falta de automatización de modelos predictivos	Compatible con modelos de simulación y gestión documental	PlanRadar: Desde USD 99/mes Primavera: Desde USD 3.000

Entregables	Tekla Structures, Revit, AutoCAD, Civil 3D	-Precisión técnica en diseños -Coordinación 3D/4D -Detección de interferencias	-Alto consumo de recursos -Requiere estaciones de trabajo potentes	Excelente interoperabilidad vía IFC, DWG y modelos BIM	Tekla Structures: Desde USD 3.000/año Revit/AutoCAD/ Civil 3D: Desde USD 300-350/mes BIM 360: Desde USD 480/año Synchro: Desde USD 250/mes Power BI: Desde USD 10/mes
Métricas	Power BI, BIM 360, Synchro	-Visualización avanzada de KPIs -Conexión en tiempo real con bases de datos	-Necesidad de conexión constante a internet	Conectividad nativa con Oracle Primavera P6, Ms Project y plataformas BIM	

Nota 1: La información de esta tabla fue recopilada de fuentes técnicas y oficiales (Autodesk, 2023, Microsoft, 2023, Oracle, 2025, PlanRadar, 2024, Buildertrend, 2024, Trello, 2024, Power BI, 2024, Trimble, 2023, Presto, 2023, Procore, 2024, PMI, 2021)

Nota 2: La información en la tabla sobre costos se especifica de la siguiente manera:

- Freemium: puedes usarlo gratuitamente con funciones limitadas.
- Open Source: Gratuito, desarrollado por comunidades (ejemplo: GanttProject).

Licencias por usuario: Algunas plataformas cobran por cada miembro del equipo.

- Estudiantes: Algunas herramientas como AutoCAD, Revit, MS Project y Power BI ofrecen versiones gratuitas para estudiantes registrados.

4.3 Evaluación de factores como accesibilidad, curva de aprendizaje, integración con BIM y compatibilidad con entornos colaborativos

En proyectos de infraestructura civil, la adecuada interoperabilidad de herramientas digitales, especialmente aquellas enfocada en BIM, análisis de datos y colaboración depende de factores clave como la accesibilidad, la curva de aprendizaje y la integración técnica. La **Tabla3** nos permite analizar esa evaluación de software según esos parámetros de accesibilidad, curva de aprendizaje, integración con BIM y compatibilidad con entornos colaborativos:

Tabla3

Evaluación de software según parámetros

Software/Plataforma	Accesibilidad Evaluación de factores como accesibilidad, curva de aprendizaje, integración con BIM y compatibilidad con entornos colaborativos	Curva de Aprendizaje	Integración con BIM	Compatibilidad Colaborativa
Microsoft Project	Alta (disponible en Office 365, nube)	Media-alta	Baja (requiere plugins)	Limitada (no nativo colaborativo)
Primavera P6	Licencia restrictiva, requiere servidor	Alta (complejo técnicamente)	Baja-media (con Oracle BIM)	Limitada
Power BI	Alta (web y escritorio)	Media	Alta (con BIM 360 y Revit)	Alta (informes compartibles)
BIM 360	Alta (plataforma en la nube)	Media	Alta (entorno Autodesk)	Muy alta (plataforma nativa colaborativa)
Synchro 4D/5D	Licencia paga, especializada	Alta	Muy alta (modelo + tiempo)	Alta
AutoCAD/Civil 3D	Acceso con licencia Autodesk	Media	Alta (formato DWG/BIM)	Media (requiere plugins)
Revit	Acceso con licencia Autodesk	Alta	Muy alta (modelo nativo BIM)	Alta (con BIM 360)
Tekla Structures	Costoso y técnico	Muy alta	Alta (especializado en estructuras)	Media (requiere entorno Tekla Model Sharing)
Presto/Neodata/S10	Media (local o con licencias flotantes)	Media	Media (lectura de modelos)	Baja (uso individual mayoritario)
Trello	Muy alta (web y móvil)	Muy baja	Nula	Muy alta (trabajo en equipo)

PlanRadar/Buildertrend	Alta (apps móviles/web)	Baja-media	Media (gestión indirecta de BIM)	Alta
GanttProject	Libre acceso	Baja	Nula	Muy baja
Oracle Primavera Cloud	Acceso por licencia empresarial	Alta	Alta (mejor integración que P6)	Alta (plataforma en nube)

Nota: Basada según documentación técnica de Autodesk (2023), Trimble (2022) y Oracle (2021), las herramientas con mayor integración BIM y colaboración en tiempo real tienden a mejorar el rendimiento operativo en proyectos de gran escala. Además, estudios como los de Díaz et al. (2022) y López & Martínez (2023) coinciden en que una baja curva de aprendizaje y alta interoperabilidad son factores determinantes para la adopción exitosa en entornos de construcción digital.

Ambas **Tabla2** y **Tabla3** ofrecen una base objetiva para elegir herramientas que se ajusten a los objetivos del proyecto, considerando tanto la complejidad técnica como los recursos disponibles.

4.4 Análisis de casos de uso en Colombia

En el contexto colombiano, la adopción de metodologías BIM (Building Information Modeling) ha ido ganando terreno, especialmente en proyectos de infraestructura pública, gracias al impuso normativo, institucional y académico que promueve prácticas modernas de gestión. A continuación, se presentan los casos más representativos que ejemplifican el valor de una gestión estructurada basada en estándares internacionales:

a) Torre Atrio (Bogotá)

Proyecto emblemático del Grupo QBO, que incorporó modelado en Revit, coordinación interdisciplinaria internacional y búsqueda de certificación LEED Gold. Se usó BIM para el análisis energético, la detección de interferencias y la planificación técnica (EQUIPAR, 2019)

b) Primera línea del Metro de Bogotá

Con una longitud de 24 km, este megaproyecto implementó más de 170 modelos interdisciplinarios en BIM 4D para simulaciones constructivas, permitiendo una reducción del 28% en el cronograma y 24% en costos. Fue galardonado con premios internacionales como BIM D´Or 2018 (Empresa Metro de Bogotá S.A., 2022)

c) Hospital de Bosa y Lagos de Torca (Bogotá)

Premiados en los Premios Excelencia BIM Colombia 2023. Integraron estándares NTC-ISO 19650 desde el diseño hasta la operación y mantenimiento, demostrando madurez técnica en la aplicación del ciclo de vida digital (PHB, 2023)

d) EDU Medellín – Mejoramiento Integral de Barrios (MIB)

La Empresa de Desarrollo Urbano (EDU) recibió reconocimiento internacional (EDU, 2020) por su implementación de BIM en proyectos de urbanismo. Establecieron protocolos internos, formaron equipos técnicos y modelaron múltiples frentes constructivos.

e) Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) (Bogotá)

Desde 2022, el IDU ha utilizado BIM en al menos 19 obras, incluyendo Av.68, Cable San Cristóbal y NQS Bosa. Implementó protocolos BEP, capacitación masiva y alineación con la norma ISO 19650 (IDU, 2023)

f) Puente Pumarejo (Barranquilla)

Esta megaestructura de más de 3 km utilizó BIM en el diseño, prefabricación y planificación. Fue destacada por Sacyr y AIS como una de las obras más complejas técnicamente ejecutadas en Colombia mediante modelado digital (Sacyr, 2020)

Estos casos reflejan cómo la aplicación de estándares internacionales como ISO 19650 y PMBOK®, junto con herramientas tecnológicas, permite mayor control, trazabilidad y colaboración. También evidencian que la adopción institucional es un factor clave para la madurez digital en proyectos públicos.

Capítulo 5. Recomendaciones para la adopción estratégica de herramientas digitales en Colombia

5.1 Barreras comunes para la implementación en el contexto colombiano

(infraestructura tecnológica, cultura organizacional, normativa)

En Colombia, la adopción de estándares internacionales para la gestión de proyectos de infraestructura enfrenta múltiples barreras estructurales. Una de las más notorias es la infraestructura tecnológica insuficiente en entidades públicas y en pequeñas empresas contratistas, lo que limita la integración de plataformas colaborativas, sistemas BIM o herramientas digitales de planificación y control. A esto se suma una cultura organizacional tradicionalista, basada en jerarquías rígida, resistencia al cambio y baja adopción de metodologías de gestión modernas como las planteadas por el PMBOK® (PMI, 2021) o la ISO 21500.

Desde el punto de vista normativo, aunque marcos como la Ley 80 de 1993 y el Decreto 1082 de 2015 establecen requisitos para la contratación y planeación estatal, su orientación está más centrada en el cumplimiento documental que en la gestión técnica de proyecto, lo cual representa una barrera para implementar prácticas basadas en desempeño, análisis de valor o gestión ágil. Además, no se exige de manera estandarizada el uso de tecnologías interoperables, lo que impide aprovechar herramientas digitales en todas las fases del ciclo de vida del proyecto (DNP, 2021).

Estas limitaciones generan impactos como baja eficiencia, fragmentación en la comunicación entre actores y escasa trazabilidad en los procesos, obstaculizando la profesionalidad de la gestión de proyectos públicos y privados. Superar estas barreras exige un cambio institucional profundo, que integre tecnología, formación técnica y actualizaciones normativas alineadas con estándares internacionales.

5.2 Lineamientos para la selección de software en proyecto de obra pública y privada

La selección adecuada de herramientas digitales para la gestión de proyectos de ingeniería civil debe realizarse bajo criterios objetivos en Colombia, tanto en obras públicas como privadas, este proceso debe alinearse con el marco de contratación estatal y las tendencias de transformación digital promovidas por entidades como el DNP y MinTIC (Min TIC, 2021).

Los principales lineamientos técnicos y estratégicos son considerados así:

- Compatibilidad con metodologías y estándares de gestión

El software seleccionado debe permitir la implementación de marcos reconocidos como el PMBOK GUIDE (PMI, 2021), ISO 21500 o ICB 4.0. Esto facilita una gestión estructurada, de auditorías, interventorías y seguimiento en tiempo real (PMI,2021).

- Interoperabilidad con sistemas BIM y plataformas colaborativas

En proyectos de gran escala, especialmente en infraestructura pública, es fundamental que el software sea compatible con herramientas BIM (como Revit, Civil 3D, Synchro o BIM 360), lo cual favorece la coordinación interdisciplinaria y la trazabilidad de datos a lo largo del ciclo de vida del proyecto (PMI,2021).

- Cumplimiento con requisitos contractuales y normativos

En el caso de obras públicas, es necesario que las plataformas puedan generar informes, reportes y evidencias compatibles con los requisitos de supervisión, interventoría y

rendición de cuentas establecidos en el Decreto 1082 de 2015. Asimismo, el sistema debe permitir auditorías trazables y cumplir con lineamientos de transparencia en contratación pública (DNP, 2021).

- Facilidad de implementación y curva de aprendizaje

El entorno de obra requiere herramientas que sean accesibles tanto para profesionales como para operarios. Por ello, deben priorizarse soluciones con interfaces intuitivas, soporte técnico en español y presencia local. Esto reduce la curva de aprendizaje y mejora la adopción en campo (PMI, 2021).

- Escalabilidad y licenciamiento flexible

Es deseable que las plataformas ofrezcan escalabilidad según el tamaño del proyecto, así como licenciamientos adaptables (por proyecto, por usuario, etc.), especialmente en contextos con presupuestos limitados o necesidades variables, como es frecuente en obras regionales o de menor escala (PMI, 2021).

- Integración con dispositivos móviles y monitoreo remoto

La conectividad con tabletas, drones, estaciones totales y cámaras 360° es clave en entornos de obra. Herramientas como PlanRadar, OpenSpace o DroneDeploy permiten el control y verificación remota de avances, lo cual es altamente valorado por las interventorías y entidades contratantes (PlanRadar, 2025).

- Análisis de datos y visualización de indicadores

Herramientas como Power BI o paneles integrados en plataformas como Buildertrend permiten representar visualmente KPIs críticos, lo cual facilita la toma de decisiones por parte de los gerentes de proyecto, supervisores o contratistas (Buildertrend, 2025).

En la **Tabla4** es fácil entender los lineamientos para la selección de software en obras públicas y privadas.

Tabla4

Lineamientos clave para la selección de software en obra pública y privada

Criterio técnico	Requisito clave en obra pública	Requisito clave en obra privada	Recomendación de herramientas
Estándares de gestión	Compatible con PMBOK / ISO 21500	Requiere flexibilidad	MS Project, Oracle Primavera P6
Interoperabilidad BIM	Obligatoria en licitaciones grandes	Altamente valorada en constructoras grandes	Revit, BIM 360, Synchro
Informes normativos	Generación de reportes auditables	Informes técnicos internos	PlanRadar, Buildertrend
Facilidad de uso y soporte	Capacitación al personal público	Adaptable a equipos de campo	Trello, Neodata, Presto
Visualización y KPIs	Seguimiento para entidades	Control de costos y tiempos	Power BI, APUcons, MS Project
Escalabilidad y costos	Ajustado al presupuesto estatal	Depende del flujo de caja	GanttProject, Tekla Structures
Monitoreo remoto y control de campo	Acompañamiento interventoría	Verificación por gerencia técnica	DroneDeploy, OpenSpace

Nota: Adaptado de Project Management Institute (2021) y diversas fuentes técnicas sobre adopción de software en la industria AEC.

Por lo tanto, la correcta selección de software en proyectos de obra no solo optimiza la gestión técnica y financiera, sino que también garantiza el cumplimiento normativo, la eficiencia colaborativa y la competitividad en el sector de la construcción en Colombia.

5.3 Recomendaciones según tipo de proyecto, tamaño de la empresa o entidad contratante

La elección de herramientas digitales en la gestión de proyectos de ingeniería civil debe responder a criterios adaptativos según el tipo de obra, el tamaño organizacional, la capacidad tecnológica y la complejidad contractual. Una solución uniforme resulta ineficiente en contextos diversos, especialmente en países como Colombia donde convergen proyectos rurales, urbanos, privados, estatales, de baja y alta inversión.

Tabla5*Según el tipo de proyecto*

Tipo de proyecto	Recomendación de herramientas	Justificación técnica
Vivienda de interés social (VIS)	S10, Presto, AutoCAD, GanttProject	Bajo presupuesto, planificación simple, prioridad en control de costos y tiempos.
Infraestructura vial	Civil 3D, Synchro, Primavera P6, BIM 360	Necesidad de modelado topográfico, seguimiento de obra, planificación compleja e integración BIM.
Obras urbanas de gran escala	Revit, Power BI, Oracle Primavera P6, PlanRadar	Modelado colaborativo, análisis de datos, programación crítica, control multiárea.
Proyectos de intervención rápida	Tekla, Microsoft Project, BIM 360, Buildertrend	Coordinación multidisciplinaria, planificación de fases y administración documental robusta.
	Trello, MS Project, plataformas móviles	Simplicidad, ejecución ágil, control básico de recursos y tareas.

Nota: Basado en Project Management Institute (2021), García, M. & Rojas, F. (2021).

Tabla6

Según el tamaño de la empresa o entidad contratante

Tipo de organización	Recomendación de software	Justificación técnica
Microempresas constructoras	GanttProject, Presto (versión lite), AutoCAD	Herramientas gratuitas o de bajo costo, curva de aprendizaje baja.
Pymes de construcción e interventoría	S10, MS Project, Neodata, PlanRadar	Equilibrio entre complejidad funcional y facilidad de implementación.
Empresas contratistas grandes	Oracle Primavera, BIM 360, Power BI, Revit	Alta capacidad de inversión, manejo de múltiples proyectos simultáneos.
Entidades públicas municipales	GanttProject, S10, AutoCAD, Trello	Herramientas compatibles con ambientes básicos, ajustables al marco de contratación estatal.
Entidades públicas nacionales	Primavera P6, BIM 360, Synchro, Civil 3D	Necesidad de trazabilidad, interoperabilidad con SIG y cumplimiento normativo.

Nota: Basado en información documentada de Martínez, J. & Herrera, P. (2020) y Díaz, R. (2023).

5.4 Propuesta de ruta metodológica para la adopción gradual de herramientas digitales

La transformación digital en la gestión de proyectos de ingeniería civil requiere un enfoque progresivo, estructurado y adaptado a las capacidades organizacionales y al contexto del proyecto. Para facilitar esta transición, se propone diagnóstico, formación, implementación y seguimiento. Esta secuencia está alineada con recomendaciones de ISO 21500:2021 y con buenas prácticas del PMBOK séptima edición (DNP, 2021).

1. Diagnóstico inicial

El primer paso consiste en evaluar el estado actual de madurez digital de la organización o del equipo de proyecto. Esta fase implica:

- Identificar brechas tecnológicas (hardware/software)
- Evaluar competencias del personal
- Analizar procesos actuales de gestión y su compatibilidad con entornos digitales
- Revisar aspectos normativos y contractuales que puedan limitar o favorecer la digitalización

Una evaluación estructurada puede apoyarse en herramientas como modelo de madurez digital propuesto por el DNP (2021) o en checklists adaptados de la ISO 33001.

2. Formación y capacitación técnica

Una vez identificadas las necesidades, es clave desarrollar competencias técnicas mediante:

- Cursos certificados en herramientas específicas (ejemplo: BIM 360, Primavera P6, Power BI)
- Entrenamiento en metodologías de gestión como Agile o Lean Construction
- Talleres prácticos sobre interoperabilidad entre plataformas
- Sensibilización sobre normativa aplicable y gestión del cambio digital

El desarrollo de habilidades digitales es un habilitador crítico, especialmente en entidades públicas donde la brecha tecnológica y cultural es mayor (Min TIC, 2020)

3. Implementación gradual

La incorporación de herramientas debe ser progresiva y priorizada según la criticidad del proceso. Se sugiere:

- Iniciar con herramientas de planificación y control (MS Project, GanttProject)
- Luego incorporar plataformas de modelado y colaboración (Revit, BIM 360)
- Finalmente integrar sistemas de análisis y visualización (Power BI, Synchro)

El enfoque por fases permite gestionar la curva de aprendizaje y mitigar riesgos operativos (PMI, 2021).

4. Seguimiento, evaluación y mejora continua

Una vez implementadas las herramientas, es fundamental establecer indicadores de desempeño digital como:

- Tiempo de adopción por unidad
- Reducción de reprocesos o errores
- Aumento en trazabilidad documental
- Nivel de interoperabilidad entre plataformas

Este seguimiento permite retroalimentar el proceso e identificar nuevas oportunidades de mejora y escalabilidad.

Capítulo 5. Análisis y Discusión

La investigación evidencia cómo la aplicación del enfoque PMBOK, complementado con herramientas digitales, permite fortalecer la gestión de proyectos de ingeniería civil en Colombia. A través del análisis documental, comparativo y técnico de plataformas como MS Project, Revit, Primavera P6, BIM 360, entre otras, se identificó que la alineación con las áreas de conocimiento del PMI mejora significativamente la planificación, el control de costos, la gestión de riesgos y la coordinación multidisciplinaria (PMI,2021).

En los casos regionales y nacionales revisados, se observó una mejora tangible en la eficiencia y resultados cuando se implementaron los procesos del PMBOK. Por ejemplo, la integración de BIM y PMBOK permitió reducir tiempos en el Metro de Bogotá y mejorar el control

en proyectos de vivienda e infraestructura vial (Empresa Metro de Bogotá S.A., 2022; Peña Padilla, 2023).

Desde una perspectiva académica y profesional, este estudio refuerza la importancia de combinar teoría y práctica. Como estudiante de Ingeniería Civil, observar el uso estratégico de software puede hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso de un proyecto, especialmente en contextos públicos donde la rendición de cuentas es crucial. La resistencia al cambio, la falta de formación técnica y los vacíos normativos siguen siendo barreras comunes (DNP, 2021), pero superables con voluntad institucional y formación.

En conclusión, el análisis demuestra que la gestión de proyectos no debe limitarse al conocimiento técnico de obra, sino ampliarse hacia una visión integradora, tecnológica y estructurada, que permita afrontar con éxito los desafíos modernos del sector de la construcción en Colombia. Este proceso investigativo ha sido una oportunidad para reafirmar el papel que debemos asumir los nuevos profesionales: promover el cambio, liderar con conocimiento y avanzar hacia una ingeniería más eficiente, digital y humana.

Resultados

- Se logró identificar un conjunto robusto de herramientas digitales como MS Project, AutoCAD, Civil 3D, BIM360, Revit, Presto y Neodata, entre otras, que están directamente relacionadas con la planificación, diseño, control de costos y ejecución en proyectos de ingeniería civil. La clasificación por fase del ciclo de vida permitió evidenciar su papel específico y técnico.

- Las herramientas fueron clasificadas exitosamente de acuerdo con las diez áreas del conocimiento del PMBOK, observando cómo se vinculan con la gestión de alcance, tiempo, costo, calidad, comunicaciones, adquisiciones y más. La Matriz comparativa (Tabla 2) permitió entender fortalezas, debilidades y su nivel de interoperabilidad.
- El análisis técnico reveló que factores como accesibilidad, curva de aprendizaje e integración con BIM son determinantes para su implementación. Casos reales en Colombia mostraron que la falta de infraestructura tecnológica y resistencia al cambio siguen siendo barreras. Sin embargo, herramientas como Revit, BIM 360 Y Power BI ya están siendo utilizadas exitosamente en proyectos públicos como el Metro de Bogotá o el Hospital de Bosa.

Conclusiones y recomendaciones

- **Capítulo 1. Digitalización y herramientas tecnológicas en la ingeniería civil**

Conclusión:

La transformación digital en ingeniería civil ya no es una opción y se ha convertido en un requerimiento técnico para lograr eficiencia, precisión en la gestión de proyectos. La adopción de herramientas como MS Project, AutoCAD, Civil 3D y Presto permiten automatizar procesos, reducir errores y mejorar la planificación técnica desde etapas tempranas.

Recomendación

Se recomienda implementar desde la academia y las entidades públicas capacitaciones técnicas continuas en herramientas digitales, especialmente aquellas vinculadas con el ciclo de vida de los proyectos.

- **Capítulo 2. Enfoque del PMBOK y áreas del conocimiento del PMI aplicadas en la ingeniería civil.**

Conclusión

El enfoque del PMBOK con sus principios, dominios de desempeño y áreas de conocimiento, ofrece un marco sólido y adaptable para la gestión eficiente de proyectos. Su aplicación integral permite una mejor coordinación de recursos, tiempos, calidad y actores del proyecto, aumentando las probabilidades de éxito.

Recomendación

Es fundamental que las entidades contratantes incluyan en sus requisitos técnicos la aplicación de metodologías estructuradas como el PMBOK, a fin de garantizar la calidad en proyectos públicos y privados.

- **Capítulo 3. Caracterización funcional de las herramientas digitales**

Conclusión

Las herramientas digitales analizadas presentan diversas funcionalidades que aportan valor en cada fase del proyecto. La interoperabilidad, accesibilidad y compatibilidad con BIM son factores clave para lograr una implementación exitosa. Sin embargo, su selección debe ser estratégica y basada en el tipo de obra y recursos disponibles.

Recomendación

Se recomienda realizar un análisis previo para seleccionar el software más adecuado, considerando el tipo de proyecto, la capacidad técnica del equipo y la infraestructura disponible. No debe implementarse tecnología por moda, sino por pertinencia.

- **Capítulo 4. Recomendaciones para la adopción estratégica de herramientas digitales en Colombia**

Conclusión

Si bien Colombia presenta avances importantes en la adopción de herramientas digitales y metodologías estandarizadas, aún persisten barreras como la falta de infraestructura tecnológica, la resistencia organizacional al cambio y limitaciones normativas. Sin embargo, los casos analizados demuestran que la adopción gradual y estructurada es posible y beneficiosa.

Recomendación

Se recomienda que las instituciones promuevan políticas públicas de transformación digital en el sector de la construcción, fomentando licencias educativas, formación especializada, protocolos de interoperabilidad y acompañamiento técnico para una transición efectiva.

- **Conclusión integradora final**

Este estudio permite concluir que la gestión de proyectos en ingeniería civil puede ser transformada significativamente mediante la articulación entre herramientas digitales y estándares internacionales como el PMBOK. Para los futuros profesionales del sector, esto representa una oportunidad de liderar procesos más eficientes, transparentes y sostenibles, alineados con los retos técnicos y sociales del país.

Referencia

- Apucons. (2025a). Análisis de precios unitarios. *Apucons*. <https://www.apucons.com/analisis-de-precios-unitarios/>
- Apucons. (2025b). *Apucons*. <https://www.apucons.com/>
- Autodesk. (s. f.). *Construction Management Software | Autodesk BIM 360*. Recuperado 6 de junio de 2025, de <https://www.autodesk.com/bim-360/>
- Autodesk. (2025a). *Autodesk AutoCAD 2026 | Get Prices & Buy Official AutoCAD Software*. Autodesk. <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
- Autodesk. (2025b). *Autodesk Civil 3D 2025 | Get Prices & Buy Civil 3D Software*. Autodesk. <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/overview>
- Autodesk. (2025c). *Autodesk empowers innovators everywhere to make the new possible*. <https://www.autodesk.com/latam>
- Autodesk. (2025d). *Autodesk Revit | Get Prices & Buy Official Revit Software*. Autodesk. <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>
- Booz Allen Hamilton History: 110 Years of Innovation. (s. f.). Recuperado 29 de mayo de 2025, de <https://www.boozallen.com/about/our-history.html>
- Bui, N. (2019). *Implementation of BIM in Vietnamese infrastructure: bridge case study*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/isd2.12128>
- Buildertrend. (2025). *Construction Project Management Software & App—Buildertrend*. Buildertrend. <https://buildertrend.com/>
- Cleland, D. L., & Gareis, R. (2006). *Global project management handbook: Planning, organizing, and controlling international projects* (2nd ed). McGraw-Hill.

- Cuervo Camargo, R. F., & Gómez Alarcón, E. A. (2021). *Método para la Gestión de Proyectos de Infraestructura Pública en Boyacá – Colombia*. Visión Empresarial. revistasdigitales.uniboyaca.edu.co
- Diagnóstico de prácticas de iniciación y planeación en gerencia de proyectos en pymes del sector de la construcción en Bogotá. (2019). *Redalyc*. repositorio.cecyd.org/handle/doc/1234567890
- Diaz, A. (2025). *¿Cómo se pueden adaptar las herramientas tradicionales a las nuevas tecnologías?* <https://www.peces.info/es/como-se-pueden-adaptar-las-herramientas-tradicionales-a-las-nuevas-tec>
- DNP. (2021). *Decreto Número 1082 de 2015*. <https://www.dnp.gov.co/443/normativa/decreto-unico-reglamentario-1082-de-26-de-mayo-2015>
- DroneDeploy. (2025). *Reality capture for full lifecycle visibility | Photo Documentation | DroneDeploy*. DroneDeploy. <https://www.dronedeploy.com/>
- EDU. (2020). *La EDU recibió cuatro nominaciones al premio de Excelencia BIM Colombia*. <https://www.edu.gov.co/noticias/item/175-la-edu-recibio-cuatro-nominaciones-al-premio-de-excelencia-bim-colombia>
- Empresa Metro de Bogotá S.A. (2022). *Metro de Bogotá presentó los diseños bajo la tecnología BIM (Building information modeling) | Metro de Bogotá*. <https://www.metrodebogota.gov.co/noticias/metro-bogota-presento-los-disenos-bajo-la-tecnologia-bim-building-information-modeling>
- EQUIPAR, R. (2019). *ATRIO_*. Revista EQUIPAR. https://www.revistaequipar.com/mexico/contenido-editorial/atrio_-

- 1 *gestion de proyectos*. (2021, diciembre 3). SlideShare.
<https://es.slideshare.net/DMatamorosPelayo/1-gestion-de-proyectos>
- Giraldo, J. F. B. (2006). *ENSAYOS DE LABORATORIO PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES EN OBRA*.
- Herrera Peinado, J. (2014). *Gestión de riesgos en vías rurales del Norte de Santander* (Tesis). UDES. repository.universidadean.edu.co
- IDU. (2023). *Bim-en-el-idu*. Instituto de Desarrollo Urbano - IDU.
<https://www.idu.gov.co/page/bim-en-el-idu>
- Index of. (2025). *Index of* /. Index of. <https://www.visuallive.com/>
- IntechOpen. (2023). *BIM in Facilities Management: Sydney Opera House*.
<https://www.intechopen.com/online-first/1191623>
- IPMA. (2025). *IPMA International Project Management Association*. <https://ipma.world/ipma-standards-development-programme/icb4/>
- Ludus. (2025). *¿Qué es una bitácora de obra y cuál es su objetivo?*
<https://www.ludusglobal.com/blog/que-es-una-bitacora-de-obra-y-cual-es-su-objetivo>
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2022). Digitalization of project management: Opportunities in research and practice. *Project Leadership and Society*, 3, 100061.
<https://doi.org/10.1016/j.plas.2022.100061>
- Marsh, E. R. (1975). The Harmonogram of Karol Adamiecki. *The Academy of Management Journal*, 18(2), 358-364. <https://doi.org/10.2307/255537>
- Martínez Ibarra, E. T., & Solano Quintero, C. E. (2015). *Propuesta metodológica para la gestión de proyectos de electrificación rural en CENS S.A. E.S.P. según PMBOK®* (Monografía). UIS. Recuperado de [https://repository.ucc.edu.co/...](https://repository.ucc.edu.co/)

repository.universidadean.edu.co+15repository.ucatolica.edu.co+15repositorio.unal.edu.co+15

MDPI. (2022). *Impact of BIM on Cost Management: Mombasa Port Development*.
<https://www.mdpi.com/2075-5309/14/4/1175>

Microsoft. (2025). *Project management built to keep track of all your work*. Microsoft 365.
<https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/project/project-management>

Montoya R., J. C., Sanclemente O. E., & Silva C. A. C. (2017). *Propuesta de aplicación de la metodología PMBOK para un proyecto de construcción de 20 casas ecológicas...*
 Documentos de Trabajo ECACEN, 1. <https://doi.org/10.22490/ECACEN.1911>
hemeroteca.unad.edu.co

Morris, P. W. G. (1994). *The Management of Projects*. Thomas Telford.

Neodata. (2025). *Neodata*. Neodata. <https://neodata.mx>

OpenSpace. (2025). *Reality Capture & Construction Site Capture | OpenSpace*. OpenSpace.
<https://www.openspace.ai/>

oracle. (2025). *Primavera P6 Enterprise Project Portfolio Management*. Oracle.
<https://www.oracle.com/construction-engineering/primavera-p6/>

PaduaMateriales. (2010, septiembre 10). *Pliego de especificaciones técnicas de construcción: Como hacerlo - Padua Materiales*. <https://paduamateriales.com/pliego-de-especificaciones-tecnicas-construccion/>

Páez Mateus, D. (2023). *Evaluación ex post de proyecto VIS Túpac Amaru bajo PMBOK*. UIS.

Peña Padilla, L. (2023). *Proyecto VIS Ciudad Verde aplicando PMBOK*. UPC Norte de Santander.

Pérez Pérez, A., & Infante Cano, Y. (2021). *Gestión de riesgos en Conjunto Venetto*. UIS.
repositoryinst.uniguajira.edu.co+15repositorio.unal.edu.co+15repositorio.unal.edu.co+15

- Pinnacle IIT. (2023). *Bangalore International Airport T2 BIM case study*.
<https://pinnacleiit.com/blogs/bim/case-study-on-bim-projects/>
- PHB. (2023). Noticias – Promotora Hospital de Bosa. *Promotora Hospital de Bosa*.
<https://promotorahospitaldebosa.com/noticiasphb/>
- PlanRadar. (2025). *Software de gestión inmobiliaria y de la construcción*. PlanRadar.
<https://www.planradar.com/es/>
- PMI. (2021). *PMBOK Guide | Project Management Institute*.
https://www.pmi.org/standards/pmbok?utm_source=chatgpt.com
- Procore. (2025). *Software de gestión de la construcción de Procore | Procore*. Procore.
<https://www.procore.com/es>
- Risentech. (2022). *BIM for Transportation Infrastructure: Sydney Metro*.
<https://medium.com/@risentech23/bim-for-infrastructure>
- Sacyr. (2020, noviembre 18). *Puente Pumarejo: El «coloso del Caribe»*. Sacyr Proyecto.
<https://sacyr.com/-/puente-pumarejo>
- SCRIBD. (2024). *Acta de Entrega Parcial | PDF*.
<https://es.scribd.com/document/597104212/ACTA-DE-ENTREGA-PARCIAL>
- Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). Project Management Practices in Construction Projects and Their Roles in Achieving Sustainability—A Comprehensive Review. *Engineering Proceedings*, 44(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044002>
- smartsheet. (2025). *Enterprise-grade work management, powered by AI | Smartsheet*. Smartsheet.
<https://www.smartsheet.com/>
- s.r.o, B. S. (2025). *GanttProject: Free project management tool for Windows, macOS and Linux*. GanttProject. <https://www.ganttproject.biz>

Trimble. (2025). *Tekla Structures—Structural BIM Software* | Tekla. Trimble.

<https://www.tekla.com/products/tekla-structures>

Useche Valderrama, A. (2022). *Direccionamiento para el desarrollo administrativo de empresas constructoras mipymes en Colombia desde el PMBOK®*. Fundación Universidad de América. https://hdl.handle.net/20.500.11839/8874_repository.uamerica.edu.co

Vargas, A. (2016). *Integración entre Building Information Modeling y Project Management Institute (PMBOK®)*. Redalyc. redalyc.org